HAL
open science

Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique : Modélisation et simulation

Aicha Amrani

To cite this version:

Aicha Amrani. Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique : Modélisation et simulation. Autre. Université Bordeaux 1, 2009. Français. NNT : . tel-00670398

HAL Id: tel-00670398

https://theses.hal.science/tel-00670398

Submitted on 15 Feb 2012

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

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

N° d'ordre : 3878

THÈSE

PRÉSENTÉE A

L'UNIVERSITÉ BORDEAUX 1

ECOLE DOCTORALE DES SCIENCES PHYSIQUES ET DE L'INGENIEUR

Par Aïcha AMRANI-ZOUGGAR

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

SPÉCIALITÉ : PRODUCTIQUE

****

Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique : Modélisation et simulation

****

Soutenue le 20 Novembre 2009

Devant la commission d'examen formée de :

Jean-Paul BOURRIERES Professeur, Université Bordeaux1	Directeur
Jean-Christophe DESCHAMPS Maître de conférences, Université Bordeaux1	Co-directeur
Bruno VALLESPIR Professeur, Université Bordeaux1	Président
Caroline THIERRY Maître de conférences HDR, Université Toulouse 2	Rapporteur
Christian TAHON Professeur, Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis	Rapporteur
Valérie BOTTA-GENOULAZ Professeur, INSA de Lyon	Examinateur

Для моей мамы

« Мама, на тебя я всегда смотрела
Чтоб твою силу я имела... »

Для моей бабушки

« К вам в детство я свое летела
Увидеть вас мне нетерпелось
Набрала сил, воды напилась
А вас покинуть...не хотелось »

Remerciements

Professeur Bourrières, je vous suis sincèrement reconnaissante pour toutes les précieuses directives prodiguées durant ces années de thèse. Avec toutes les responsabilités que vous avez à charge, vous m'avez toujours consacré du temps pour me permettre cet avancement. J'avoue être fière de compter parmi les thésards que vous avez encadré.

Jean-christophe Deschamps, mes remerciements te sont destinés depuis le moment où tu a accordé un intérêt certain à ma candidature alors que je n'étais encore qu'étudiante en Master. Je te remercie pour ton investissement, pour toutes ces heures de travail qu'on a passé ensemble à débattre de notre problématique de recherche et pour les riches débats d'idées.

Accepter de rapporter une thèse est un signe d'intérêt. Mme Caroline Thierry, Mr Christian Tahon, veuillez trouver en ces quelques lignes l'expression d'une sincère gratitude pour les heures passées sur mon manuscrit. Je vous remercie pour l'honneur que vous m'avez fait en rapportant mes travaux.

Mme Valérie Botta-Genoulaz, Mr Bruno Vallespir, je vous remercie d'avoir accepté de participer à l'évaluation de ce travail.

Un grand merci à tous ceux qui m'ont soutenu tout au long de mon parcours.

A Marc Zolghardi pour sa confiance, à Yves Ducq qui s'est toujours montré présent et disponible.

A Julien François, Thècle Alix, Vincent Robin et Séverine Spérandio pour leur soutien.

A Michel Alexeline pour m'avoir toujours priorisé.

A tous les thésards de notre équipe, sans oublier le personnel administratif du laboratoire et particulièrement Valérie, Isabelle et Simone qui m'ont facilité toutes les démarches administratives.

A Nabila, Mounira & Kamélia pour leur amitié.

A ma famille et ma belle famille, qui même à distance n'ont cessé de m'encourager.

Enfin… à mon époux, pour toute sa confiance et sa patience.

Table des matières

Table des matières 7
Figures 11
Tableaux 13

Introduction générale 15

Chapitre I Contexte, état de l'art et positionnement 19

Introduction 20
1. Les fondements de la chaîne logistique 20
1.1. Qu'est-ce qu'une chaîne logistique ? 21
1.2. L'hétérogénéité des partenaires : une contrainte pour la conduite de la chaîne 23
1.3. La gestion des chaînes logistiques 24
1.3.1. L'approche SCM 24
1.3.2. Structuration des décisions 24
1.3.3. Les types d'architecture de pilotage 26
1.3.4. Utilisation des NTIC pour le développement d'outils d'aide à la décision 26
2. La mesure de performance dans les chaînes logistiques 27
2.1. Besoin de mesurer la performance ?…surtout un besoin d'agir sur le système 27
2.2. Qu'est-ce qu'un indicateur de performance ? 28
2.3. Typologie des indicateurs de performance 29
2.4. Mesurer n'est pas évaluer ! 29
3. Les méthodes de définition et d'implantation d'indicateurs 30
3.1. Balanced Scorecards (BSC) 30
3.2. Méthode PRISM 31
3.3. ECOGRAI 32
3.4. Modèle SCOR 32
3.5. Benchmarking 34
3.6. Récents travaux sur la performance 35
4. Les démarches collaboratives dans la chaîne logistique 36
4.1. Collaboration vs partenariat 36
4.2. Pourquoi collaborer ? 38
4.3. Le degré de collaboration 39
4.4. Les approches collaboratives du SCM 40
4.5. Le cadrage de la collaboration par contrat 42
5. Pratiques industrielles du SCM 43
6. Synthèse, problématique et objectifs de la thèse 48

Chapitre II Cadre d'analyse support à la contractualisation de la relation d'approvisionnement dans les chaînes logistiques 51

Introduction 52
1. La notion de risque dans la chaîne logistique 52
1.1. Concepts associés aux risques 53
1.2. Typologie des risques dans la chaîne logistique 54
1.3. Prévention des risques en logistique 56

1.3.1. Notion de gestion des risques issue de la littérature 56
1.3.2. Notion de gestion des risques issue des interviews industriels 57
2. Les contrats d'approvisionnement 59
2.1. Définition et rôle du contrat d'approvisionnement 59
2.2. Motivations de contractualisation 60
2.3. Clauses et engagements contractuels 62
3. Influence des contrats sur la performance de la chaîne logistique 63
3.1. Couverture des évènements redoutés par des clauses 63
3.2. Typologie des relations d'approvisionnement et son rôle dans la définition des ER 65
3.3. Domaines de performance: une approche basée sur SCOR 68
3.4. Synthèse des travaux sur les «supply contracts» 68
4. Proposition d'un cadre d'analyse support à la contractualisation 70
4.1. Objectifs du cadre proposé 70
4.2. Principe 70
4.3. Formalisme utilisé 71
4.4. Démarche d'analyse 72
4.5. Généralisation à l'analyse bipartite de la relation client-fournisseur 74
4.5.1. Les écarts d'utilité des clauses 75
4.5.2. Classement des écarts d'utilité 76
5. Application du cadre d'analyse à des cas industriels 76
5.1. Exemple issu de l'industrie agro-alimentaire 76
5.1.1. Contexte de la relation d'approvisionnement 76
5.1.2. Déroulement de l'analyse 77
5.1.3. Discussion & Analyse 78
5.2. Exemple issu l'industrie aéronautique 79
5.2.1. Contexte de la relation d'approvisionnement 79
5.2.2. Déroulement de l'anlayse 80
5.2.3. Discussion & Analyse 80
Conclusion 82

Chapitre III Modélisation de la planification tactique sous contrat d'approvisionnement 83

Introduction 84
1. Planification de la chaîne logistique 85
1.1. Planification globale de la chaîne logistique 85
1.1.1. Les informations nécessaires à la planification 86
1.2. Principe de la planification tactique 87
1.3. Cadre d'application de la planification tactique 88
1.4. Approches de planification 90
1.4.1. Choix de l'approche de modélisation 90
1.4.2. Positionnement de nos travaux 91
2. Proposition du modèle de planification 94
2.1. Hypothèses de modélisation 94
2.2. Grandeurs temporelles associées au modèle 95
2.3. Modèle de planification dynamique 96
2.3.1. Notations liées à l'aspect dynamique de la planification 97
2.3.2. Notations liées au problème de planification 97
2.3.3. Modèle de planification 99
2.3.4. Interactions entre centres de décision 100
3. Prise en compte des contrats d'approvisionnement 102

3.1. Formalisation de la clause d'horizon gelé (HG) ... 102
3.2. Engagement sur quantités par période (Q/t): formalisation des contraintes ... 103
3.3. Engagement sur des quantités par horizon (Q/He) : formalisation des contraintes. 105
3.3.1. Exemple illustratif du contrat Q/He ... 106
3.3.2. Généralisation des contraintes (Q/He) ... 108
4. Implémentation informatique du modèle de planification ... 109
4.1. Environnement de développement ... 109
4.2. Architecture et principales caractéristiques de la plateforme de simulation ... 109
Conclusion ... 111

Chapitre IV Étude par simulation de l'impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique ... 113

Introduction ... 114
1. Description du cas d'étude support aux simulations ... 114
1.1. Le produit et le réseau de partenaires ... 114
1.2. Principaux paramètres ... 116
1.3. Plan de demande ... 116
2. Protocole d'expérimentation ... 117
2.1. Les indicateurs de performance ... 117
2.2. Les aléas simulés ... 118
2.3. La démarche globale d'analyse des expérimentations ... 120
3. Etude du Contrat Q/t : Engagement par période ... 120
3.1. Analyse de la relation client – fournisseur ... 120
3.1.1. Impact de la variation du taux de flexibilité α ... 120
3.1.2. Analyse croisée des points de vues client et fournisseur ... 124
3.1.3. Impact de l'horizon gelé HG ... 125
3.1.4. Analyse couplée α et HG ... 126
3.2. Extension de l'analyse à une chaîne triadique ... 128
3.2.1. Impact des variations du taux de flexibilité amont et aval (α_1, α_2) ... 128
3.2.2. Impact des variations des horizons gelés amont et aval (HG_1, HG_2) ... 130
4. Etude du contrat Q/He : Engagement sur horizon ... 132
4.1. Analyse de la relation client-fournisseur ... 133
4.1.1. Impact de (He, Q) en fonction des stratégies du fournisseur ... 133
4.1.2. Impact de l'horizon gelé HG ... 138
4.2. Extension de l'analyse à une chaîne triadique ... 140
5. Etude des aléas de flux physique sous contrat Q/t et contrat Q/He ... 141
5.1. Protocole d'expérimentation pour les aléas du flux physiques ... 141
5.2. Aléa du flux physique sous contrat Q/t ... 142
5.3. Aléa du flux physique sous contrat Q/He ... 144
6. Etude comparative des contrats Q/t et Q/He dans une relation client-fournisseur ... 147
6.1. Les conditions initiales ... 147
6.2. Résultats comparatifs ... 147
Synthèse & conclusion ... 150

Conclusion Générale ... 153

Bibliographie ... 159

Annexes ... 173

Annexe 1. Les avantages d'une interface utilisateur centralisée 174
Annexe 2. Algorithme de simulation 175
Annexe 3. L'environnement de programmation VBA (Visual Basic pour Application)... 176
Annexe 4. Synoptique des Procédures programmées sous VBA 177
Annexe 5. Programmation d'un modèle sous Mosel 180
Annexe 6. Codes SQL de couplage entre la base de données et le solveur Xpress-MP ... 181
Annexe 7. Données approximatives sur les temps d'exécution d'une simulation pour une instance de planification donnée 182

Figures

Figure 1 : Synoptique du manuscrit de thèse 16

Figure 1.1 : Chaîne logistique et flux associés 22
Figure 1.2 : Mise en œuvre des indicateurs de performance (adapté de Lorino, 2001) 28
Figure 1.3 : Indicateurs par niveau décisionnel 29
Figure 1.4 : Les quatre axes du Balanced Scorecard (Kaplan & Norton, 1992) 31
Figure 1.5 : PRISM de la performance (Neely et al., 2001) 31
Figure 1.6 : Les six phases de la méthode ECOGRAI (Bitton, 1990) 32
Figure 1.7 : Référentiel du modèle SCOR (Supply Chain Council, 2006) 33
Figure 1.8 : Degrés de collaboration 40

Figure 2.1 : Sources de risque (Christopher, 2005) 55
Figure 2.2 : Motivations de contractualisation 61
Figure 2.3 : Typologie des relations d'approvisionnement 66
Figure 2.4 : ER associés à la typologie des relations d'approvisionnement 67
Figure 2.5 : Les bases de l'outil 72
Figure 2.6 : La démarche proposée 72
Figure 2.7 : Calcul de l'utilité par domaine de performance DP 74
Figure 2.8 : Grille d'analyse conjointe de la relation contractuelle par calcul de l'utilité des clauses 75
Figure 2.9 : Mesure d'écart d'utilité 75
Figure 2.10 : Grille d'analyse d'une relation d'approvisionnement 78
Figure 2.11 : Ecarts d'utilité 78
Figure 2.12 : Grille d'analyse d'une relation d'approvisionnement 80

Figure 3.1 : Niveaux de planification dans la chaîne logistique tiré de (Fleischmann et al., 2000) 85
Figure 3.2 : Pilotage distribué de la chaîne logistique 89
Figure 3.3 : La planification opérée par un centre de décision 90
Figure 3.4 : Approches de modélisation, adaptation de (Dietrichi, 1991), (Cassandras & Lafortune, 1999) 90
Figure 3.5 : Les centres de décision dans les travaux de (Despontin-Monsarrat, 2004) 92
Figure 3.6 : Principe de la planification à horizon glissant 95
Figure 3.7 : Notations liées à l'aspect dynamique de la planification 97
Figure 3.8 : Un centre décision en interaction avec les centres amont et aval 100
Figure 3.9 : L'interaction entre un centre de décision et le centre de décision amont 101
Figure 3.10 : Report des décisions sur l'horizon gelé entre deux pas de planification 103
Figure 3.11 : Contrat Q/t entre deux pas de planification 104
Figure 3.12 : Les paramètres du contrat Q/He 105
Figure 3.13 : Contraintes du contrat Q/He dans la planification à horizon glissant 106
Figure 3.14 : La procédure de calcul de η^i_j 107
Figure 3.15 : Architecture de la plateforme de simulation (Amrani-Zouggar et al., 2009b) 110

Figure 4.1 : Le cas d'étude de la téléphonie mobile 115
Figure 4.2 : Plan de demande 117
Figure 4.3 : Variation globale de la demande à la hausse 119
Figure 4.4 : Profils de OEM et PRODU sous différents α et fluctuation de la demande à la hausse 121
Figure 4.5 : Profils de OEM et PRODU sous différents α et fluctuation de la demande à la baisse 123
Figure 4.6 : Phénomène de transfert des coûts entre le client et le fournisseur 124
Figure 4.7 : Profils générés chez OEM sous HG=10 et HG=11 125
Figure 4.8 : Profils générés chez le fournisseur PRODU sous HG=10 et HG=11 126
Figure 4.9 : Variation de (HG, α) au long de la chaîne logistique 128
Figure 4.10 : Impact de la variation amont HG_2 sur FAB 131
Figure 4.11 : Profils de OEM/PRODU avec la stratégie1, variation de la demande à la hausse 10% 135
Figure 4.12 : Profils OEM/PRODU avec la stratégie 1, variation de la demande à la baisse 8% 136
Figure 4.13 : Profils de PRODU avec la stratégie 2, variation de la demande à la hausse de 10% 137
Figure 4.14 : Profils de OEM en présence de variation de HG 139
Figure 4.15 : Réaction de OEM face à une panne machine 142
Figure 4.16 : Réaction de OEM face à des rebuts de production 143

Figure 4.17 : Réaction de OEM face à des aléas de transport 143
Figure 4.18 : Réaction du client face à un aléa d'approvisionnement 144
Figure 4.19 : Réaction du client face à des aléas de production (rebut de pièces) 145
Figure 4.20 : Réaction du client face à un aléa d'approvisionnement 146
Figure 4.21 : Evolution des coûts globaux sous contrat Q/t et contrat Q/He 148
Figure 4.22 : Profils du client OEM sous Q/t et Q/He 149
Figure 4.23 : Profils du fournisseur PRODU sous Q/t et Q/He 150

Figure a. 1 : Les différents tableaux de la plateforme de simulation 174
Figure a. 2 : Algorithme de simulation dynamique 175
Figure a. 3 : Projet VBA pour l'interface de simulation 176
Figure a. 4 : Synoptiques des procédures programmées 177
Figure a. 5 : Organisation des déclarations dans MOSEL 180
Figure a. 6 : Exemple de codage en SQL 181

Tableaux

Tableau1.1 : Quelques définitions de la chaîne logistique 21
Tableau1.2 : Exemples de Benchmarking dans différentes activités et différents secteurs..... 34
Tableau1.3: Synthèse des points de vue sur la collaboration 37
Tableau1.4 : Avantages et risques liés à la collaboration..... 39
Tableau1.5 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *Leaders (1/2)* 44
Tableau1.6 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *Leaders (2/2)* 45
Tableau1.7 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *à améliorer (1/2)* 46
Tableau1.8 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *à améliorer (2/2)* 47

Tableau 2.1 : Classification des ER dans une relation client fournisseur..... 56
Tableau 2.2 : Gestion des risques issus des interviews industriels..... 58
Tableau 2.3 : Les principales clauses d'un contrat d'approvisionnement 62
Tableau 2.4 : Couverture des ER par des clauses (point de vue client)..... 64
Tableau 2.5 : Couverture des ER par des clauses (point de vue fournisseur) 65
Tableau 2.6 : Les domaines de performance issus du modèle SCOR 68
Tableau 2.7 : Travaux sur les contrats d'approvisionnement (supply contracts) 69
Tableau 2.8 : Echelles de mesure..... 71
Tableau 2.9 : Calcul des écarts d'utilité et clauses sensibles..... 79
Tableau 2.10 : Calcul des écarts d'utilité et clause sensibles 81

Tableau 3.1 : Informations nécessaires en planification 86
Tableau 3.2: Rôle de la planification dans la maîtrise des risques (Van Landeghem & Vanmaele, 2002)..... 87
Tableau 3.3 : Les points clés des travaux de Despontin-Monsarrat E., Galasso F., Amrani-Zouggar A. 94

Tableau 4.1 : Paramètres techniques du cas d'étude 116
Tableau 4.2 : Domaines et indicateurs de performance 118
Tableau 4.3 : Les aléas simulés..... 119
Tableau 4.4 : Evolution de la performance de OEM et PRODU avec différents α..... 121
Tableau 4.5 : Impact de l'horizon gelé sur la performance client/fournisseur 125
Tableau 4.6 : Simulation avec variation simultanée de HG et α 127
Tableau 4.7 : Impact des variations des taux de flexibilité amont et aval (α_1, α_2)..... 129
Tableau 4.8 : Impact des variations des horizons gelés amont et aval (HG_1, HG_2)..... 130
Tableau 4.9 : Coûts d'adaptation avec différents (He, Q) et les deux stratégies fournisseur 134
Tableau 4.10 : Les coûts d'adaptation de OEM/PRODU en présence de variation de HG..... 138
Tableau 4.11 : Impact des variations des horizons d'engagement amont et aval (He_1, He_2) 140
Tableau 4.12 : Impact de (HG, α) sur OEM/PRODU en présence d'aléas de flux physique..... 142
Tableau 4.13 : Impact de (He, Q) sur OEM/PRODU en présence d'aléas de flux physique 145
Tableau 4.14 : Performance globale et locale à chaque partenaire sous Q/t et Q/He..... 148
Tableau 4.15 : Impact des clauses sur la performance des partenaires 151

Tableau a. 1 : Noms et rôles des procédures dans la plateforme..... 179
Tableau a. 2 : Temps approximatif d'une simulation..... 182

Introduction générale

Face aux exigences croissantes du marché, le partenariat d'entreprise est une réponse stratégique permettant à ses acteurs de répondre de manière compétitive aux opportunités de marché, chacun restant, au sein d'un réseau de compétences complémentaires, centré sur son cœur de métier. Au sein d'un réseau de partenaires, ou chaîne logistique, l'entreprise confrontée à différents risques techniques et financiers se trouve mieux protégée, mais les contraintes du partenariat l'obligent à faire évoluer ses pratiques industrielles. Il lui faut en effet développer des mécanismes de collaboration avec ses partenaires et recourir aux nouvelles technologies pour faciliter les échanges.

En dépit des évolutions technologiques facilitant les échanges inter-partenaires, le pilotage de la chaîne logistique demeure une tâche difficile, conditionnée par la nature du produit, la diversité des flux, les objectifs de performance, les modalités d'échange d'information, les intérêts antagonistes des partenaires, le climat d'échange et de confidentialité, autant de facteurs qui rendent complexe la coordination des organisations distribuées. Ainsi, le pilotage de la chaîne logistique a fait l'objet de nombreuses analyses dans la littérature scientifique. La problématique est telle, qu'elle continue à alimenter des investigations sur les actions à entreprendre en vue d'améliorer la performance de la chaîne logistique.

L'objet des recherches appréhendé dans cette thèse a été identifié à partir de lectures traitant aussi bien de travaux académiques que de la description des pratiques industrielles adoptées au sein de chaînes logistiques réelles (DELL, ZARA, MICHELIN, EPSON, NOKIA, SHELL, APPLE….). Cette littérature stigmatise le besoin continuel, pour l'entreprise, d'améliorer les collaborations qu'elle entretient avec ses partenaires. Notamment, le contrat d'approvisionnement nous a paru être un levier d'action qui, lorsqu'il est adéquatement utilisé, peut s'avérer efficace dans la mise en œuvre d'une collaboration fructueuse pour l'ensemble des contractants.

Cette problématique fait référence au domaine du « Supply contract », tel qu'il est défini dans la littérature anglo-saxonne. Celui-ci englobe une large communauté scientifique vouée à l'étude des retombées économiques associées à la mise en œuvre de politiques d'approvisionnement optimales, dont les modalités sont définies au travers de contrats. Dans la communauté francophone, un amalgame est souvent fait avec l'aspect juridico-légal de la contractualisation. Cette dimension n'est pas abordée dans cette thèse, qui s'intéresse exclusivement aux clauses techniques pouvant impacter la conduite des flux physiques/ informationnels et la performance d'exploitation.

Dans ce contexte, la contribution majeure visée par nos travaux est la recherche d'une méthodologie de caractérisation des contrats afin d'offrir à l'entreprise un support d'analyse instrumentant l'identification des « bonnes » clauses à porter au contrat d'approvisionnement au regard des risques qu'elle cherche à maîtriser. Au-delà de la caractérisation des clauses adéquates, qui ne constitue que la partie qualitative de notre analyse, se pose en effet le problème du paramétrage de ces clauses au regard des performances visées. Nous nous proposons donc de mener une analyse quantitative des gains de performance qu'une entreprise peut escompter lors d'une contractualisation. Nous plaçons notre observation au niveau du processus de planification des activités de production, d'approvisionnement et de livraison des partenaires contractants et considérons, dans un tel contexte, deux types de contrats que nous désignons par Q/t et Q/He tout au long du manuscrit.

L'étude comparative des comportements des partenaires, consécutive à l'application de ces contrats, sera réalisée au travers de simulations. Ces dernières seront basées sur un modèle analytique décrivant les modalités de planification de chaque acteur sous les contraintes d'approvisionnement découlant des clauses négociées entre partenaires.

Le synoptique présenté (Figure 1) vise à faciliter la lecture du manuscrit.

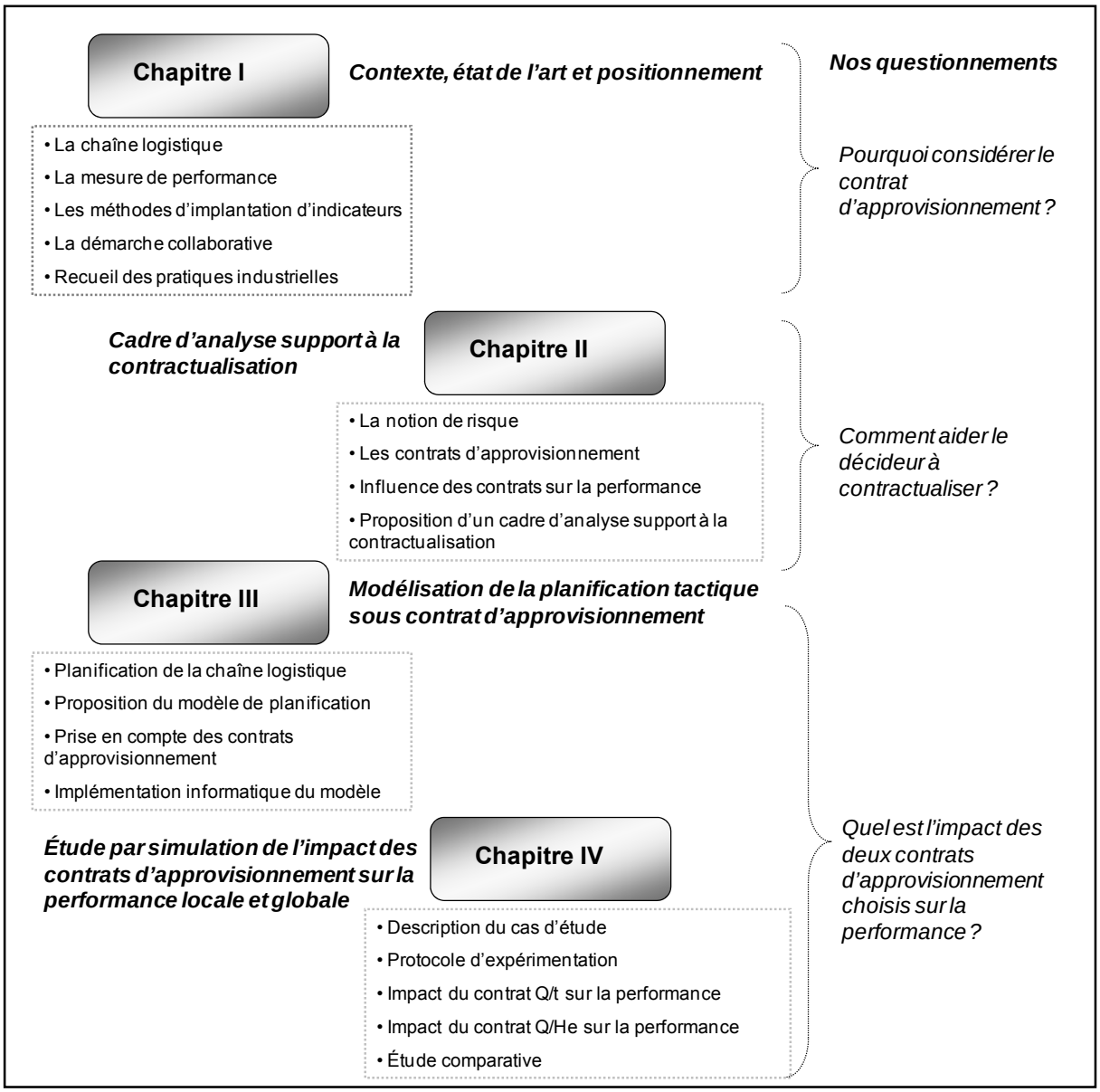


Figure 1 : Synoptique du manuscrit de thèse

Le chapitre I a pour objectif de situer le domaine de l'étude. Il s'agit de cerner et de s'approprier les concepts liés à la chaîne logistique, à la mesure de la performance ainsi que ceux liés aux démarches collaboratives actuelles, éléments-clés de l'amélioration des performances. Ce chapitre débouche sur la justification du contrat d'approvisionnement en tant qu'outil de cadrage de la collaboration entre partenaires.

Le chapitre II s'inscrit dans une perspective d'analyse stratégique du contrat d'approvisionnement. Les pré-requis à l'applicabilité de la démarche proposée sont évoqués,

qui sont, d'une part, la clarification des risques et de la dimension de la performance recherchée et, d'autre part, l'identification des clauses utiles dans le cadrage d'une relation client-fournisseur. Le chapitre aboutit à la proposition d'un cadre d'analyse instrumenté explicitant la pertinence des clauses contractuelles et leur influence sur la coordination des acteurs de la chaîne logistique.

Le chapitre III présente le modèle analytique développé. Ce modèle instanciable à chaque partenaire sert de support à la simulation du processus de planification des activités le long d'une chaîne logistique. Il s'agit dans ce chapitre de poser les hypothèses de validité du modèle, d'énoncer ses particularités vis-à-vis des travaux de la communauté et de proposer en définitive un modèle de planification auquel sont intégrées les contraintes propres aux clauses contractuelles. Une plateforme de simulation est développée afin d'observer de manière expérimentale l'impact des clauses contractuelles sur la performance de la chaîne logistique.

Le chapitre IV relate les résultats d'un ensemble de campagnes de simulation mettant en évidence les performances résultant de l'application des différents contrats. Nous débutons par la présentation du cas d'étude de chaîne logistique faisant l'objet de nos simulations et analyses, inspiré d'un cas réel issu du secteur de la téléphonie mobile. Chaque contrat est étudié en analysant son impact sur, successivement, une chaîne logistique dyadique (deux partenaires, une relation contractuelle) puis une chaîne triadique (trois partenaires, deux relations contractuelles). Une étude comparative des deux contrats analyse les comportements des partenaires en présence d'une même situation de production (même demande de marché), lorsqu'ils sont soumis aux contraintes émanant des différents contrats.

Enfin, pour conclure, un bilan de nos résultats et analyses est présenté, ainsi que l'énoncé des perspectives ouvertes par notre recherche.

Chapitre I

Contexte, état de l'art et positionnement

Sommaire

Introduction 20
1. Les fondements de la chaîne logistique 20
1.1. Qu'est-ce qu'une chaîne logistique ? 21
1.2. L'hétérogénéité des partenaires : une contrainte pour la conduite de la chaîne 23
1.3. La gestion des chaînes logistiques 24
1.3.1. L'approche SCM 24
1.3.2. Structuration des décisions 24
1.3.3. Les types d'architecture de pilotage 26
1.3.4. Utilisation des NTIC pour le développement d'outils d'aide à la décision 26
2. La mesure de performance dans les chaînes logistiques 27
2.1. Besoin de mesurer la performance ?…surtout un besoin d'agir sur le système 27
2.2. Qu'est-ce qu'un indicateur de performance ? 28
2.3 Typologie des indicateurs de performance 29
2.3. Mesurer n'est pas évaluer ! 29
3. Les méthodes de définition et d'implantation d'indicateurs 30
3.1. Balanced Scorecards (BSC) 30
3.2. Méthode PRISM 31
3.3. ECOGRAI 32
3.4. Modèle SCOR 32
3.5. Benchmarking 34
3.6. Récents travaux sur la performance 35
4. Les démarches collaboratives dans la chaîne logistique 36
4.1. Collaboration vs partenariat 36
4.2. Pourquoi collaborer ? 38
4.3. Le degré de collaboration 39
4.4. Les approches collaboratives du SCM 40
4.5. Le cadrage de la collaboration par contrat 42
5. Pratiques industrielles du SCM 43
6. Synthèse, problématique et objectifs de la thèse 48

Introduction

Le chapitre I se veut un chapitre introductif au travail de thèse. Nous y relatons différents concepts liés à la gestion de la chaîne logistique (Supply Chain Management - SCM) jugés utiles, voire essentiels pour la construction progressive de notre problématique et les réponses à y apporter. Nous parcourons ainsi l'état de l'art des recherches académiques et explorons les diverses pratiques industrielles dans l'optique de mieux appréhender le positionnement de notre démarche dans la communauté scientifique.

Ce chapitre se structure comme suit : La première partie est consacrée à l'énoncé des fondements et enjeux de la chaîne logistique. La deuxième partie relate la dimension de performance quasi permanente dans les travaux liés au SCM. La troisième partie approfondit la mesure de performance; nous y évoquons les différentes approches développées et appliquées dans l'industrie (SCOR, PRISM, BSC, Benchmarking…). Cette partie renforce l'idée que la recherche de performance au sein des chaînes logistiques demeure un impératif majeur. La partie quatre, en réponse à la partie trois, vient conforter l'idée que l'amélioration des performances industrielles passe par l'adoption de démarches collaboratives entre les acteurs de la chaîne. Nous décryptons dans cette partie les nuances entre collaboration et partenariat, analysons les avantages de la collaboration pour chaque partenaire (client et fournisseur) et explicitons les différents degrés de collaboration rencontrés (d'un simple échange de plan à une intégration totale). Quelques démarches collaboratives telles que le (CPFR, VMI, GPA…) seront évoquées à la fin de cette partie.

La collaboration établie entre un client et un fournisseur est en règle générale cadrée par des engagements et arrangements pris de chaque côté. En effet, le contrat d'approvisionnement matérialise, structure et formalise la relation client-fournisseur. Considéré comme un élément clé, le contrat d'approvisionnement fera l'objet d'une analyse approfondie dans le chapitre II.

Les principes du SCM introduits et présentés dans les différentes parties se rejoignent au §.5 pour mettre en avant les apports des diverses démarches telles qu'elles apparaissent dans différents cas réels de chaînes logistiques que nous avons pu étudier par la littérature. Nous construisons ainsi un recueil des pratiques industrielles du SCM qui caractérisent ces chaînes logistiques.
Ayant parcouru ces diverses parties, nous pourrons ainsi positionner notre travail de thèse dans l'état de l'art, formuler notre problématique et énoncer les objectifs attendus de la thèse.

1. Les fondements de la chaîne logistique

La structuration des entreprises actuelles sous forme de chaînes logistiques se justifie par la recherche incessante d'orientations stratégiques afin de rester compétitives, tendant à se focaliser sur le cœur métier (réel savoir faire) et à sous-traiter les autres tâches (conception produit, fabrication, marketing, distribution, …) à des partenaires compétents (fournisseurs, sous-traitants) (Handfield & Straight, 2004).

Dans cette section, nous évoquons les principaux fondements d'une chaîne logistique, en commençant par considérer les différentes définitions qui s'y rapportent et énoncer nos propres définitions de la chaîne logistique (CL).

1.1. Qu'est-ce qu'une chaîne logistique ?

De nombreux chercheurs ont pour objet d'étude la chaîne logistique, sans pour autant l'observer sous un angle unique. Chacun propose une définition suivant la discipline dont il est issu et les objectifs qui orientent son analyse. Nous nous proposons de regrouper en un même tableau (Tableau1.1) quelques définitions issues de la littérature, afin de comparer les principaux points de vue des auteurs et d'en extraire les caractéristiques essentielles d'une chaîne logistique.

Auteurs	*Définition de la Chaîne Logistique CL*	*Points clés*	*Discipline du journal*
(Jones & Riley, 1985)	' La CL regroupe la planification et le pilotage de l'ensemble du flux matière depuis le fournisseur jusqu'au client final en passant par le producteur et le distributeur '	Pilotage, flux matière, client	Physical distribution and material management
(Ellram, 1991)	' La CL est un réseau d'entreprises en interaction, liées entre elles par diverses flux, depuis l'approvisionnement en matière première jusqu'à la livraison finale, et oeuvrant à la réalisation de produits ou de services pour des clients finaux'	Réseau, interactions, flux, client	Physical distribution and logistics management
(Ganeshan & Harrison,1995)	' La CL est un réseau facilitateur exécutant les fonctions d'approvisionnement de matières, transformation de ces matières en produits intermédiaires puis produits finis, et la distribution des produits vers les clients '	Réseau, Processus, client	Management science and information system
(Christopher, 1998)	' La CL englobe les processus de gestion stratégique de l'approvisionnement, des mouvements de stocks de matières, de composants et de produits finis ainsi que des flux d'informations qui y sont associés. L' organisation des canaux de ventes se fait de telle sorte que la rentabilité actuelle et future soit maximisée à travers le processus d'exécution de la commande '	Processus, organisation, performance, exécution de la commande	Logistics and supply chain management
(Hanfield & Nichols, 1999)	' La CL regroupe toutes les activités associées aussi bien au flux physique par transformation de bien depuis l'étape de matière première jusqu'au client final, qu'au flux informationnel '	Activités, flux matière et informationnel client	Physical distribution and logistics management
(Chopra & Meindl, 2001)	' La CL caractérise l'ensemble des activités impactant directement ou indirectement la réalisation de la commande client. La chaîne logistique n'inclue pas uniquement les producteurs et fournisseurs mais également transporteurs, entrepôts, les détaillants, et les clients eux-mêmes '	Étapes, réalisation de la commande, partenaires	Integrated supply chain
(Mentzer et al, 2001)	' La CL est un groupe d'au moins trois entités directement impliquées dans les flux amonts et avals de produits, de services, de finances et/ou d'informations, qui vont d'une source jusqu'au client '	Entités, flux divers, client	Business logistics
(Feniès, 2006)	' La CL est un système complexe décrit comme : - Un ensemble ouvert traversé par des flux financiers, matériels et informationnels - Un réseau composé d'entités physiques (usines, ateliers, entrepôts, distributeurs, grossistes, détaillants) et d'organisation autonomes (firmes, filiales, business unit…) - Un ensemble d'activités regroupées dans un processus logistique dont l'agencement constitue une chaîne de valeur intra et inter-organisationnelle '	Flux divers, réseau varié, activités inter et intra-organisationnelle	Logistique et management

Tableau1.1 : Quelques définitions de la chaîne logistique

Les différentes définitions citées plus haut font unanimement référence aux concepts de *réseau*, de *flux* et de *client.* Sur cette observation, nous adoptons une première définition de la chaîne logistique :

La chaîne logistique peut être considérée comme un ensemble d'activités en réseaux dont l'exécution est corrélée par les flux qu'elles échangent, visant à satisfaire au mieux les besoins exprimés par un ensemble de clients

Les activités menées au sein d'une chaîne logistique sont très diverses. Elles peuvent être structurées en fonction de la nature du flux sur lequel elles portent (Figure 1.1). Ainsi, nous distinguons :

- Les activités de transformation du flux physique qui regroupent aussi bien le processus de production que d'approvisionnement des composants et de livraison des produits. La production qualifie l'ensemble des activités de transformation physique des composants en sous-ensembles puis en produits finis; la rationalisation de ce processus représente un enjeu fort pour l'entreprise dans l'optique de maîtriser ses performances. Les fonctions d'approvisionnement et de livraison ont trait à l'organisation des transits de matières entre sites de production, l'approvisionnement s'intéressant à la partie amont de la chaîne et les livraisons considérant le problème au périmètre aval de la chaîne.

- Les activités de traitement et de transmission du flux d'information. Ce dernier est souvent considéré comme inverse au flux physique, allant de l'aval vers l'amont. L'information transmise peut être une simple commande, un carnet de commandes, voir des plans d'approvisionnement. De manière générale, la nature de l'information transmise est dépendante des modalités du partenariat qui lie les partenaires de la chaîne logistique.

- Les activités associées au flux financier (celles-ci ne sont pas abordées dans le cadre de ce travail).

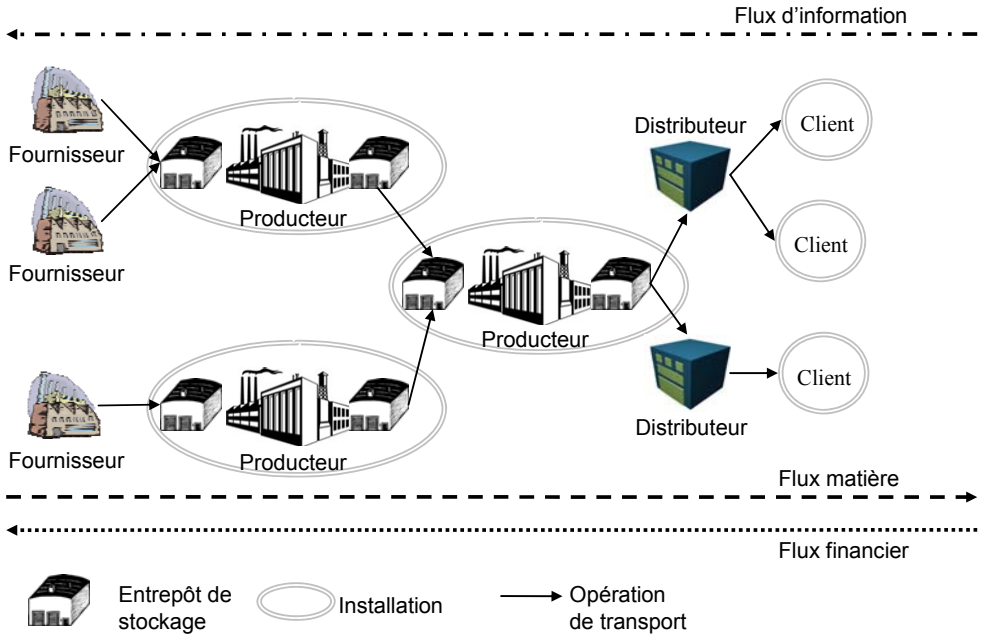


Figure 1.1 : Chaîne logistique et flux associés

Ces activités dépendent également de la fonction des partenaires qui les réalisent. Ainsi, la chaîne sera constituée de fournisseurs, producteurs, distributeurs, détaillants et clients. A l'instar de (Sharman, 1999), nous considérons une chaîne logistique comme un ensemble

d'acteurs dont chacun cherche à remplir des objectifs communs (minimiser l'ensemble des coûts, améliorer le taux de service client) définis à l'échelle du réseau tout en maximisant son profit local.

Au regard de ces derniers éléments, nous nous proposons de compléter notre définition comme suit :

La chaîne logistique peut être considérée comme un ensemble d'activités en réseau, incluant différents partenaires, coordonné par des flux matériels et informationnels échangés, visant à satisfaire au mieux les besoins des clients.

1.2. L'hétérogénéité des partenaires : une contrainte pour la conduite de la chaîne

Au-delà des différentes définitions attribuées aux chaînes logistiques, il est important de remarquer que le réseau est constitué de divers acteurs concourant à la réalisation d'un produit donné suivant des objectifs précis. Du fait de l'hétérogénéité des organisations, des modalités de gestion, ainsi que de l'autonomie de ces partenaires, la conduite de la chaîne nécessitera la formulation d'objectifs de performance ainsi que des efforts de coordination inter-partenaires (évoqués ultérieurement) pour atteindre ces objectifs.

En effet, (Towill, 1997) précise qu'il n'est pas important de s'attarder sur l'appellation donnée aux processus et activités d'exécution d'une commande dans un réseau d'entreprise, qu'ils soient qualifiés de chaîne logistique, logistique ou gestion de production… Il lui semble plus fondamental de s'intéresser à la manière d'atteindre les objectifs propres à chaque partenaire et ceux fixés par le réseau dans le souci de maintenir l'efficacité des processus, encore faut-il identifier quels sont les enjeux stratégiques liés au développement d'une chaîne logistique.

La stratégie des entreprises impliquées dans une chaîne est dictée par le marché concurrentiel dans lequel elles baignent, elles se doivent de développer des avantages concurrentiels communs afin de répondre aux variations de cet environnement. De ce fait, pour (Poirier & Reiter, 2001), la constitution de chaînes logistiques améliore la position compétitive des entreprises collaboratrices en réalisant de véritables synergies entre partenaires. Ces synergies sont stimulées par la vue systémique de la chaîne logistique prévalant sur les entreprises la constituant.
(Christopher, 1998) souligne que les points clés dans la maîtrise d'une chaîne logistique sont la réactivité, la fiabilité et la gestion des relations inter-partenaires, en précisant que la maîtrise totale de l'activité de la chaîne logistique est quasi impossible. Ainsi, les actions de pilotage de la chaîne se concentrent sur les liens unissant les principaux acteurs, poussant les entreprises à vouloir passer du statut de « fournisseur lambda » à celui de partenaire stratégique (Walker, 1998).
Cette idée est renforcée par la nature hétérogène, tant sur un plan organisationnel que décisionnel, des entreprises constituant le réseau. (Simchi-Levi et al., 2000) préconisent d'axer les décisions sur la coordination, la synchronisation des flux échangés et des ressources mises en commun en vue de satisfaire au mieux la demande client en termes de prix, qualité, délai. Chaque entreprise tient compte des relations qui la lient à ses partenaires dans toute prise de décision visant à piloter sa propre activité, en dépit du caractère parfois conflictuel entre ses objectifs propres et ceux relatifs à la chaîne. A titre d'exemple, (Simchi-Levi et al., 2003) citent le cas d'une entreprise cherchant à maximiser son taux de service par l'adoption de stocks de sécurité, voir d'augmenter le niveau de stock moyen dans l'entreprise rentrant ainsi en conflit avec l'objectif de réduction des coûts sur l'ensemble de la chaîne.

Dans cet exemple, la mise en place d'une stratégie *push-pull* (adopté chez DELL computer) a permis aux partenaires de la chaîne de concilier les deux objectifs. Ainsi, la partie de la chaîne où les prévisions à long terme subissent de faibles variations s'est vu fonctionner en flux poussés, ciblant la réduction des coûts. Par ailleurs, la partie de la chaîne où l'on observe une forte variabilité des demandes est gérée en flux tirés afin de répondre efficacement à ces variations par une gestion à la commande sans augmenter les coûts de manière considérable.

L'analyse entreprise ici montre les difficultés inhérentes au pilotage de la chaîne logistique lorsque ses acteurs sont de nature hétérogène (cas le plus courant) et la nécessité de porter un regard sur les relations qui lient les partenaires dans cette dernière. Nous nous proposons d'affiner cette analyse par l'étude des approches de gestion des chaînes logistiques, et la mise en œuvre d'indicateurs permettant la mesure de performance.

1.3. La gestion des chaînes logistiques

La gestion des chaînes logistiques fait référence aux approches qualifiées de SCM (Supply Chain Management) dans la littérature scientifique anglo-saxonne. La gestion de la chaîne logistique se caractérise au travers de définitions aussi diverses que les disciplines et les courants dont elles sont issues. Nous relatons dans ce qui suit celles qui nous semblent les plus significatives et identifions les architectures de décision les plus classiques dans la littérature.

1.3.1. L'approche SCM

D'après (Steadtler, 2005) le SCM (Supply Chain Management) est défini comme: *« la démarche permettant l'intégration d'unités organisationnelles le long de la chaîne logistique et la coordination des flux physiques, informationnels et financiers dans le but de satisfaire le consommateur final et d'améliorer la compétitivité de la chaîne dans son ensemble ».*

D'après (Simchi-Levi et al., 2003), le SCM est *« un ensemble d'approches utilisées pour intégrer efficacement les fournisseurs, les producteurs, les distributeurs et les détaillants de façon à garantir la production et la distribution des produits finis au bon moment, au bon endroit, en bonne quantité, en respectant les exigences des clients finaux, et ce au moindre coût ».*
Ces deux définitions, sans être exhaustives, adressent un fondement principal du SCM, à savoir ***une approche intégrative*** de l'ensemble ***des partenaires (du fournisseur vers le client final)*** ayant pour but l'***atteinte d'objectifs de performance locale et globale.***

Le SCM se distingue bien de la SC (Supply Chain) par sa référence aux outils et méthodes de management qui veillent à l'optimisation de l'ensemble de la chaîne. Le SCM peut être perçu comme l'ensemble des méthodes associées aux démarches d'amélioration de la performance qui se sont succédées au cours de ces dernières années.

1.3.2. Structuration des décisions

L'architecture décisionnelle support à l'organisation des processus et décisions se structure en trois niveaux, généralement caractérisés par la dynamique de prise de décisions : niveau stratégique (ou décisions à long terme visant habituellement à définir les moyens et objectifs), niveau tactique (décisions à moyen terme concernant la définition des actions à mettre en

œuvre) et niveau opérationnel (décisions à court terme consistant en la mise en œuvre des actions et en leur suivi).

Le niveau stratégique

Les décisions stratégiques (horizon : mois à année) portent sur la définition de politiques d'investissement, de gestion et de conception du réseau logistique (Steadtler & Kilger, 2001), (Dudek & Stadtler, 2005) ou sur la reconfiguration d'un réseau existant (Pirard, 2005). Ces décisions sont guidées par la mise en place d'objectifs financiers et commerciaux (Simchi-Levei et al., 2003) et visent à définir le profil des partenaires, la localisation des infrastructures, la capacité requise par entité de prestation logistique. Ces décisions peuvent également avoir trait à l'ouverture ou la fermeture de sites et/ou d'entrepôts, à l'acquisition de biens technologiques et de nouveaux équipements, au développement de réseaux de transport. Les problèmes peuvent être abordés sous d'autres angles, tels que le choix du type de gestion de production - fabrication à la commande, fabrication sur stocks (Miller, 2001), ou encore le choix des stratégies efficaces dans la gestion de la capacité de transport associée aux processus logistiques de l'ensemble de la chaîne (Georgiadis et al., 2005). Par conséquent, à ce niveau décisionnel sont prises les décisions stratégiques concernant la conception du réseau, tant dans sa structure physique que dans son architecture décisionnelle.

Le niveau tactique

Une fois les décisions stratégiques ayant fixé les orientations au niveau de la configuration du réseau de partenaires, les décisions tactiques (horizon : semaine à mois) s'intéressent à la réalisation des plans à moyen terme de manière à programmer globalement les activités à réaliser au sein de chaque entreprise. Celles-ci englobent les processus d'approvisionnement, de production / gestion des stocks, de distribution, et s'intéressent à rationnaliser au mieux ces derniers au regard des objectifs définis par la stratégie d'entreprise.
D'après (Tchernev, 1997), trois problématiques principales de planifications sont à considérer : la planification amont consistant à programmer les achats et organiser l'acheminement des matières premières/composants et leur stockage, la planification des en-cours et le transfert des matières entre unités de production, ainsi que la planification aval traitant de l'organisation des livraisons de produits pour satisfaire les demandes des clients. Les principaux problèmes à résoudre dans ce cadre sont alors l'exploitation « au mieux » des capacités techniques et humaines de chaque site, la détermination du besoin en main d'œuvre, la gestion des centres logistiques de distribution, le choix des modes et des prestataires de transport et l'organisation dans le temps de leurs activités (Miller, 2001).

Le niveau opérationnel

Les décisions se prenant au niveau opérationnel (horizon : jour à semaine) consistent à engager les actions planifiées au niveau tactique. Elles concernent l'ordonnancement des activités, l'ajustement des plans en fonction des aléas et perturbations observées lors des contrôles et des mesures de performance. (Miller, 2001) distingue parmi les décisions opérationnelles celles traitant de la gestion des priorités, de l'équilibrage des flux, de la gestion court terme des stocks et de l'ordonnancement des activités logistiques dans les entrepôts ou associées aux tournées de véhicules.

1.3.3. Les types d'architecture de pilotage

Dans le cadre des travaux menés dans cette thèse, nous nous intéressons à la planification tactique des chaînes logistiques. L'élaboration des plans de production, d'approvisionnement et de livraison requiert une architecture de pilotage afin d'expliciter l'organisation du processus décisionnel et les échanges d'informations nécessaires à l'accomplissement de la planification. Il existe deux architectures classiques, l'architecture centralisée et l'architecture distribuée.

L'*architecture centralisée* induit une centralisation des décisions par l'existence d'un centre de décision hiérarchiquement supérieur ayant une vision complète des informations circulant au long de la chaîne. Cette architecture, de par la coordination « structurelle » des activités qu'elle implique entre les différents sites de production, s'avère très efficace (Christopher, 1992). En effet, la gestion d'une chaîne logistique par un pilotage centralisé rend possible l'optimisation de l'ensemble des activités de la chaîne.

Dans ces travaux, nous nous intéressons au pilotage distribué de la chaîne logistique

Par ailleurs, la réalité industrielle liée à l'autonomie décisionnelle des acteurs constituant une chaîne logistique fait apparaître la nécessité de piloter la chaîne logistique par une *architecture distribuée*. Ce mode de pilotage renferme deux avantages majeurs, la possibilité de diminuer les quantités de données à traiter dans chaque processus de planification et la préservation des marges d'autonomie locales. En revanche, une meilleure coordination s'impose dès lors qu'aucun centre de décision ne supervise l'ensemble des activités de la chaîne (Babiceanu & Chen, 2004). Une diminution de visibilité globale s'installe au sein des acteurs et « l'effet Bullwhip » devient très vite menaçant d'où la nécessité de partager l'information (Towill, 1997), (Chen et al., 2000), (Thonemann, 2002) (Dejonckheere et al., 2004).

Aujourd'hui, on assiste à une évolution des architectures de pilotage vers des architectures dites mixtes qui recherchent un bon compromis entre centralisation et distribution décisionnelle. Le recours à la simulation en exploitation offre des possibilités d'anticipation avec prise en compte des contraintes inter-partenaires (Telle, 2003). Dans les travaux de (Francois, 2007) l'architecture de pilotage par chaîne qui consiste à piloter la chaîne logistique par nature de produit fini commercialisé, apparaît comme une sorte de compromis entre un pilotage centralisé et distribué. La formalisation du modèle s'articule autour de décisions génériques pouvant être dupliquées au niveau de chaque centre de décision composant la chaîne.

1.3.4. Utilisation des NTIC pour le développement d'outils d'aide à la décision

Nous évoquons ici l'apport des NTIC à la gestion des chaînes logistiques. De nombreux outils de planification et d'optimisation des flux logistiques sont aujourd'hui proposés, tels que :

1. **Les ERP (Enterprise Resource Planning)** ou PGI (Progiciel de Gestion Intégré). Un ERP est un logiciel qui permet de gérer l'ensemble des processus d'une entreprise (approvisionnement, vente, production, finance, paie, ressources humaines, stocks, transports, etc.…). C'est une application informatique constituée de plusieurs modules indépendants, mais partageant une base de donnée commune.

2. **Les APS (Advanced Planning System)** ou SPA (Système de Planification Avancée). L'APS est un type de logiciel destiné à la planification de l'ensemble de la chaîne logistique (demande, achats, production, stockage, transport). En fonction de la demande exprimée en aval de l'entreprise, l'APS permet d'analyser la capacité des ressources (machines, main d'œuvre, matières, aires de stockage) et les diverses contraintes de planification afin de proposer un plan d'activité détaillé et adaptable pour une production optimale.

3. **Les SCE (Supply Chain Execution)**. Le SCE a pour vocation de rationaliser la totalité du cycle de traitement des commandes (de l'entrée à la facturation). Ces outils fédèrent trois grandes fonctions: la gestion avancée des commandes (AOM : Advanced Order Management), la gestion de l'entreposage (WMS : Warehouse Management Systems) et la gestion des transports (TMS : Transport Management System)

4. **Les MES (Manufacturing Execution System)**. Ces outils de supervision d'atelier sont chargés de traiter les informations sur l'exécution des ordres de fabrication en temps réel.

Cette offre d'outils supports à la gestion de la chaîne logistique comporte d'autres outils techniques plus ciblés que nous ne détaillerons pas ici (SCEM, E-Procurement, EAI, Data mining, CRM, PLM, …).

2. La mesure de performance dans les chaînes logistiques

La mesure de performance dans les chaînes logistiques, qui s'intéresse à l'amélioration du fonctionnement des processus support à la production et à l'accroissement de la productivité globale est une thématique largement abordée dans la littérature. Autrefois mono critère - réduction des coûts (Parsons et al., 2003), (Gunasekaran et al., 2004) -, la performance est aujourd'hui par nature multi critères et se mesure à l'échelle de la chaîne logistique sur une ou plusieurs phases du cycle de vie du produit (conception, réalisation, exploitation, distribution, recyclage). Les approches instrumentant la mesure de performance au périmètre d'une entreprise se sont adaptées au contexte d'évaluation de performances dans les chaînes logistiques.

2.1. Besoin de mesurer la performance ?…surtout un besoin d'agir sur le système

Tout système de production, qu'il soit limité à une entreprise ou étendu à une chaîne logistique, est vu comme une organisation dont la fonction est d'offrir des biens ou des services de qualité, dans les délais exigés et à moindre coût. Ce système se voit assigner des objectifs de qualité, coût et délais et le résultat des actions engagées pour la satisfaction de ces objectifs est mesuré à l'aide d'indicateurs de performance qu'il convient de définir au préalable. La mesure de performance doit se faire de manière précise car elle conditionne la mise en œuvre d'actions correctives telles que la reconfiguration de certains processus, un équilibrage de charge, ou encore une augmentation des capacités de production.

Les décideurs en charge d'organiser les activités de chaque entreprise, dans l'optique de satisfaire les objectifs qui leur sont assignés, cherchent alors à se munir de tableaux de bord basés sur des indicateurs d'évaluation de la performance locale de chaque acteur, mais également de la chaîne logistique globale. Ainsi, (Bouquin, 2004) considère qu'un tableau de bord se définit comme un instrument de mesure où un ensemble d'indicateurs permet aux

décideurs de prendre connaissance de l'état et de l'évolution des systèmes qu'ils pilotent. D'après (Heeramum, 2003), le système d'évaluation des performances de la chaîne logistique doit se calquer sur la chaîne de valeur modélisée et permettre tout particulièrement de suivre les activités créatrices de valeur.

La démarche de construction et déploiement de ces systèmes d'indicateurs traduit la volonté de piloter explicitement le système de production considéré au regard des objectifs fixés.

2.2. Qu'est-ce qu'un indicateur de performance ?

Les caractéristiques d'un indicateur de performance transparaissent dans les définitions suivantes:

1. Un indicateur de performance est une donnée quantifiée qui exprime l'efficacité et / ou l'efficience de tout ou partie d'un système (réel ou simulé), par rapport à une norme, un plan déterminé et accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise (Biteau et al., 1991), (Berrah, 1997)
2. Un indicateur de performance est une traduction chiffrée des objectifs stratégiques poursuivis par l'organisation (Epstein & Manzoni, 1998)
3. Un indicateur de performance est une information devant aider un acteur individuel ou une organisation à conduire le cours d'une action vers l'atteinte d'un objectif, ou devant lui permettre d'en évaluer le résultat. (Bonnefous, 2001)
4. Un indicateur de performance est associé à une « action à piloter » dont il doit révéler la pertinence opérationnelle (Lorino, 2001), (Bouquin, 2004).

L'indicateur est donc vu comme « une mesure objectivée » (Bitton, 1990), un élément de décision permettant, soit de contrôler les processus en vue de l'atteinte d'objectifs définis (logique de maîtrise), soit de modifier les objectifs eux-mêmes (logique de progrès). (Cohen & Russel, 2005) préconisent une approche de gestion par la performance reposant sur la qualité des indicateurs de performance choisis: chaque indicateur doit être étroitement lié à la stratégie de l'entreprise, compréhensible et pertinent.

Comme illustré sur la figure (Figure 1.2), un indicateur se décline à partir de l'objectif cible et de la connaissance des leviers d'action. Il est à ce titre intéressant d'après les auteurs de convenablement identifier les objectifs à atteindre par Benchmarking interne (comparaison des performances au sein des différentes unités de la même entreprise) et externe (positionnement des résultats par rapport au contexte industriel et par rapport aux concurrents) afin d'identifier les opportunités d'améliorations. Une présentation plus fine du Benchmarking est donnée ultérieurement.

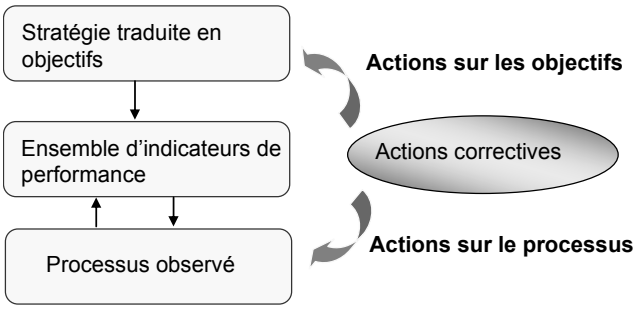


Figure 1.2 : Mise en œuvre des indicateurs de performance (adapté de Lorino, 2001)

2.3. Typologie des indicateurs de performance

Les objectifs assignés à toute organisation peuvent être déclinés à tout niveau de décision de l'entreprise. Ils sont caractérisés par leur nature et leur horizon temporel. Il en est de même pour les indicateurs de performance. Ainsi peut-on faire une différence entre les indicateurs stratégiques, tactiques et opérationnels (Bonnefous, 2001).

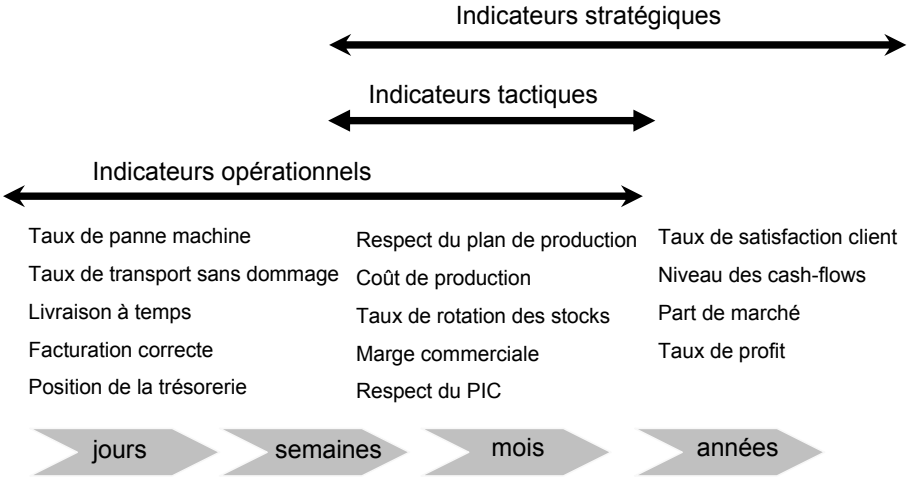


Figure 1.3 : Indicateurs par niveau décisionnel

Les limites des horizons (stratégique, tactique, opérationnel) n'ont pas de valeur fixe, les bornes sont fonction du cas d'étude. Les indicateurs ne sont pas toujours génériques et peuvent être propres à chaque système de production, selon les objectifs poursuivis (Figure 1.3). Néanmoins, certaines approches comme le modèle SCOR (décrit plus loin) proposent des métriques offrant un référentiel de mesure s'appuyant sur la définition d'un grand nombre d'indicateurs.

2.4. Mesurer n'est pas évaluer !

L'évaluation des performances se base sur la mesure de satisfaction des objectifs à poursuivre. Cette mesure visant à renseigner les indicateurs de performance fait appel à plusieurs caractéristiques :

1. la *nature de la mesure* : la mesure peut être quantitative, une mesure d'une grandeur physique ou qualitative, une appréciation sur une échelle de valeur subjective (Stalk & Hout, 1990).
2. le *mode d'élaboration* : la mesure peut être obtenue de manière directe lorsqu'elle est issue de capteurs intégrés au système physique (comptage d'unités de produits) ou d'observations directes réalisées sur celui-ci (temps de changement de série). On parle souvent de mesure physique. Elle peut également être la résultante d'opérations arithmétiques sur des mesures directes (taux de service) ou par le biais de ratios qui rapportent les sorties (quantités produites) à des ressources disponibles (Bouquin, 2004)
3. la *fréquence de la mesure* : cette fréquence dépend de la nature de la mesure. Elle peut être événementielle lors de l'apparition de phénomènes erratiques, ou bien périodique lorsqu'elle est réalisée par échantillonnage. Elle peut également être continue lorsqu' un suivi permanent de l'évolution de l'activité le nécessite (processus chimiques, par exemple)

La mesure sert de base à l'évaluation de la performance. La précision de cette mesure impacte donc la capacité à gérer la performance. L'évaluation de performance s'appuie sur une interprétation explicite de la valeur de chaque mesure, qui ne peut faire abstraction de l'ensemble des indicateurs utilisés. Une performance peut être complexe et sa mesure peut nécessiter un ensemble d'indicateurs. Ainsi, nous faisons la distinction entre :

- *Mesurer*: assigner une valeur à un indicateur donné (directe, calcul).
- *Evaluer*: donner une interprétation et positionner la mesure dans un cadre de référence explicitant les objectifs.
- *Agir* : entreprendre des actions correctives afin de rétablir un bon fonctionnement du système en corrélation avec les objectifs assignés.

On mesure pour évaluer la performance

On évalue pour agir sur le système

Ces nuances sont remarquées par (Cohen & Russel, 2005) qui soulignent la distinction entre la *mesure de performance* et la *gestion de performance;* la mesure de performance concerne le choix des bons indicateurs et la manière de les renseigner, la gestion de performance emploie ces indicateurs comme support à la réalisation des objectifs stratégiques l'entreprise.

3. Les méthodes de définition et d'implantation d'indicateurs

Cette partie donne un aperçu des méthodes les plus connues de définition et d'implantation d'indicateurs de performance. L'objectif est de saisir les différentes vues d'analyse et de comprendre leur mise en œuvre pour l'évaluation de la performance. Les plus connues ont fait leur preuve lors d'applications industrielles (voir SCOR, PRISM et Benchmarking); d'autres méthodes en revanche (assimilées souvent au *Performance measurement framework*) sont en émergence, nous en présenterons quelques unes issues de la littérature récente.

3.1. Balanced Scorecards (BSC)

Certaines approches de mesure de performance traditionnelles ignorent une dimension jugée capitale par (Kaplan & Norton, 1992), à savoir la prise en compte des interactions entre objectifs stratégiques et performance opérationnelle, associée à un déploiement de ces objectifs et performances à tous les niveaux de l'organisation. Réalisant ainsi qu'aucune mesure ne peut à elle seule fournir une performance pertinente, ces acteurs proposent le concept de 'Balanced Scorecards' ou « tableaux de bord prospectifs » issus d'un cadre rigoureux d'expression des objectifs stratégiques et d'une méthodologie pour les décliner au plan opérationnel.

Les indicateurs de performance sont classés selon quatre axes (Figure 1.4) :

- L'axe « performance financière» renferme des indicateurs tels que les prix des produits ou les coûts des fournitures, les salaires, les coûts de transports, la valeur ajoutée de la productivité, le taux de rotation de capitaux. En effet, comme nous l'avons noté plus tôt, les seuls indicateurs financiers sont relativement faciles à mesurer mais ne fournissent pas une image assez complète du bon déroulement des activités de la chaîne logistique.
- L'axe « processus interne » renferme des indicateurs tels que les prévisions des ventes, la qualité de production, la flexibilité de production, les temps de cycles internes. Ces indicateurs évaluent la performance opérationnelle et ne sont pas liés nécessairement aux résultats financiers.

- L'axe « clients » renferme des indicateurs qui déterminent la performance orientée client comme la livraison à temps, le cycle d'exécution de la commande, le taux de satisfaction client et la conformité d'exécution de la commande.
- L'axe « apprentissage organisationnel » est la dimension la plus difficile à définir, ses indicateurs quantifient l'efficacité de l'entreprise dans l'intégration de nouvelles compétences.

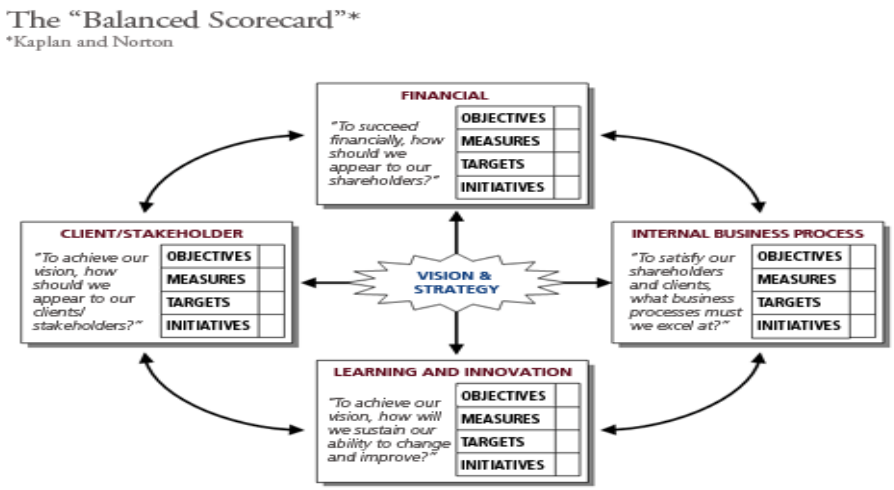


Figure 1.4 : Les quatre axes du Balanced Scorecard (Kaplan & Norton, 1992)

3.2. Méthode PRISM

Issue des travaux de (Neely et al., 2001), la méthode PRISM s'intéresse spécifiquement aux relations de l'organisation avec toutes les parties prenantes (Stakeholders), les stratégies, les processus et les capacités nécessaires au fonctionnement de ces processus comme illustré sur la figure (Figure 1.5). Les parties prenantes regroupent non seulement les investisseurs mais aussi les clients, les employés et les fournisseurs (Powell, 2004).

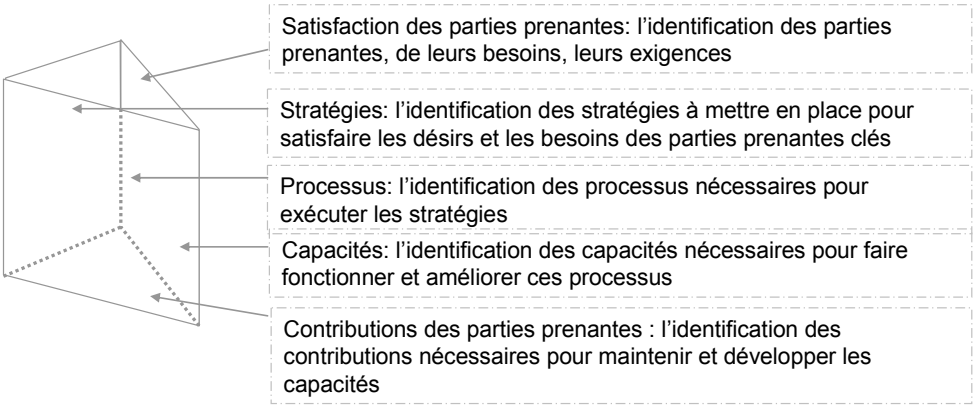


Figure 1.5 : PRISM de la performance (Neely et al., 2001)

Quelques applications de la méthode PRISM sur des entreprises comme DHL, London Youth, House of Fraser, ont été menées et décrites dans (Neely et al., 2001) avec des retours d'expériences positifs. Toutefois, comme l'intérêt est porté majoritairement sur la recherche des bonnes stratégies, l'approche tend à négliger le moyen par lequel la performance va être réalisée, peu d'intérêt est accordé au processus de conception du système de performance (Tangen, 2004).

3.3. ECOGRAI

La méthode ECOGRAI, développée par (Bitton, 1990), permet de concevoir et d'implanter des systèmes d'indicateurs de performance en vue de l'évaluation de la performance technico-économique du système de production de l'entreprise ou d'une de ses parties (Figure 1.6). La structure de pilotage se réfère à la grille GRAI (Doumeingts, 1984) qui fait apparaître les centres de décision pour chaque niveau (stratégique, tactique et opérationnel) et chacune des fonctions du système de production. Elle repose sur le triplet *objectif, mesure, variable* afin de concevoir et d'implanter dans tous les centres de décision un système d'indicateurs de performance. C'est une approche participative qui implique les futurs utilisateurs dans la définition des indicateurs à tous les niveaux de la hiérarchie. Elle a comme objectif d'aboutir à un nombre limité d'indicateurs par fonction et par niveau.

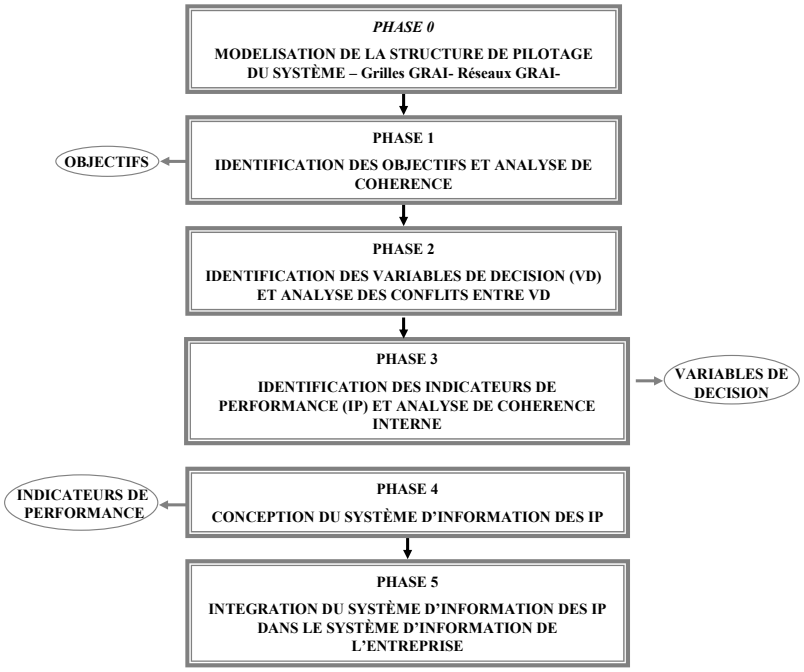


Figure 1.6 : Les six phases de la méthode ECOGRAI (Bitton, 1990)

La décomposition des objectifs se fait par niveau et par fonction. Chaque objectif se définit en cohérence avec les variables de décision afin d'assurer la contrôlabilité sur le système de production sur lequel il agit. Les mesures sont faites après la prise de décision par des indicateurs de performance afin de vérifier les résultats de la décision. Il est à souligner que la cohérence entre variables de décisions et objectifs est très importante à prendre en compte, elle a été décrite et développé dans les travaux de (Ducq, 2003).

3.4. Modèle SCOR

Le modèle SCOR développé par le SCC (Supply Chain Council, 1996) propose un modèle de référence de processus et un ensemble de métriques associés pouvant être utilisés dans le développement d'un système d'indicateurs de performance.

Le modèle SCOR se décompose en cinq types de macro processus : Planification (Plan), Approvisionnement (Source), Fabrication (Make), Livraison (Deliver) et Gestion de retours des produits (Return). Il comporte aussi quatre niveaux d'analyse. Le premier fournit un cadre d'analyse structuré sur la base des processus propres à toute chaîne logistique. Le niveau 2 s'intéresse aux catégories de processus permettant de définir la configuration de chaque chaîne en accord avec ses activités stratégiques. Le niveau 3 décompose chaque processus en

éléments plus détaillés permettant l'identification des flux d'entrées et de sorties, des indicateurs de performance et des meilleures pratiques pour chacun d'entre eux. Le niveau 4 est spécifique à chaque cas d'étude et consiste en le déploiement et la mise en oeuvre des processus et des bonnes pratiques (Figure 1.7).

L'approche SCOR propose de plus un ensemble d'indicateurs de performances pour chaque niveau de décomposition. Les indicateurs de niveau 1 sont pertinents pour contrôler la performance au niveau le plus agrégé, mais sont de moindre utilité lorsqu'il s'agit de diagnostiquer les causes de dégradation des performances. Les mesures de performance plus détaillées fournissent des précisions à l'analyse des dysfonctionnements. Ainsi en cohérence avec la hiérarchisation des modèles dans SCOR, chaque indicateur de niveau 1 est associé à un groupe d'indicateurs de niveaux 2 et 3, utiles pour diagnostiquer les causes de dysfonctionnements repérés au niveau 1.

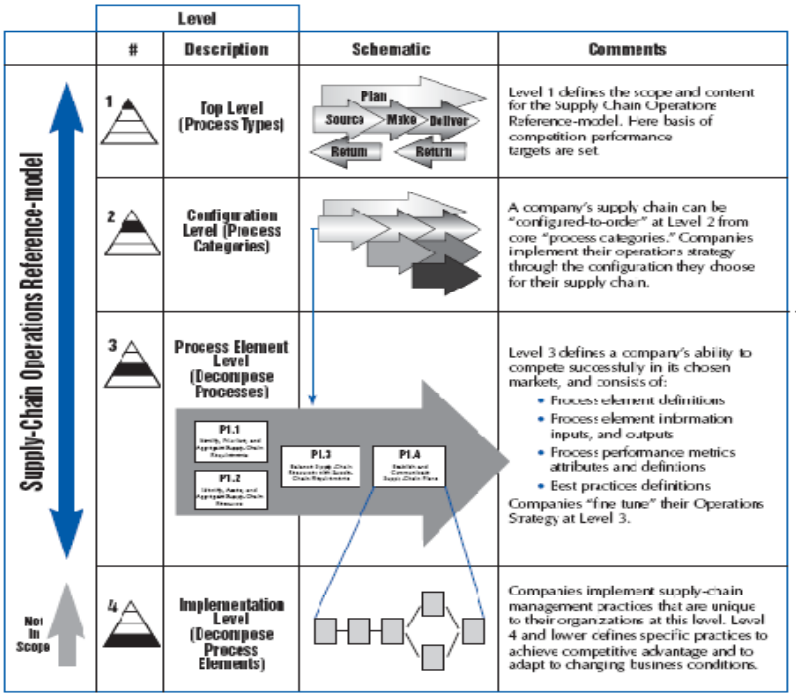


Figure 1.7 : Référentiel du modèle SCOR (Supply Chain Council, 2006)

L'intérêt de SCOR est rapporté dans les travaux de (Wong & Wong, 2008), qui mentionnent que les entreprises adoptant SCOR jouissent d'un format standard facilitant la communication et permettant ainsi d'opérer des Benchmarking. (Geary & Zonnenberg, 2000) citent une étude de Benchmarking qui montre que les chaînes logistiques ayant eu recours au modèle SCOR ont enregistré des gains financiers significatifs et des avantages au niveau opérationnel.

L'une des faiblesses du modèles SCOR demeure cependant l'absence de mécanismes d'agrégation permettant de montrer comment combiner des indicateurs définis à un niveau détaillé pour renseigner ceux définis au niveau agrégé. De plus, chaque organisation sélectionne parmi les métriques proposées par SCOR les indicateurs qu'elle estime utiles pour le pilotage de ses activités sans garantir la construction de tableaux de bord pertinents et cohérents à l'échelle de la chaîne logistique. D'après (Samuel et al., 2004), en dépit du fait que SCOR fournisse effectivement un cadre d'analyse et des indicateurs communs, l'approche est perçue par certains comme étant trop rigide et nécessitant des perfectionnements et améliorations significatives pour s'adapter à la complexité croissante des chaînes et aux changements fréquents à gérer.

3.5. Benchmarking

Une autre façon d'approcher le problème d'évaluation de performance est le Benchmarking. (Anderson et al., 1999) décrivent le Benchmarking, ou « Learning from others » comme étant la succession des étapes suivantes :

- **La mesure** de sa propre performance et celle des organisations de référence, avec comme objectif la comparaison et la réalisation d'améliorations
- **La comparaison** des niveaux de performance, des processus, et des pratiques
- **L'apprentissage des bonnes pratiques** détectées chez chaque partenaire pour introduire des améliorations au sein de sa propre organisation.
- **La mise en œuvre** de solutions améliorant la performance qui constitue l'ultime objectif du Benchmarking.

Le Benchmarking aussi bien interne qu'externe peut fournir des données précieuses en vue de l'amélioration de la performance (Tableau1.2).

	Secteur	Problématique	Type de Benchmarking	Benchmarking de la chaîne logistique	
				Objectifs d'étude	Résultats…
(Anderson et al, 1999)	Industrie des machines	Re-conception des business process et coopération avec fournisseurs	Varié (équipement d'agriculture, valves hydrauliques)	- Support décisionnel de faire ou acheter des composants complexes - Adaptation d'outils de communication pour la gestion opérationnelle de logistique produit, qualité, informations administratives - Méthodes supports et outils pour l'organisation et la gestion des fournisseurs	- Pas de pratiques particulières observées - Base de donnée centralisée, outil logiciel d'intégration fournisseurs - Identification de fournisseurs alternatifs et définition de fournisseurs préférés avec des accords et des contrats (transferts contrôle qualité)
(Gilmour, 1999)	Industrie automobile	Pratiques logistiques	Identique (automobiles dans différents pays)	Stratégie et organisation: - Stratégie de sélection de fournisseurs - Stratégie d'achat - Partage d'information Planning: - Planification des commandes - Développement produit - Business process - Transactions automatiques - Méthodes lancement d'achat - Point de livraison - Livraisons ponctuelles	-Évaluation des caractéristiques de la chaîne logistique - L'étude fournit un repère pour l'amélioration et le développement de la chaîne logistique - Des scores sont calculés pour chacune des entreprises participantes et des comparaisons sont élaborées
(Chan & Burns, 2002)	Diverses chaînes logistiques	Environnement stratégie et performance de la chaîne logistique	Varié composants électroniques, jouets, produits métalliques	Planification et contrôle de production (JAT, MRP,OPT, ERP)	- Trois catégories de différentes performances (Lean, agile, leagile) - Système de planification en exercice est en relation avec la performance organisationnelle - Subdivisions des chaînes logistiques

Tableau1.2 : Exemples de Benchmarking dans différentes activités et différents secteurs

Le Benchmarking intra-entreprise permet d'identifier quelle unité au sein de l'entreprise fonctionne de manière exemplaire.

Une fois les indicateurs internes générés et les données pertinentes de Benchmarking collectées, le Benchmarking inter-entreprises permet de contextualiser l'entreprise dans son environnement industriel, afin d'identifier les opportunités d'améliorations (Simatupang & Sridharan, 2004), (Wong &Wong, 2008). Typiquement, les entreprises ont recours au

Benchmarking externe afin d'étudier les pratiques industrielles des compétiteurs avec pour objectif l'amélioration de leur propre performance (Simatupang & Sridharan, 2004).

Il est possible de limiter la comparaison aux industries de même nature (caractéristiques similaires en termes de complexité du produit, distribution géographique, stratégie de production, …) (Gilmour, 1999) ou bien d'étendre l'analyse à des industries ayant d'autres caractéristiques. (Handfield & Straight, 2004) assurent qu'un effort de Benchmarking aussi bien interne qu'externe procure aux décideurs une base d'indicateurs intéressante pour comprendre comment orienter leurs efforts.

L'étude de (Hinton et al., 2000), qui portait sur plus de 500 organisations, révèle que le Benchmarking est un outil largement utilisé dans les entreprises anglaises. Toutefois, quelques difficultés d'utilisation, dues notamment à la taille de l'entreprise ou au secteur d'activité peuvent apparaître. Les problèmes majeurs relevés par l'étude sont l'identification des organisations de référence adéquates et le choix des données comparables.

En conclusion, *le benchmarking n'est pas tant l'observation des niveaux de performances des autres entreprises, que l'étude des pratiques qui mènent à ces performances*.

3.6. Récents travaux sur la performance

Les nouvelles approches d'analyse des processus dans la chaîne logistique qui visent la performance globale tiennent de plus en plus compte de l'existence et de la nature des interactions entre partenaires. (Fynes et al., 2004) évoquent par exemple un problème de coordination orienté vers la performance « qualité » en focalisant l'analyse sur les relations de confiance, d'engagement, d'adaptation, et de communication.
L'échange inter-organisationnel est ainsi cité par plusieurs auteurs comme source de performance (Shmitz & Platts, 2003), (Li et al., 2004), (Folan & Browne, 2005), (Samaddar et al., 2006). Encore faut-il vérifier l'interopérabilité organisationnelle évoquée dans les travaux de (Vallespir & Chapurlat, 2007) afin que cet échange inter-organisationnel soit réussi.

Certains articles relatent un cadre formalisé (performance measurement framework) pour la mesure de performance financière et non financière, qui structure des systèmes d'indicateurs de performances se déployant à l'échelle de la chaîne logistique. De nombreux auteurs (Zimmermann & Kohl, 2001), (Morana, 2002), (Lohman et al., 2004) proposent des systèmes d'indicateurs dérivés de l'approche de (Kaplan & Norton, 1992) s'appuyant sur une démarche structurée en quatre étapes :

- *Définition des objectifs et de la stratégie du système évalué*
- *Recherche des facteurs clés de succès sur les processus et des activités dont on doit améliorer la performance dans le cadre des objectifs fixés*
- *Recensement des facteurs influant sur la performance de l'activité et définition d'un plan d'action*
- *Définition des indicateurs et structuration sous la forme de tableaux de bord*

D'autres auteurs comme (Gunasekaran et al., 2004) caractérisent les processus clés de la chaîne logistique en les projetant sur les trois niveaux décisionnels (stratégique, tactique et opérationnel); ils proposent ainsi un système d'indicateurs de performance basé sur la gestion des coûts PBC (performance Based Costing System) intégrant les coûts engendrés par l'achat des nouvelles technologies de l'information, les coûts de production et autres.

(Beamon, 1999) catégorise les mesures de performance selon trois types (ressource, output, flexibilité) et développe les indicateurs qui s'y rapportent. (Folan & Browne, 2005) proposent une réflexion progressive allant des recommandations pour l'analyse du système à la définition d'un cadre formel de travail pour l'implantation d'un système de performance en vue d'une gestion efficace de la chaîne logistique. (Fynes et al., 2004) propose sept axes de performance à considérer: clients – partenaires – personnels – développement durable – actionnaires – processus interne – système d'information. Il propose en cela une extension de la démarche de (Kaplan & Norton, 1992).

D'autres auteurs tels que (Chan, 2003), (Tseng et al., 2009) suggèrent de ne pas réduire une analyse de performance à un seul domaine mais plutôt de formaliser et de structurer les indicateurs par une approche multicritère AHP en prenant en compte aussi bien les aspects financiers que non financiers.

En conclusion, les méthodes d'implantation des systèmes d'indicateurs de performances se sont succédées au cours de ces dernières années pour offrir un large panel d'outils à disposition des décideurs. Chacune de ces méthodes possède ses particularités et une démarche d'implantation propre.

L'approche et les développements menés dans cette thèse relèvent de l'évaluation de performance a priori

Le propos n'est pas de comparer ou arbitrer entre ces méthodes, mais plutôt de consolider l'idée d'une nécessité continuelle d'amélioration et de suivi de la performance. En effet, les méthodes citées plus haut sont orientées majoritairement vers l'évaluation de la performance en exploitation de chaînes logistiques existantes, ce que (Seuring, 2002) nomme performance a posteriori nécessitant des mesures d'indicateurs de performances et des actions correctives à envisager afin d'améliorer le système réel (Frein, 1998), (Tahon & Frein, 2000).
Dans le cadre de nos travaux, nous considérons certes que la performance d'une chaîne logistique existante constitue un objectif à atteindre. Cependant nos travaux s'attachent davantage à évaluer la performance a priori, au sens de (Seuring, 2002), par implémentation des liens contractuels entre partenaires en phase finale de conception de chaîne logistique.

4. Les démarches collaboratives dans la chaîne logistique

L'étude des outils et méthodes utilisées dans le domaine du SCM révèle la nécessité d'adopter des approches collaboratives entre partenaires de la chaîne logistique en vue d'accroître sa compétitivité.
Nous considérons avec (Jarillo, 1988) que la chaîne logistique répond à une justification stratégique. En effet, un partenariat d'entreprises est un arrangement profitable à long terme qui permet aux entreprises d'acquérir un avantage concurrentiel. Dans les réseaux stratégiques les interrelations entre entreprises occupent une importance prépondérante. Les entreprises, auparavant indépendantes, deviennent liées et donc dépendantes des comportements des autres partenaires. Il est à ce titre intéressant d'analyser les types de collaborations inter-entreprises. C'est l'objet des prochains paragraphes.

4.1. Collaboration vs partenariat

Dans (Le Run, 2003a), la notion de collaboration se confond avec celle de partenariat. Pour d'autres, une distinction est faite.

La collaboration : Pour (Min et al., 2005) il y a « collaboration » lorsque deux ou plusieurs organisations partagent la responsabilité de la planification, de l'exécution ou de l'évaluation d'un ensemble d'activités et lorsque cette gestion nécessite un échange d'information. (Schilli & Dai, 2006) précisent que la collaboration entre un donneur d'ordre et ses fournisseurs ne se réduit pas à la livraison de produits finis suite à une commande, c'est une relation stratégique qui couvre l'ensemble du cycle de vie des produits et qui implique les partenaires dans toutes les phases du développement du produit jusqu'à la livraison finale. Les exemples de collaboration suivants sont souvent relatés dans la littérature (Barratt, 2004),(Min et al., 2005): la planification de la production, les prévisions de vente, le développement de produits, la distribution conjointe, le réapprovisionnement et le contrôle de la qualité.

Le partenariat : Il implique un partage de ressources, de risques et de bénéfices entre deux ou plusieurs parties (Monczka et al., 1998). Pour assurer ce partage, les parties peuvent convenir d'un cadre juridique (co-entreprise). C'est pourquoi la notion de partenariat est souvent associée à des alliances stratégiques, il résulte d'un choix délibéré de part et d'autre et couvre tout le processus industriel depuis la conception jusqu'à la livraison du produit (Garrette & Donada, 1996).

(Lambert et al., 2004) précisent que le partenariat se déroule dans un climat de confiance mutuelle et d'ouverture, alors que la collaboration n'impliquerait pas nécessairement un tel climat. Au contraire, la collaboration pourrait se dérouler dans un climat de contrainte, une partie dominante imposant à l'autre l'obligation de travailler plus étroitement avec elle.
(Bruel, 2008) distingue les deux approches, en évoquant *la collaboration opérationnelle* et *le partenariat de codéveloppement*. Le premier cas est orienté essentiellement sur la simple amélioration de la performance logistique et de la gestion du flux physique, alors que dans le second cas l'entreprise cliente attend de son fournisseur une contribution réelle au développement de ses produits ou une capacité d'innovation en matière de technologie et de savoir-faire.

Collaboration : Entre qui ? Pour quoi faire?
Les travaux sur la collaboration au sein de la chaîne logistique ont suscité beaucoup d'intérêts et ont fait l'objet de nombreuses publications si bien qu'apparaît un certain flou sur l'objet de la collaboration, sur l'identité de l'activité dans la chaîne à laquelle on fait référence, ou encore le périmètre d'application (collaboration interne, collaboration inter-partenaires). Dans le tableau (Tableau1.3) une synthèse des différents points de vue est proposée.

Niveau étudié	Activités collaboratives traitées…	Échelle	Auteurs				
			(Barrat, 2004)	(Cohen , 2005)	(Howleg, 2003)	(Muckstadt, 2001)	(Sfeadler, 2007)
Stratégique	**Les systèmes collaboratifs**	Inter- organisationnelle					
	Système d'information		☑	☑		☑	☑
	Business process		☑	☑		☑	
	Système décisionnel					☑	
Tactique et opérationnel	**Les activités collaboratives**	Intra et inter organisationnelle					
	Planification de production		☑		☑		
	Prévision des ventes		☑	☑	☑		
	Gestion des stocks		☑	☑			
	Gestion de la commande			☑			

Tableau1.3: Synthèse des points de vue sur la collaboration

En effet, la collaboration n'est pas un concept univoque, il est systématiquement rattaché au point de vue de l'auteur. Ainsi, (Holweg et al., 2003) ne considèrent que la collaboration tactique (prévisions des ventes et planification de la production), alors que (Steadtler, 2007) n'évoque la collaboration qu'en référence aux systèmes d'information et ne traite ainsi que de collaboration stratégique inter-organisationnelle.

4.2. Pourquoi collaborer ?

En dépit du développement spectaculaire des NTIC et des facilités qu'elles procurent dans la possibilité d'une gestion intégrée de l'ensemble des activités dans la chaîne logistique (Power, 2005), les rapports de force et la méfiance entre partenaires persistent et rendent difficile la collaboration. Les réticences à s'engager dans une collaboration proviennent d'une méconnaissance des avantages qu'elle peut procurer, mais également de la complexité d'une démarche d'implantation de processus collaboratifs.
(Ayers, 1999) rappelle les propos de Porter concernant la stratégie et le positionnement concurrentiel des entreprises : « Tandis que les industriels dotés de la technologie nécessaire à la copie du produit peuvent dupliquer des activités isolées, les activités liées sont quant à elles plus difficiles à copier. L'unicité résultant de la collaboration mène à l'invulnérabilité ». (Handfield, 2004) argumente que la collaboration et la confiance semblent être des éléments incontournables et inséparables pour une gestion efficiente de la chaîne logistique.
D'après (Le Run, 2003a), la collaboration permet une meilleure efficacité opérationnelle globale. Les partenaires peuvent ainsi s'associer pour :

- La mise en commun de moyens tels que les transports, les entrepôts, les stocks, le système d'information, la technologie ou le personnel,
- Une redéfinition de la répartition des rôles entre partenaires en exploitant au mieux les compétences de chacun,
- Le partage des risques et/ou des coûts,
- La fabrication commune d'un produit,
- Le partage de la connaissance du marché, à l'instar du distributeur qui a la connaissance de la dynamique des points de vente, l'industriel détient celle du produit et de son impact sur les ventes.

La collaboration repose alors sur un partage d'information afin de fluidifier et synchroniser les flux. Les informations échangées peuvent être :

- la demande aux points de vente,
- la mesure de la performance globale,
- les prévisions par marché,
- la planification des livraisons, des stocks,
- la disponibilité des composants critiques,
- la vérification de l'adéquation charge/capacité,
- la traçabilité (en particulier dans le secteur de l'agroalimentaire)

Les partenaires apportent des ressources à la collaboration, mais en retour cette collaboration peut également contribuer à réduire certaines de leurs faiblesses par la mise en commun de méthodes, ressources, moyens, et connaissances métier. Chaque entreprise doit prendre conscience des gisements de performance liés à l'implantation d'une démarche collaborative.

Dans ce qui suit, nous regroupons les principaux avantages de la collaboration, limites et risques, mais aussi les principales bonnes pratiques d'améliorations de la collaboration (Tableau1.4).

Apports de la collaboration dans les Chaînes logistiques			
Avantages attendus		Risques associés	Bonnes pratiques
Client	Fournisseur		
- Accroissement des profits (Cohen & Roussel, 2005) - Diminution des Coûts de gestion de la commande (Cohen & Roussel, 2005) - Meilleure Précision des prévisions (Cohen & Roussel, 2005) (Holweg,2003) - Relation à long terme garantit le respect des délais d'approvisionnement (Le Run, 2003b)	- Baisse des coûts de stockages (Cohen & Roussel, 2005) (Le Run, 2003b) - Moins de ruptures (Cohen & Roussel, 2005)	**Pour le fournisseur** - Investissements risqués dans des secteurs trop spécifiques (Le Run, 2003b) - Difficulté de gestion liée au nombre d'interfaces avec les SI hétérogènes des différents collaborateurs (Le Run, 2003b) **Pour le client** - S'assurer de la compétitivité du fournisseur du produit stratégique (Le Run, 2003b)	- Positionnement de la collaboration en fonction de la maturité de la chaîne logistique (Cohen & Roussel, 2005) - Collaboration sur un produit stable (Holweg,2003) - Diversification du portefeuille produit (Le Run,2003) - Échange d'information (Barrat, 2004) - Développement d'une relation de confiance (Barrat, 2004), (Mazlan & ali, 2006) - Communication (Barrat, 2004) , (Miccolis et al, 2003) - Étude de l'historique de la relation en vue d'une amélioration (Roy et al, 2006)
Avantages communs - Réduction des niveaux de stock (Howleg, 2003) (Cohen & Roussel, 2005) (Le Run, 2003b) - Taux de service amélioré (Howleg, 2003) (Cohen & Roussel, 2005) - Amélioration de la réactivité par accroissement de l'anticipation (partage des prévisions) et réaction solidaire face aux incertitudes (Le Run, 2003b) - Amélioration de flexibilité par les prévisions des charges, la prise en compte des besoins réels (Le Run, 2003b) - Exploitation efficace des ressources (Cohen & Roussel, 2005), (Le Run, 2003b)		**Limites au niveau de la chaîne logistique** (Le Run ,2003b) - Crainte de perte d'autonomie - Difficulté de mettre en place de relation gagnant-gagnant - Difficulté liée à l'identification des bénéfices à partager - Tension dans le climat de collaboration - Abondance des solutions et outils de gestion d'exécution et de planification.	

Tableau1.4 : Avantages et risques liés à la collaboration

4.3. Le degré de collaboration

(Holweg et al., 2003) évoquent la difficulté que rencontrent les entreprises lorsqu'il s'agit de choisir les stratégies de collaboration à adopter. Il est important d'exploiter le processus collaboratif devant conduire à l'amélioration de la chaîne logistique. En particulier, il est nécessaire de bien analyser le type de relation qui lie les partenaires, afin d'identifier le degré de collaboration nécessaire et les échanges qui s'ensuivent. (Figure 1.8)
En effet, deux entreprises qui sont amenées à travailler ensemble durant tout le cycle de vie du produit (de sa conception à sa distribution) exprimeront des besoins différents de ceux de deux partenaires liés par une simple contrainte d'approvisionnement. La notion de degré de collaboration se retrouve également dans les travaux de (Muckstadt et al., 2001), (Frayret, 2003), (Cohen & Roussel, 2005).

C'est le degré de collaboration qui définit les exigences d'échange entre les partenaires de la CL

La figure (Figure 1.8) exprime une évolution progressive de la relation collaborative, depuis des échanges basiques en terme de prévisions de ventes jusqu'à des échanges plus élaborés tels que des prises de décisions conjointes. Nous remarquons que l'usage des termes peut être trompeur. En effet, entre (Mukstadt et al., 2001) et (Cohen & Roussel, 2005), les termes coordination et coopération ne renferment pas les mêmes exigences en termes d'échanges d'information et d'activités communes. Pour (Mukstadt et al., 2001) la coopération est plus évoluée que la

coordination, au contraire de (Cohen & Roussel, 2005). Ce constat nous amène à la prudence quant aux termes utilisés.

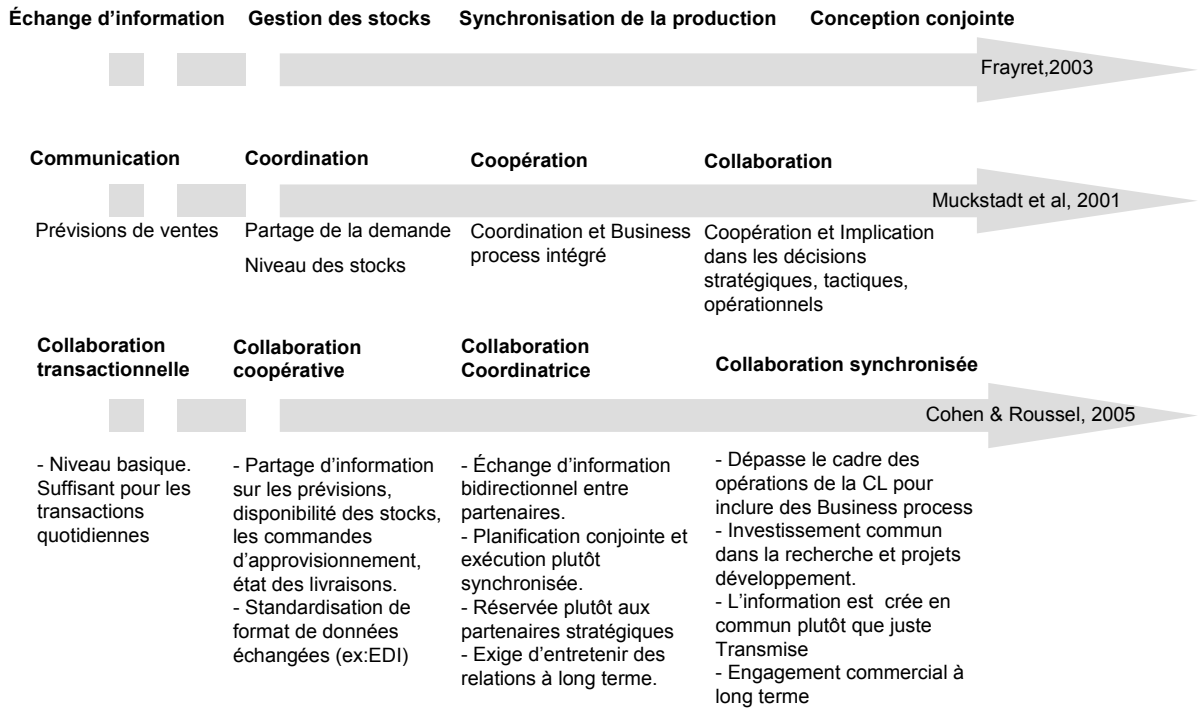


Figure 1.8 : Degrés de collaboration

4.4. Les approches collaboratives du SCM

Divers principes de déploiement des processus collaboratifs d'approvisionnement ont été proposés, depuis la saisie des données relatives à la demande aux points de vente jusqu'à leur transfert aux partenaires amont, de façon à mieux planifier et synchroniser les activités de réapprovisionnement avec les besoins exprimés par les consommateurs. Dans cette logique d'intégration et synchronisation des activités (Botta-Genoulaz, 2005) s'est intéressée aux différents principes et méthodes pour l'optimisation du pilotage des chaînes logistiques.

Selon que les activités de réapprovisionnement sont gérées par le fabricant seul ou de façon bilatérale, on parle de VMI – Vendor Managed Inventory ou de CPFR – Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment. Cette visibilité accrue à travers la chaîne, permet de réduire les erreurs de prévisions qui ont tendance à s'amplifier de l'aval vers l'amont (effet Bullwhip). On notera également que le champ de la collaboration n'est pas le même selon le produit considéré, ni selon le partenaire avec lequel l'entreprise souhaite coopérer. Ainsi, au fur et à mesure que la relation se développe, que la confiance s'instaure et qu'une collaboration s'impose, les partenaires deviennent enclins à échanger de plus en plus d'informations. Parmi les approches collaboratives, citons :

- **ECR** *(Efficient Consumer Response* ou *Efficacité et réactivité au service du consommateur*). ECR est une stratégie, consistant à faire collaborer les fournisseurs et entreprises intermédiaires dans le but de produire le meilleur résultat pour le client final. Les pratiques de l'ECR concernent le développement de «stratégies de collaboration» plutôt que l'émergence d'un nouveau concept de management (Soret et al., 2008). Une récente enquête a montré que les fournisseurs ayant adopté des pratiques ECR profitent d'économies de coûts; cependant ces mêmes entreprises

affirment que la répartition des bénéfices n'est qu'à l'avantage des distributeurs (Corsten et Kumar, 2005).

- **GPA** *(Gestion Partagée des Approvisionnements - Echange d'informations opérationnelles)*. La GPA est l'une des formes de collaboration les plus répandues. Un fournisseur et son client s'occupent conjointement de la gestion des approvisionnements du client. Le client accepte de céder partiellement ou totalement la gestion du réapprovisionnement de ses entrepôts à son fournisseur. Le fournisseur reçoit des informations sur les données de consommation des stocks, grâce à des échanges EDI ou par d'autres formes de communication convenues avec le client. Le fournisseur a accès en temps réel aux quantités disponibles chez son client. En cas de nécessité, et en fonction des engagements liant les partenaires, le fournisseur prend l'initiative de réapprovisionner les stocks ayant atteint le seuil minimum. Les livraisons ne sont pas effectuées périodiquement mais lorsque les linéaires sont sur le point d'être en rupture. Le client passe ainsi d'une logique de flux poussé à une logique de flux tiré. En adoptant cette démarche collaborative, le fournisseur devient co-responsable de l'approvisionnement des entrepôts de son client. A partir des informations concernant les stocks et/ou les ventes transmises par le distributeur, l'industriel peut lui-même calculer ses prévisions de besoins et adapter sa production et ses ressources logistiques. L'objectif de la GPA est en définitive de diminuer, à la fois, les niveaux de stocks, les temps de réapprovisionnement et le coût total de la chaîne logistique.

- **VMI** *(Vendor Managed Inventory - Pilotage des niveaux de stock par les consommations)*. Le VMI est une forme de GPA dans laquelle le client cède totalement la gestion des approvisionnements de ses entrepôts au fabricant du produit. Le client est propriétaire des installations fixes et s'occupe de la vente des produits alors que le fabricant assure seul la responsabilité du réapprovisionnement en fonction des données de ventes qui lui sont transmises. Le fabricant décide des échéances et des quantités de livraisons sans avoir besoin d'un accord préalable du client distributeur.

- **CPFR** (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment). Le CPFR est une méthode de collaboration ouverte entre les distributeurs et les fournisseurs. Dans ce processus collaboratif, la collaboration se fait à un niveau stratégique car les partenaires acceptent de mettre en commun leurs plans commerciaux.

  Il s'agit d'établir des prévisions uniques et partagées entre les membres d'une filière. Le CPFR est une démarche de gestion collaborative et globale de la chaîne d'approvisionnement plus ambitieuse que la gestion partagée des approvisionnements (GPA), car il inclut les forces du marketing et du commercial tout en proposant une réponse à la gestion des promotions (Le Run, 2003a).

  Le CPFR planifie les plans d'approvisionnement, la GPA les gère

  (Le Run, 2003a)

  Le CPFR n'est pas limité à l'échange de politiques de réapprovisionnement mais est étendu à d'autres tâches (gestion collaborative des transactions, gestion de la demande et des approvisionnements, planification des ventes et opérations promotionnelles collaboratives) dans l'optique d'établir des prévisions uniques.

4.5. Le cadrage de la collaboration par contrat

Les approches de collaboration partenariale (citées au § 4.4) s'établissent entre différentes activités de la chaîne logistique avec différents degrés d'intensité. Comme mentionné dans (Cohen & Roussel, 2005), la collaboration n'est pas une démarche altruiste. Il s'agit d'une initiative stratégique procurant à l'ensemble du réseau logistique une meilleure intégration et visibilité en vue de la réalisation de gains financiers et la pérennisation de l'activité industrielle face au marché concurrentiel.

Une collaboration réussie délivre des bienfaits économiquement quantifiables pour chacun des partenaires. Les engagements fondant une collaboration sont cautionnés par contrat. Au sein d'une chaîne logistique composée de divers acteurs (producteur, fournisseur, prestataire, sous-traitants), divers contrats coexistent pour fixer la nature de l'échange et des engagements liant les différents partenaires.
Nous trouvons ainsi des contrats d'approvisionnement avec les fournisseurs, des contrats d'externalisation d'une activité chez un prestataire, des contrats de sous-traitance... En fonction des exigences et des intérêts des parties prenantes, des clauses adaptées y sont formulées, délimitant le cadre de la collaboration pour veiller au bon déroulement des activités (Arshinder et al., 2008).
(Paché & Splanzani, 2002) définissent le contrat comme *un instrument permettant de mettre en pratique la forme organisationnelle retenue.*

Dans le cadre de ce travail, nous percevons la collaboration au sens de (Min et al., 2005) et (Bruel, 2008) (§4.1). En définitive, la collaboration dont il est sujet dans cette thèse concerne les activités de partage d'information au *niveau tactique* dans le but d'élaborer les processus de planification de production entre entreprises travaillant à la commande. Le réseau logistique est considéré comme établi et les produits à commercialiser industrialisés.

Dans nos travaux la chaîne logistique est mise en place et le produit déjà conçu

La collaboration en vue du développement commun de produits demeure en dehors du champ de la présente thèse, ainsi que la phase préalable d'organisation de la chaîne logistique, consistant en particulier à sélectionner les partenaires.

Les contrats d'approvisionnement entre client et fournisseur ont pour objectif de réguler l'approvisionnement en matières premières ou en produits semi-finis nécessaires à la fabrication du produit fini.
Dans leur forme rudimentaire, les relations d'approvisionnement client-fournisseur ne sont en effet pas exemptes de risques et peuvent générer des dysfonctionnements notoires au niveau de la chaîne logistique, lorsque ces relations ne sont pas bien cadrées.

Les modalités d'exécution de la commande doivent être explicitées en référence à l'objectif à atteindre, notamment quant aux exigences et aux attentes des parties, aux engagements et aux capacités que chacune promet d'offrir. C'est tout l'objet des contrats d'approvisionnement que de cadrer la collaboration et contribuer à l'accomplissement des objectifs de performance de la chaîne prise dans son ensemble.

5. Pratiques industrielles du SCM

Dans les parties précédentes nous avons pu parcourir un ensemble de concepts et de pratiques (Mesure de performance, Benchmarking, Collaboration) pouvant être mises en œuvre afin de mener la chaîne logistique vers un positionnement concurrentiel intéressant.

Pour illustrer par l'exemple les apports du SCM et les pratiques présentées dans ce chapitre, nous présentons un ensemble de cas réels de chaînes logistiques issues de différents secteurs industriels (automobile, textile, manufacturier, chimie, hautes technologies…). Ces exemples ont été collectés à partir de (Taylor, 2003) et de l'ouvrage de (Cohen & Roussel, 2005), ainsi que des publications décrivant ces cas.

Ce qu'apporte la recherche en SCM se manifeste dans l'industrie…

Nous nous sommes attachés à l'analyse comparative de ces différents cas. Nous avons distingué le cas des chaînes logistiques organisées par des leaders du marché, visant à maintenir ce leadership, notées : *leader* (Tableau1.5, Tableau1.6), du cas des chaînes en reconquête d'un positionnement concurrentiel, notées : *à améliorer* (Tableau1.7, Tableau1.8).

L'analyse de ces cas réels s'effectue selon plusieurs axes. D'une part, nous nous proposons de situer le contexte industriel et l'enjeu stratégique de la chaîne logistique en question, d'autre part, nous observons les points forts pour les « leaders », les points à entreprendre pour les chaînes « à améliorer », les bonnes pratiques, et quelques résultats chiffrés.

CL leader	Contexte	Enjeu	Observations	Les points forts	Résultats
DELL Producteur de PC portables	Les concurrents de DELL sont démunis face au marché capricieux qui leur impose des coûts de stockage très onéreux DELL révolutionne le business model de l'industrie des ordinateurs. La fabrication se fait en flux tiré au lieu de flux poussé, Le ATO (Assemble to Order) est adopté	Face à un produit très complexe, choisir la bonne politique de gestion en ATO est vital pour réussir	Assemblage du PC et expédition directe au client final La configuration du PC se fait par le client via le portail Web de DELL La possibilité de configuration personnelle améliore la productivité	La flexibilité de configuration offerte au client final constitue un véritable levier de performance Le potentiel d'internet a été perçu très tôt par DELL en 1996 (Magalitta, 1997), (Taylor, 2003)	La reconfiguration de la CL de DELL a permis de réaliser un gain de 50 millions $/jour Faibles niveaux de stocks & économies d'échelles (stockage des composants moins cher que le stockage de produits finis) Les délais de fabrication sont imbattables comparés aux concurrents
EPSON Constructeur d'imprimantes	Large portefeuille produit: consommables, scanners, semi-conducteurs, cristaux LCD Beaucoup de risques générés à cause de la complexité des coûts, variété des processus, alourdissement du système d'information	Mieux répondre aux exigences d'une clientèle diversifiée	Le choix d'Epson a été de construire un ensemble de CL, chacune avec ses fournisseurs et sous traitants	Focalisation sur les activités proches du client Participation à plusieurs CL Les CL ont comme maillon terminal commun EPSON qui gère les activités proches du client (commandes et distributions)	Un gain substantiel en efficacité est observé compte tenu d'une telle diversité de produits Une amélioration du taux de service
MICHELIN Fabricant de pneus	Deux segments développés: - 1ère monte (Constructeurs automobiles) - 2ème monte (Distributeurs de pneus) Le constructeur automobile est très exigent. Il est demandé à MICHELIN de livrer en juste à temps les produits directement sur la ligne d'assemblage	Participer à une politique globale d'amélioration de performance d'une CL	Faible marge libérée par le constructeur comparée à la marge du segment de service Cependant MICHELIN priorise les exigences du constructeur (fiabilité, livraisons à temps), les autres détaillants et distributeurs pouvant attendre puisqu'ils gardent toujours un certain stock	Positionnement sur deux segments bénéfiques (les ventes de produits de remplacement sont rentables) Satisfaction du client au mieux, au risque de pénalités de retard	Fonctionnement performant de la CL automobile dans laquelle s'inscrit le fournisseur MICHELIN.

Tableau1.5 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *Leaders (1/2)*

CL leader	Contexte	Enjeu	Observations	Les points forts	Résultats
SHELL CHEMICALS Industrie pétrochimique	SHELL est un fournisseur majeur pour beaucoup d'industries chimiques	Segmenter ses clients en développant des relations privilégiées avec les plus stratégiques Mettre en œuvre des processus collaboratifs privilégiés, à l'initiative du fournisseur SHELL	L'objectif est d'offrir aux clients une solution de gestion des stocks *SIMON* (Supplier Inventory Management Order Network) Les clients s'engagent à désigner SHELL comme leur fournisseur exclusif des produits gérés sous SIMON SHELL perçoit quotidiennement l'état des stocks et des prévisions, enclenche le réapprovisionnement dès que les niveaux de stocks ont atteint un certain seuil	Simplification des processus d'approvisionnement Intégration des systèmes d'informations avec les clients afin de pouvoir partager des informations L'outil SIMON ne peut fonctionner avec des stocks provenant d'autres fournisseurs. L'objectif étant d'induire les clients à s'approvisionner chez SHELL	Économie chez le client des frais administratifs de passation de commandes Allégement du processus de gestion de stock Positionnement en fournisseur exclusif pour SHELL Développement de relations étroites avec ses clients conférant à SHELL un sérieux avantage stratégique
WALL MART Détaillant agro-alimentaire	10 à 11% du prix de vente est consacré au management des activités de la CL. (commandes, expédition, entreposage)	Adopter des facteurs d'amélioration: la technologie et la réduction des coûts opérationnels	Écoulement très rapide des marchandises (Beirlein & Miller, 2000) Capacité de fonctionner avec des coûts historiquement bas, en particulier les coûts de stockage	Utilisation d'EDI avec les fournisseurs (Meindle, 2001) Grand espace commun de stockage et entreposage (Meindle, 2001)	63% des ventes se font avant de payer les Fournisseurs Réduction des coûts de 5 ~ 6 %. Neutralisation des coûts de commande Raccourcissement des délais
ZARA Industrie textile, prêt à porter	L'industrie du textile est caractérisée par les points suivants: - cycle de production de 1 mois environ - cycle total (conception, production, mise sur le marché) de 9mois environ - Taux de rebut de 10% - Stocks (40% à 50%)	Dans un marché très fluctuant, tendre vers une politique sans stock tout en maintenant une réactivité suffisante	Multiplication des sous traitants: environ 300 sous-traitants, très flexibles pour faire face à la demande Reconnue comme étant la plus réactive des CL européennes et américaines dans son secteur. (Fernie & Sparks, 2004)	Investissement significatif dans les technologies NTIC (Remontée d'information automatique depuis les 646 points de vente (Ayadi,2006) Adoption de l' ECR (Efficient Customer Response) Adoption de sous-approvisionnement (tolérer des ruptures plutôt que de stocks)	Un cycle de production de 15 jours Cycle total 30 jours Taux de rebut avoisine 1% Stocks (15 à 20%)

Tableau1.6 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *Leaders (2/2)*

Autre CL	Contexte	Enjeu	Observations	Les strategies d'amélioration	Résultats
APPLE Producteur de PC	En 1997, APPLE perd 1 milliard de dollars et se retrouve presque en faillite	Repositionner l'entreprise Rechercher des stratégies, des comportements et des méthodes	Lourdeur et difficulté de management du portefeuille produit (19 en tout) Accroissement de stock constituant une menace pour l'existence du groupe sur le marché	Faire revenir Steve Jobs (co fondateur) ça reste une stratégie ! Réduction du portefeuille produit (panel de 4 produits) Adoption des techniques du JAT (juste à temps) Révision du système de prévision des ventes Effort de réduction des stocks (Taylor, 2003)	Deux ans ont suffi au groupe pour redresser les comptes Diminution de la durée d'immobilisation des stocks (de un mois à quelques jours) Diminution des stocks de 94 % Accroissement de la marge réalisée de 40%
BASF Industrie chimique	Détérioration de l'efficacité et incertitude sur les performances de l'entreprise	Accroître la performance Lancer un Benchmarking Observer ce que font les concurrents au sujet des opérations majeures de leurs CL (Core supply chain operations)	Un Benchmarking interne est effectué entre 13 business units Un Benchmarking externe est mené sur un échantillon d'industries concurrentes	Détermination des leviers de performance intéressants par Benchmarking externe Justification des changements internes par analyse des résultats chez les concurrents	Identification des cibles d'amélioration et élaboration d'un plan d'action pour réhabiliter les activités en interne
CHRYSLER Constructeur automobile	Perte de 664 millions de dollars dans les années 80 Le groupe expérimente des techniques du « lean manufcaturing »	Gagner un positionnement sur le marché grâce aux relations partenariales	Adoption d'une politique de collaboration avec les fournisseurs Implantation de plus de 5300 idées suggérées par les fournisseurs apportant un gain annuel d'environ 1,7 milliards de dollars (Taylor, 2003)	Élaboration de Cross functional teams Rapprochement de certains fournisseurs et implication de ces derniers dans les activités de conception de nouvelles générations de voitures Développement de relations durables à long terme avec les fournisseurs Partage de gains avec les fournisseurs.	Chute des coûts de développement de nouveaux produits de 40% Diminution du cycle de développement de 234 semaines à 160 Augmentation du profit par véhicule de 250 $ (1980) à 2110$ (augmentation historique de 844%)

Tableau1.7 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *à améliorer (1/2)*

Autre CL	Contexte	Enjeu	Observations	Les strategies d'amélioration	Résultats
CISCO Fournisseurs d'équipements de gestion de réseau	CISCO est entourée de partenaires compétitifs lui permettant de se focaliser sur son cœur métier : innovation et croissance rapide Marché en choc en 2001: CISCO possède 2,2 milliard de stocks (Suite à une chute brutale du marché)	Développer une planification pertinente des activités afin d'éviter l'excédent de stock	CL complexe sans planification robuste avec les partenaires. Incapacité de percevoir et de répondre rapidement aux changements du marché Prévisions de ventes peu fiables, contrats d'approvisionnements trop rigides (Berinato, 2001)	Adoption d'une solution Internet e-Hub afin de partager un environnement commun avec ses fournisseurs clés, distributeurs, et sous traitants Amélioration de la collaboration amont	Amélioration du processus collaboratif Retour progressif à son positionnement (Taylor, 2003)
NOKIA Téléphonie mobile	La crise de 1995 génère des pertes de bénéfice et un ralentissement des ventes Nécessité de passer à une stratégie de rentabilité	Ajuster les stratégies en fonction de la trajectoire de croissance Élargir le portefeuille produit Respecter les objectifs de qualité, prévisions et productivité	Doit produire 100.000 unités/jour et non plus les 100.000 unités/mois ! Transition vers une production à fort débit Problèmes de stocks excessifs et de qualité avec les fournisseurs principaux	Développement de nouvelles CL en Europe, Asie, Etats-Unis Amélioration des axes : productivité qualité, développement de relations fournisseurs, planification, et intégration.	En neuf mois, l'immobilisation de stock passe de 154 à 68 jours avec un bénéfice de 450 millions de dollars Aujourd'hui la CL de NOKIA fait référence
SIEMENS Solutions médicales de hautes technologies	SIEMENS CT élabore des machines et dispositifs médicaux de haute technologie très onéreux, de l'ordre de un demi million de dollars Dans les années 2000, Siemens CT est confrontée à des augmentations de coût qui menacent sa position sur le marché (Taylor, 2003)	Déterminer une stratégie de CL en adéquation avec les spécificité des produits complexes et onéreux	Beaucoup de stockage de produits finis Peu de collaboration avec les partenaires Repenser le fonctionnement des processus approvisionnement, assemblage et livraisons des produits finis	Réorganisation de la compagnie en structure d'équipes Développement des relations fournisseurs Attribution de récompenses pour livraisons ponctuelles Élimination des activités d'entreposage sans valeur ajoutée Adoption des techniques de JAT (production en flux tendu) Livraison par fret aérien pour les clients hors d'Europe.	Cycle de fabrication réduit de 22 à 2 semaines) Taux de service variant entre 60% et 99,3% Réduction des stocks de 40%, d'espace de travail de 50% et délai d'assemblage de 76% Réduction des coûts totaux de 30%

Tableau1.8 : Recueil des pratiques SCM de chaînes logistiques *à améliorer (2/2)*

6. Synthèse, problématique et objectifs de la thèse

En définitive…

Ayant parcouru les différents fondements des chaînes logistiques, leur structuration, leurs objectifs, leurs outils de gestion et les méthodes d'évaluation de performance qui leur sont dédiées, nous pouvons à ce stade extraire quelques observations qui vont conditionner nos travaux.

- La complexité du réseau de partenaires est intrinsèquement liée à la multiplicité des acteurs qui le constituent, à leur nature hétérogène (§1.2) et aux divers flux à maîtriser (§ 1.1).

- La performance est complexe à contrôler (notamment par le déploiement de systèmes d'indicateurs de performance) au vu des différents processus à considérer (§ 3.3), des différents acteurs à intégrer (§3.2) et des différents niveaux décisionnels au sein desquels les indicateurs sont déclinés (§2.3).

- La pluralité des modes de pilotage : Pour contrôler et planifier adéquatement l'ensemble des activités de la chaîne, il est fondamental de développer une architecture de pilotage de la chaîne logistique qui soit cohérente avec l'organisation de chaque partenaire (§1.3.3).

Au regard de ces points observés, renforcer la collaboration et soigner les relations entre différents acteurs s'avère être une démarche primordiale (§ 4) pour intégrer au mieux l'ensemble des processus décisionnels survenant au long de la chaîne et améliorer de la sorte les performances industrielles. En effet, la démarche collaborative peut être positionnée sur différentes activités (§ 4.1) et différents niveaux décisionnels, avec un objectif intra ou plus souvent inter-organisationnel, portant sur des échéances allant du court au long terme (§ 4.1).

Les avantages des stratégies collaboratives ont été confirmés par l'analyse des pratiques industrielles (§ 5).

Notre positionnement…

Dans nos travaux, nous étudions la collaboration à un niveau tactique, celui de la *planification de la production et des approvisionnements*. Les activités de collaboration en conception ou en développement de nouveaux produits ne font pas partie du périmètre d'étude. Considérant chaque acteur comme autonome dans l'élaboration de ses plans de production, livraison et approvisionnement, nous optons pour une architecture de pilotage distribué pour contrôler l'ensemble des activités de la chaîne logistique. Bien que débutant autour d'une vision client-fournisseur, notre analyse s'étendra à l'ensemble de la chaîne, afin de percevoir dans quelle mesure la performance propre à chaque partenaire influe sur la performance globale.

Nous avons relaté dans ce chapitre les principales méthodes d'analyse de performance a posteriori. Ces performances sont naturellement aussi celles que l'on cherche à garantir à priori, c'est-à-dire en phase de finalisation du partenariat et de contractualisation. Nous choisissons de considérer la performance sous un angle essentiellement économique. La performance globale de la chaîne aura pour valeur la somme des coûts et profits locaux. En

d'autres termes, nous cherchons à agréger les performances techniques sous forme de performance économique.
Enfin, nous centrons notre analyse sur les activités d'approvisionnement en nous focalisant sur les contrats d'approvisionnement (Supply Contracts). Leur rôle est en effet, au-delà de la dimension juridique qui n'est pas étudiée ici, de cadrer les échanges entre client et fournisseur au travers d'engagements visant à coordonner les activités des acteurs dans leur relation d'approvisionnement, ce qui à nos yeux constitue un mécanisme de collaboration tout à fait central.

La problématique…

Un tel contexte pose alors deux interrogations majeures auxquelles nous nous attacherons à répondre dans les chapitres suivants :

La première préoccupation relève du niveau stratégique : *En quoi les contrats d'approvisionnement sont-ils pertinents pour les acteurs d'une chaîne logistique ? Quelles sont les contraintes qu'ils imposent dans une relation d'approvisionnement ? Comment peuvent-ils contribuer à améliorer les performances des partenaires industriels?*

En effet, les acteurs d'une chaîne logistique concourent ensemble à la réalisation d'un produit destiné au client final. Ils sont amenés à travailler ensemble, à s'échanger des informations et à transmettre leurs plans d'approvisionnement…. La relation contractuelle qui lie les partenaires cadre leurs rapports et régit leurs comportements mutuels. Nous ferons une analyse plus poussée de cette relation contractuelle en essayant de déterminer les motivations d'une contractualisation, et qui sous-tendent les clauses du contrat.
Nous proposerons un cadre d'analyse support à la contractualisation, fondé sur les motivations de la contractualisation, sur les risques inhérents à une collaboration non cadrée, sur les domaines de performances à respecter et sur les clauses à porter dans un contrat, au vu des exigences de chacune des parties (Chapitre II).

La deuxième préoccupation relève du niveau tactique : C*omment la performance de la chaîne peut-elle être impactée par l'adoption d'un contrat d'approvisionnement plutôt qu'un autre ? A qui profite tel engagement d'approvisionnement plutôt qu'un autre?*

En effet, le cadre d'analyse proposé en réponse aux enjeux stratégiques d'une collaboration renforce l'idée qu'un contrat d'approvisionnement n'est pas unique et doit être adapté au contexte dans lequel les partenaires souhaitent travailler. Les clauses stipulées dans le contrat d'approvisionnement conditionnent les modalités d'échange des matières, la dynamique d'approvisionnement et définissent les comportements à adopter. Dans cette logique, nous nous proposons de faire une étude de deux contrats et d'analyser en quoi le choix et le paramétrage des clauses contractuelles peut avoir une incidence sur la performance de la chaîne logistique.

Notre démarche s'appuie en définitive sur les phases suivantes :

- Elaboration d'un cas d'étude de chaîne logistique, afin de valider par simulation nos propositions

- Elaboration d'un modèle analytique pour la planification des activités de production, d'approvisionnement, de stockage et de livraison. Le critère d'optimisation retenu est

le profit généré. Ce modèle sera instanciable dans chaque entreprise du cas d'étude considéré.

- Elaboration d'une plateforme de simulation en vue d'implémenter le modèle analytique développé.

- Formalisation des contraintes issues de l'adoption d'un contrat d'approvisionnement donné

- Réalisation d'une série de simulations permettant d'évaluer la performance a priori de la chaîne afin de conclure sur l'utilité d'un engagement plutôt qu'un autre et en conséquence sur les conditions qui justifieraient l'adoption de certains contrats d'approvisionnement.

Chapitre II

Cadre d'analyse support à la contractualisation de la relation d'approvisionnement dans les chaînes logistiques

Sommaire

Introduction 52
1. La notion de risque dans la chaîne logistique 52
1.1. Concepts associés aux risques 53
1.2. Typologie des risques dans la chaîne logistique 54
1.3. Prévention des risques en logistique 56
1.3.1. Notion de gestion des risques issue de la littérature 56
1.3.2. Notion de gestion des risques issue des interviews industriels 57
2. Les contrats d'approvisionnement 59
2.1. Définition et rôle du contrat d'approvisionnement 59
2.2. Motivations de contractualisation 60
2.3. Clauses et engagements contractuels 62
3. Influence des contrats sur la performance de la chaîne logistique 63
3.1. Couverture des évènements redoutés par des clauses 63
3.2. Typologie des relations d'approvisionnement et son rôle dans la définition des ER 65
3.3. Domaines de performance: une approche basée sur SCOR 68
3.4. Synthèse des travaux sur les «supply contracts» 68
4. Proposition d'un cadre d'analyse support à la contractualisation 70
4.1. Objectifs du cadre proposé 70
4.2. Principe 70
4.3. Formalisme utilisé 71
4.4. Démarche d'analyse 72
4.5. Généralisation à l'analyse bi-partite de la relation client-fournisseur 74
4.5.1. Les écarts d'utilité des clauses 75
4.5.2. Classement des écarts d'utilité 76
5. Application du cadre d'analyse à des cas industriels 76
5.1. Exemple issu de l'industrie agro-alimentaire 76
5.1.1. Contexte de la relation d'approvisionnement 76
5.1.2. Déroulement de l'analyse 77
5.1.3. Discussion & Analyse 78
5.2. Exemple issu l'industrie aéronautique 79
5.2.1. Contexte de la relation d'approvisionnement 79
5.2.2. Déroulement de l'anlayse 80
5.2.3. Discussion & Analyse 80
Conclusion 82

Introduction

La tendance des entreprises à s'inscrire dans des partenariats logistiques expose chacune d'elles à des risques externes. Ces risques, au-delà des impondérables (aléas climatiques notamment) sont essentiellement de nature opérationnelle et concernent les erreurs humaines, les problèmes d'approvisionnement et de transport, ou encore la qualité du produit.

Ce constat oblige les décideurs à mettre en place des solutions qui permettent de pallier les aléas et de limiter les risques au sein d'une relation partenariale. Dans (Simchi-Levi et al., 2007), les auteurs mettent en avant certaines orientations visant à réduire le nombre de situations à risque : *détection des aléas et la réaction à ceux-ci, adaptabilité et flexibilité, redondance* telle que le multisourcing (multiplier les sources d'approvisionnement) *et optimisation globale* par l'intégration des fonctions. Parmi les actions mises en œuvre pour réduire les risques envers chaque partenaire figure la contractualisation. Par l'établissement d'un contrat, deux partenaires définissent de manière détaillée la relation qui les unit, précisant les modalités de fonctionnement et garantissant l'intérêt de chacun. Ainsi donc, la notion de contrat est intimement liée aux exigences de chaque entreprise en termes de maîtrise des risques et d'amélioration de performance. La difficulté inhérente à la contractualisation réside dans la recherche d'un consensus entre partenaires permettant à chacun de se prémunir contre certaines menaces, sous réserve que les clauses portées au contrat soient pertinentes et leurs utilités opportunes pour les contractants.

Dans ce chapitre, nous nous proposons dans un premier temps de définir la notion de risque dans un contexte de pilotage de chaîne logistique, et de suggérer une première classification des risques. Bien évidemment, il ne s'agira pas ici d'en faire une liste exhaustive, tant le nombre d'événements perturbateurs semble important. L'analyse tentera de mettre en avant les principales familles de risques vis-à-vis desquelles le contrat tente de protéger les partenaires.
La seconde partie s'intéressera à l'objet des contrats, en focalisant le propos sur les motivations qui poussent à la contractualisation et les différents types de clauses stipulées dans un contrat d'approvisionnement.
Une troisième partie définira les domaines de performance de la chaîne logistique, sur lesquels sont ciblées les démarches de contractualisation. Au travers des travaux de la communauté scientifique travaillant sur le sujet des contrats d'approvisionnement, nous tenterons une synthèse des axes d'analyse en positionnant les différentes contributions au sein des domaines de performance de la chaîne logistique.

Ayant posé le triptyque (risques, clauses, performances), nous nous baserons sur celui-ci pour instrumenter l'analyse de la relation contractuelle liant deux partenaires. Puis, nous proposerons un cadre d'analyse visant à jauger la pertinence des différentes clauses eu égard aux intérêts parfois contradictoires du client et du fournisseur.
Enfin, ce cadre d'analyse sera appliqué à des situations inspirées de cas industriels issus du secteur aéronautique et agro-alimentaire.

1. La notion de risque dans la chaîne logistique

L'une des premières définitions scientifiques de la notion de risque remonte aux travaux de (Bernouilli, 1738) qui caractérise le risque comme « l'espérance mathématique d'une fonction de probabilité d'événements ». Depuis, la gestion du risque a suscité de nombreux travaux

conduisant comme souvent à de nombreuses définitions, selon le point de vue de l'observation effectuée.

1.1. Concepts associés aux risques

Une chaîne logistique peut prendre une forme rudimentaire lorsqu'elle se réduit à une simple relation entre un client et un fournisseur (chaîne logistique dyadique) ou plus complexe, lorsqu'il s'agit d'un réseau stratégique d'entreprises dans lequel un arrangement profitable à long terme est établi entre les différents partenaires afin de réduire les risques commerciaux, techniques et technologiques.
Les chaînes logistiques résultent de partenariats stratégiques permettant aux entreprises de garder un avantage concurrentiel dans un secteur d'activité et à externaliser les activités à moindre valeur ajoutée. Ainsi, d'après (Paché & Splanzani, 2002), l'entreprise se concentrant sur son cœur métier s'allie à des partenaires différenciés par leur savoir-faire et dont la coordination s'appuie sur de nouveaux modes d'échanges collaboratifs.

Les risques inhérents aux stratégies partenariales sont loin d'être anodins et sont difficiles à maîtriser : risque de dépendance vis-à-vis du prestataire, risque de perte de leadership, risque de fuite d'informations concurrentielles, difficulté à sécuriser les informations échangées, risque de défaillance du partenaire et risque social (débauchage de personnels-clé). Ces risques sont principalement liés : aux difficultés d'adaptation des partenaires (Shi, 2004) (Faisal et al., 2006), (Neiger et al., 2006), (Hallikas et al., 2004), à la résistance au changement, aux nouvelles technologies, à la modification des pratiques, et aux comportements des acteurs.
(Hallikas et al., 2004) mentionnent la difficulté de gérer les risques dans un réseau logistique, du fait de la multitude des relations partenariales générant ainsi de nombreuses perturbations pouvant se propager au long du réseau.
Si le partenariat d'entreprise répond, en définitive, au besoin de partager les risques (notamment financiers) entre plusieurs acteurs, en retour, le partenariat génère des risques nouveaux auxquels il faut faire face (Neiger et al., 2006).

Le risque est par nature multiforme, et sa perception peut varier en fonction de la nature de l'activité de chaque partenaire et de sa place au sein de la chaîne logistique. La littérature anglo-saxonne fait souvent référence au risque en tant qu'*élément perturbateur susceptible d'entraver le bon déroulement des opérations et de causer des dommages*. La littérature francophone fait une distinction de termes dans les notions associées à la maîtrise des risques, et propose quelques définitions clés, sur lesquelles nous nous appuyons pour éclairer le propos:

- *Facteur de risque* : ce terme qualifie tous les dangers et leurs origines (Desroches et al., 2003).
- *Evènement redouté* : un évènement redouté est un évènement non désiré entraînant l'exposition au danger (Desroches et al., 2003).
- *Risque* : le risque peut être perçu négativement sous l'angle d'un danger à éviter, ou positivement comme un facteur d'opportunité : « oser pour gagner ». Ainsi, (Gourc, 1999) utilise l'appellation « risque-écueil » pour désigner un risque subi, à effet plutôt négatif. Par opposition, le risque créateur d'opportunités est désigné par « risque action ». En réalité, la littérature fait essentiellement référence aux risques à connotation négative.

Le risque perçu comme l'éventualité de situations dangereuses peut être caractérisé par une *probabilité d'occurrence* d'un événement redouté (fréquence) et une mesure de la *gravité des conséquences* de l'évènement en termes de dommages ou de préjudices (Desroches et al., 2003). On parle alors de *criticité* du risque qui est le produit de *la probabilité et de la gravité.*

L'évènement redouté est la source du danger… Le risque est plutôt sa mesure

Pour (Lemettre, 2008) le risque s'entend comme la probabilité d'occurrence d'un événement, interne ou externe à un système, qui viendrait menacer les activités de l'entreprise, prise au sens d'un système complexe, et ainsi entraver l'atteinte de ses objectifs opérationnels, stratégiques et financiers, menaçant in fine son chiffre d'affaires et sa rentabilité.

Dans (Godard et al., 2002) une distinction est faite entre «risque avéré » et «risque potentiel ». Dans le premier cas, le décideur dispose d'informations concernant la probabilité de réalisation d'un événement et de ses conséquences sur l'objet menacé. Dans le second cas, le décideur se trouve a priori dans l'incapacité de définir de manière précise les liens de causalité entre événements redoutés et conséquences possibles, ou de quantifier la probabilité de réalisation d'évènements identifiés. On parle alors généralement d'incertitude.
Dans la suite de ces travaux, nous ferons essentiellement référence à la notion d'*évènement redouté*, dès lors qu'il s'agit de qualifier un évènement susceptible d'être une cause de détérioration de performances dans la chaîne logistique.

1.2. Typologie des risques dans la chaîne logistique

Dans l'optique de mieux caractériser l'influence des contrats sur la performance, nous souhaitons identifier les grandes familles d'événements redoutés (ER) auxquels sont confrontés les acteurs d'une chaîne logistique. L'analyse qui suit n'a pas la prétention d'être exhaustive, tant les évènements redoutés au sein d'une chaîne logistique sont nombreux et variés. De plus, la nature de ces événements varie selon le rôle qu'occupe chaque partenaire dans la relation client-fournisseur. Ainsi, la littérature fait état de plusieurs typologies de risques :
(Shi, 2004) fait une distinction entre *risque du marché* (lié à la fluctuation des prix du marché), *risque de crédit* (au sens de la décrédibilisation d'un acteur sur son marché), *risque opérationnel* (associé aux erreurs techniques au niveau exécutif de la chaîne logistique), *risque de business* (dû à la fluctuation de la demande client, aux changements technologiques ou à l'émergence de compétiteurs).

(Xiaouhui et al., 2006) mettent en avant les *risques liés au flux matière et au transport* (niveau de stocks fluctuant de par l'incertitude sur la demande et les approvisionnements), les *risques liés au flux d'information* (prévisions de ventes imprécises et distorsion de l'information), les *risques liés au flux financiers*, les risques *liés à la relation* partenariale (mauvaise alliance) et les risques *impondérables* (catastrophes ou accidents).

(Hallikas et al., 2004) identifient les *risques liés à la demande* (tendance du marché, perte de positionnement de l'entreprise), les *risques liés aux livraisons* (non-qualité, non-ponctualité), les *risques liés aux coûts* (inadéquation de l'investissement), les *risques liés aux ressources* et à leur *flexibilité* quant à leur aptitude à répondre aux variations du marché.

(Bogotaj & Bogotaj, 2007) analysent les *risques d'approvisionnement* (livraison en retard, manquants, qualité non conforme), les *risques associés au processus* de production (retards et défauts quantitatifs ou qualitatifs), les *risques liés à la demande* (production ou livraisons ne

correspondant pas à la demande), les *risques liés au pilotage des activités* (mauvaise planification) et les *risques environnementaux* (impact social, politique, économique).
Au final, nous identifions dans la littérature, au-delà des disparités terminologiques, quelques grands domaines (Figure 2.1) de risques que nous qualifions à l'instar de (Christopher, 2005), de risques liés à *la demande, à l'approvisionnement, au processus de production lui-même, au contrôle/ pilotage de l'activité de production, et aux risques liés à l'environnement*.

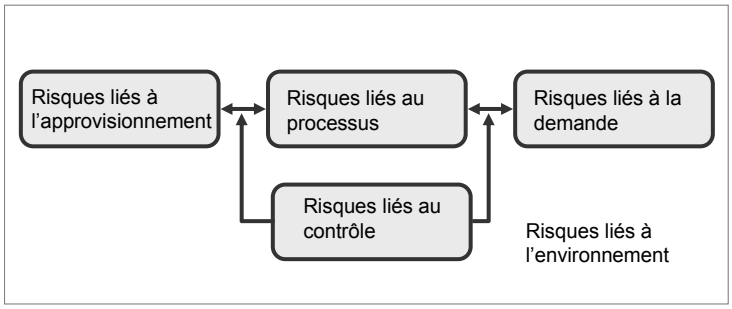


Figure 2.1 : Sources de risque (Christopher, 2005)

Pour notre part, nous basons notre propre analyse sur les travaux de (Xiahoui et al., 2006) et (Christopher, 2005). Nous estimons pertinent d'identifier et classer les ER selon une typologie s'appuyant sur la nature des processus auxquels ils se rapportent. Nous distinguons ainsi les ER liés :

- au processus d'approvisionnement,
- au processus de production interne,
- au traitement de la demande (facteur déclencheur du processus de réalisation de la commande),
- au processus de pilotage (planification et coordination des décisions conjointes de production et d'approvisionnement),
- et à l'environnement (englobant les considérations des cours des produits, situation du marché…).

Par ailleurs, nous souhaitons distinguer les ER *endogènes* (internes au partenaire) et *exogènes* (externes au partenaire). En effet, c'est bien l'objet de la contractualisation que de se prémunir contre les dommages causés par les ER.
A titre d'exemple, des manquants en composants dus à un retard de livraison est un ER dans le processus de pilotage du client et justifie une clause de respect des dates de livraison. Les ER endogènes ne sont observables qu'en interne par les partenaires (clients et fournisseurs) et n'ont pas systématiquement d'incidence sur les partenaires externes. Les ER endogènes sont traités la plupart du temps par des actions correctives internes. Néanmoins, certains événements endogènes peuvent avoir, au travers d'une chaîne d'influences, une incidence sur les partenaires aval. Ainsi, la rupture de stocks en produits finis chez le fournisseur ne permet pas d'honorer toutes les commandes et peut engendrer un arrêt de production chez les clients.
D'autre part, les événements redoutés par un acteur sont à distinguer selon qu'ils concernent le client ou le fournisseur. Ainsi, l'ER « manquants dus à la qualité des produits livrés» trouve son origine chez le fournisseur tandis que l'ER « annulation de la commande » trouve son origine chez le client.

Le tableau (Tableau 2.1) synthétise ces considérations afin de proposer une classification des grandes familles d'ER associés à une relation d'approvisionnement client-fournisseur. Nous nous positionnons du point de vue de l'entreprise cliente initiatrice du contrat d'approvisionnement.

Processus	Évènement redouté ER		Nature	
	Référence	Désignation	Endogène	Exogène
1. Approvisionnement	ER1.1	- Manquants dus au délai de livraison		X
	ER1.2	- Manquants dus à la qualité des produits livrés		X
	ER1.3	- Perturbation des plans de livraison	X	
2. Production	ER2.1	- Défaillance des équipements/ machines/Outils	X	
	ER2.2	- Perturbation des plans de production	X	
	ER2.3	- Insuffisance de RH pour faire face à la charge de travail	X	
3. Gestion de la demande	ER3.1	- Utilisation incertaine des ressources	X	
	ER3.2	- Fluctuation de la demande		X
	ER3.3	- Arrivée de commandes urgentes		X
	ER3.4	- Annulation de la commande		X
	ER3.5	- Imprécision des prévisions	X	X
4. Pilotage	ER4.1	- Manque d'interopérabilité entre systèmes d'information	X	X
	ER4.2	- Manque de visibilité sur le déroulement des opérations chez le fournisseur		X X
	ER4.3	- Changement de politique de gestion chez le fournisseur		
	ER4.4	- Problème de paiement	X	X
5. Environnement	ER5.1	- Variation du prix - marché		X
	ER5.2	- Cours de la matière première		X

Tableau 2.1 : Classification des ER dans une relation client fournisseur

Chaque famille d'ER ainsi identifiée montre l'étendu des clauses susceptibles d'être portées à un contrat dans un objectif de mieux régir la relation d'approvisionnement. L'association des clauses aux familles d'ER fera l'objet d'une analyse ultérieure.

1.3. Prévention des risques en logistique

La gestion des risques est un domaine très étudié qui couvre un large champ d'application. (Shi, 2004) rappelle que, contrairement aux approches classiques de gestion des risques (au sens de la sûreté de fonctionnement), la gestion des risques dans la chaîne logistique (SCRM - Supply Chain Risk Management) manque d'outils identifiés et de techniques bien définies permettant de caractériser et maîtriser les aléas logistique. Nous avons toutefois recherché dans la littérature des éléments méthodologiques sur la prévention des risques dans les chaînes logistiques.

1.3.1. Notion de gestion des risques issue de la littérature

Dans le champ très vaste des travaux sur la gestion des risques, nous avons centré nos lectures sur les approches spécifiquement adaptées aux chaînes logistiques.
La littérature met en évidence plusieurs orientations possibles dans le développement de solutions techniques et/ou organisationnelles palliant les risques dans les chaînes logistiques.

Les principaux axes d'intervention portent sur:

- le système d'information (Mazlan & ali, 2006) (Miccolis et al., 2003),
- la communication & collaboration (Mazlan & ali, 2006) (Miccolis et al., 2003)(Paché & Splanzani, 2002),
- le partage d'information (Mazlan & ali, 2006) (Faisal et al.,2006) (Chopra & Sodhi, 2004), (Speckman & Davis, 2004),
- le partage de risques & récompenses (Faisal et al., 2006) (Chopra & Sodhi, 2004) (Speckman & Davis, 2004) (Mentzer et al., 2001) (Tsay et al., 1999),
- le climat de confiance (Mazlan & ali, 2006), (Handfield, 2004), (Sahay & Maini, 2002) (Lambert et al., 2004),
- les contrats d'approvisionnement (Cachon & larrivière, 1999), (Jin & Wu, 2007), (Arshinder et al., 2008) : afin de réguler le comportement des partenaires.

Les interventions mentionnées ci-dessus constituent, dans la majorité des cas, des actions correctives à entreprendre au sein de chaque acteur afin de pallier certains risques relatifs aux différents processus précédemment évoqués (approvisionnement, livraison, production, gestion de la demande, environnement). Il est important de souligner que ces actions correctives sont nécessaires mais non suffisantes, car les relations d'approvisionnement associent plusieurs partenaires. Le contrat qui régit ces relations constitue donc une action clé pour se prémunir contre la propagation des ER au sein de la chaîne logistique.

1.3.2. Notion de gestion des risques issue des interviews industriels

Afin d'illustrer les pratiques industrielles dans le domaine de la gestion des risques, nous avons estimé intéressant d'étayer nos précédentes observations par des exemples concrets. Nous regroupons dans le tableau (Tableau 2.2) les pratiques issues de secteurs variés. Les informations mentionnées sont extraites du rapport de (Gillet et al., 2007) et adaptées à notre point de vue.

Face aux risques industriels exprimés par les différents responsables interrogés, nous identifions deux leviers d'action mis à disposition des décideurs afin d'atténuer et/ou de contrer leurs effets. Le premier fait référence à des actions correctives à entreprendre. C'est le cas de l'entreprise *THALES* qui se trouve confrontée au risque de surcharge d'une ressource technique très sollicitée sur laquelle il devient difficile de réaliser les opérations dans les délais négociés avec les clients. Une des actions correctives consiste alors à réaliser des plannings d'ordonnancement groupés avec vérification des disponibilités et arrangements entre responsables de projets. Dans un tel cas, le risque est associé à la maîtrise du processus de production et ne peut pas être pallié par des clauses de contractualisation.

Les risques peuvent être palliés par des clauses portées au contrat d'approvisionnement

Le deuxième levier d'action est la contractualisation. Ainsi, un risque lié à la hausse du prix d'une matière première peut être réduit par une clause de gel de prix portée au contrat.

A titre d'illustration, le responsable des risques chez *THALES* admet n'avoir pas convenablement anticipé le risque d'augmentation du prix du titane et l'absence de clause de gel des prix porté au contrat a occasionné le paiement d'un surcoût important dans l'achat de cette matière.

Entreprise	Risques	Gestion des risques	
		Clauses portées au contrat	Actions correctives
THALES Underwater system Brest	Non respect des spécifications produit	-	Recherche de compromis technique ou demande de dérogation
	Manque de ressource technique (Une ressource goulet)	-	Centralisation des plannings pour la ressource goulet et arrangement entre responsables
	Risque de changement du prix de matière première (Titane)	Aucune clause portée au contrat	-
	Manque de Ressources humaines qualifiées	-	Suivi de ressources afin d'adapter les tâches en fonction des disponibilités
	Fiabilité du sous-traitant	-	Organisation de réunions techniques et fourniture de supports en transfert de technologie
PSA Rennes Constructeur automobile	Risque technique chez le fournisseur	- Stock de sécurité chez le fournisseur - Transmission d'information en cas de retard	- Maintien de canaux de communication - Possibilité de maintien de stock en usine
	Risque de manquants liés au transport	-	Modification de plan de production en cas de manquants et priorisation d'assemblage de véhicules dont les pièces sont disponibles
	Risque de retard de production	-	Allocation d'un budget pour un transport aérien accélérant l'arrivée des pièces manquantes
	Risque qualité	Implantation d'une équipe Pilotes Site Fournisseur pour les contrôles qualité	Mise en place d'une équipe Fourniture extérieure pour garantir la qualité des produits entrants
EMSYS PME conception et assemblage de modules électroniques radio	Défaillance des livraisons amont (délais et qualité)	-	Mise en place de stocks de sécurité sur les composants
	Manque de polyvalence	-	-
	Défaillance de livraison aval (vers les clients) Variation des prix d'achat	Prise en compte de la hausse des prix d'achat	Choix d'un prestataire de transport performant -
	Risque technique (décharges électrostatiques)	-	Mise en place de mesures préventives: obligation de porter des chaussures et des bracelets antistatiques
SOCAMAINE Centrale d'achat des hypermarchés Leclerc	Risque de rupture d'approvisionnement	Mise en place d'une provision financière	Mise en place de stocks de sécurité Proposition de produits de substitution Mise en place d'une GPA
	Risque technique: pilotage de la demande par système d'information	-	Amélioration des relations avec le prestataire assurant le rétablissement du niveau de service en cas de défaillance
MICHELIN Fabricant de pneus	Risque de non satisfaction du client final	Transfert de risque à un prestataire de transport qualifié	

Tableau 2.2 : Gestion des risques issus des interviews industriels

Au bilan, l'analyse des pratiques industrielles consolide notre vision du domaine en faisant ressortir un usage fréquent d'actions correctives pour pallier les risques. Précisément, le passage d'une gestion réactive des risques à une gestion proactive basée sur des clauses contractuelles de protection des performances constitue à nos yeux une piste essentielle d'amélioration des pratiques industrielles.

Dans notre thèse, nous percevons le contrat d'approvisionnement comme le levier d'action principal pour diminuer les situations à risque entourant la relation d'approvisionnement. Le contrat permet de réguler le comportement des partenaires et de préciser les engagements des deux parties collaborant dans une relation de fourniture de produits.

L'objectif de nos travaux est d'instrumenter la démarche de contractualisation de la relation client fournisseur afin de permettre aux décideurs de mieux définir les clauses à porter au contrat et à en négocier les modalités d'application en adéquation avec les risques encourus et la performance recherchée.

2. Les contrats d'approvisionnement

La collaboration client-fournisseur peut se définir comme une forme de coopération entre deux entreprises non concurrentes. Cette relation n'en est pas moins tendue, car le but à atteindre consiste en la recherche d'un avantage de chaque acteur vis-à-vis de sa propre concurrence. Ainsi, une entreprise qui fait appel à un fournisseur tente d'obtenir un avantage concurrentiel s'articulant souvent autour de quatre éléments (Perrontin & Loubère, 1999):

- *Le prix* : il s'agit pour l'entreprise de chercher des fournitures à moindre coût tout en respectant le cahier de charges,
- *Le service et délai* : il s'agit de chercher le fournisseur pouvant répondre rapidement aux fluctuations de volume du client final (exigence de flexibilité),
- *La qualité* : l'entreprise cherche à ce que le fournisseur puisse garantir la qualité des produits à réaliser,
- *L'innovation* : l'entreprise est amenée à effectuer une veille technologique et commerciale permanente sur le marché à la recherche de fournisseurs offrant des produits de substitution à moindre coût.

Les pratiques industrielles relatées au premier chapitre ont révélé les avantages qui découlent du développement de relations collaboratives inter- partenaires. Soigner les relations en amont avec le fournisseur et en aval avec le client participe à l'amélioration de la performance de la chaîne logistique dans laquelle cette collaboration s'inscrit.

Une collaboration client fournisseur est cadrée par le contrat d'approvisionnement

La collaboration client-fournisseur crée une dépendance mutuelle. Elle consiste à exploiter les synergies du client et du fournisseur dans un esprit de partage des risques, moyens, gains et accroissement de la compétitivité des partenaires à moyen et long terme (en fonction du degré d'implication du fournisseur dans la réalisation du produit). Une telle collaboration nécessite alors de changer les comportements pour garantir la transparence des relations, le décloisonnement des fonctions de l'entreprise, la mise en œuvre de méthodes de gestion (approvisionnement en Juste-à-Temps) ou de contrôle et l'anticipation des conflits. Le contrat d'approvisionnement tient ce rôle de cadrage de la collaboration client-fournisseur.

2.1. Définition et rôle du contrat d'approvisionnement

Un contrat vise à protéger les deux parties contractantes contre tout comportement abusif en établissant les obligations à charge ou au bénéfice de chacun. Ainsi, un client s'engage sur des plans de demande, et ne peut y déroger sans compensation financière pour le fournisseur. Inversement, un fournisseur ne pourra appliquer des variations de tarifs que si celles-ci sont spécifiées au contrat, et s'engage sur des délais de livraison.

Au-delà des modalités opérationnelles, le contrat permet également au client de transférer certains risques sur le fournisseur. Ce transfert de responsabilité se fait moyennant la définition d'un périmètre fonctionnel et d'un accord financier. De plus, le client utilise le contrat pour imposer des choix techniques (ou se protéger de tout mauvais choix), et pour imposer des méthodes et outils de contrôle.

Le contrat d'approvisionnement formalise l'accord obtenu, qu'il s'agisse d'un acte ponctuel ou bien d'un accord cadre, point de départ de transactions récurrentes par la suite. (Petit, 2008) fait une distinction entre trois types de contrat :

- *La commande simple*: contrat constitué de peu de clauses spécifiques et par conséquent accompagné des clauses générales acceptées par les deux parties,
- *Le contrat simple*: commande « sur mesure » dont les clauses sont, pour la plupart, spécifiques à l'accord négocié,
- *Le contrat cadre*, dit commande ouverte : commande ou contrat mais sans échéancier précis. Les besoins à moyen terme sont grossièrement définis et, le moment venu, la commande ouverte fera l'objet de commandes fermes, par des « appels de livraison », des bons de commandes ou des « ordres de mission » avec un besoin précis (lieu et date de livraison, quantités).

Pour (Bruel, 2008), la contractualisation dans les achats est un levier conséquent mis en œuvre pour contribuer à garantir un processus d'approvisionnement efficace et récurrent. En effet, le contrat d'approvisionnement est une pratique justifiée pour expliciter les engagements respectifs des deux parties. Il permet également de prédéfinir toutes les règles qui régiront la livraison et les actions en cas de dysfonctionnements. Cet accord garantit aux partenaires la continuité et la pérennité des engagements sur la durée du contrat avec mise au clair des obligations réciproques.

2.2. Motivations de contractualisation

Un contrat d'approvisionnement représente la formalisation de l'accord d'achat entre un client et un fournisseur et suppose l'existence d'une collaboration. Dans un premier temps et avant d'identifier les clauses que peut comprendre un contrat d'approvisionnement, nous avons analysé les raisons précontractuelles qui amènent des partenaires à s'engager dans une relation collaborative cadrée par contrat.

Qu'est-ce qui pousse un client ou un fournisseur à s'engager dans un contrat d'approvisionnement ?

Il n'existe pas de réponse explicite dans la littérature. Souvent, l'intérêt du contrat est mentionné dans sa globalité et non dans la spécificité de la relation d'approvisionnement. *« Le contrat est une convention par laquelle une ou plusieurs personnes s'obligent, envers une ou plusieurs autres, à donner, à faire, ou à ne pas faire quelque chose »* (Petit, 2008).

L'interview du responsable de la direction des Achats du *groupe RHODIA,* en charge d'un portefeuille d'une trentaine de fournisseurs dans le domaine de l'instrumentation des automatismes et des matériels électriques, révèle que le recours à des procédures d'approvisionnement sous contrat-cadre simplifie le déroulement des opérations. Les renégociations tarifaires à chaque commande sont évitées et cette simplification permet de libérer du temps aux acheteurs pour travailler sur des actions spécifiques à forte valeur ajoutée. D'autre part, des économies considérables sont réalisées sur le prix d'achat de volumes groupés. Pour les capteurs de pression, par exemple, une négociation permet une baisse de près de 20 % par rapport aux prix hors contrat (Forum Rhodia, 2002).

Quelles sont alors les motivations de contractualisation ?
Nous proposons de classer les raisons qui amènent un client et un fournisseur à contractualiser en trois grandes familles que nous nommons motivations de contractualisation (Amrani-Zouggar et al., 2008), voir Figure 2.2.

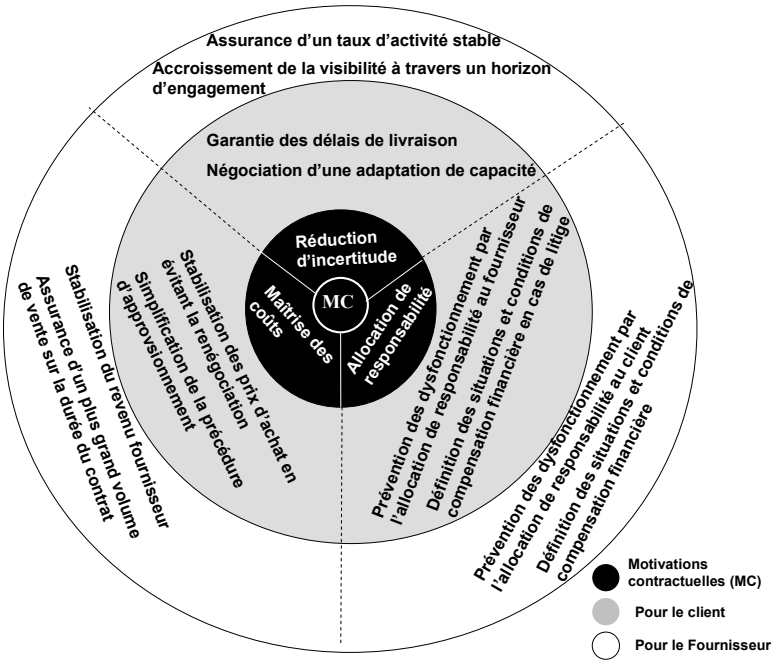


Figure 2.2 : Motivations de contractualisation

- *Réduction d'incertitude:* Etre deux pour réaliser une tâche réduit l'incertitude qui pèse sur le partenaire (fournisseur et client). Le processus de négociation engagé lors de la contractualisation a pour objectif de conclure un accord où chacun des acteurs trouvera une solution consensuelle permettant de réduire les risques potentiels : le fournisseur a une connaissance plus précise du volume d'activité associé à ses clients et peut mieux ajuster sa capacité de production au juste besoin ; le client réduit ses risques d'exposition à un marché instable en négociant une adaptation de capacité de la part du fournisseur et élimine le risque de retard de livraison.

- *Maîtrise des coûts:* Souvent l'engagement d'achats porté sur un horizon donné procure un avantage au client comme au fournisseur. Le client bénéficie des rabais offerts pour l'achat de volumes importants. Il bénéficie aussi des économies sur les coûts de renégociation tarifaires inhérents à chaque achat ponctuel et assure ainsi une certaine stabilité de ses coûts de revient sur la période du contrat (en s'affranchissant des fluctuations du cours des matières premières). Le fournisseur de son côté bénéficie d'un engagement d'achat sur un horizon garantissant ainsi un chiffre d'affaires stable.

- *Allocation de responsabilité:* Dans un partenariat où chaque partie est tenue à ses propres obligations, il est important de bien répartir les tâches à se partager et d'allouer convenablement, selon le contexte, la responsabilité de chaque partie. La responsabilité est attribuée à la partie la mieux placée pour la gérer. De fait, les conflits et situations de litiges en cas de réalisation non conforme sont ainsi abordés en prédéterminant les pénalités et compensations financières.

Ces motivations éclairent le succès actuel des relations partenariales et justifient les engagements d'approvisionnement au sein d'un contrat. En effet, les deux premières motivations relatives à la réduction d'incertitude et la maîtrise des coûts justifient largement l'intérêt d'un client et fournisseur à vouloir entrer en partenariat. Quant à la dernière motivation (allocation de responsabilité), celle-ci survient une fois la collaboration engagée et permet aux parties qui contractent de prédéfinir les tâches et d'anticiper les situations conflictuelles en arrêtant les responsabilités de chacun et les modalités de règlement de litiges

(compensations, pénalités, autorités compétentes…). Ces motivations contractuelles reflètent les enjeux stratégiques justifiant une contractualisation. Il reste néanmoins à préciser les modalités du partenariat au travers des clauses à porter dans un contrat d'approvisionnement.

2.3. Clauses et engagements contractuels

Afin d'identifier les contraintes d'approvisionnement qui pèsent dans une relation contractuelle liant un client à son fournisseur, nous avons étudié quelques contrats-cadres issus de différents secteurs d'activités industrielles (aéronautique, agroalimentaire, produits composites,…) afin d'en faire ressortir les clauses génériques. Une synthèse est proposée dans le tableau (Tableau 2.3) (liste non exhaustive).

Classe	objet	clauses	MC1	MC2	MC3	CE
PRODUIT	Nature du produit	Décrire qualitativement le produit (en concordance avec le cahier des charges)		x		
	Quantité	Définir les quantités engagées par le contrat	x			x
MOYENS DE FABRICATION	Sous traitance	Définir les termes de recours à la sous-traitance (accord client, transfert de responsabilité)	x		x	
	Capacité de production	Définir les conditions d'exécution en cas de modification de cadences des programmes	x			
	Formation personnel	Définir les exigences en matière de formation des ressources humaines	x			
PROCESSUS	Livraison	Définir l'adresse de livraison (entrepôts, magasins, plateforme de réception, …)			x	
		Définir les modalités de livraison (périodicité des livraisons, dates, …)	x		x	
		Définir le délai des appels à livraison	x			
		Définir les exigences en termes d'emballage et de protection de marchandises			x	
	Appro-visionnement	Définir les coûts de pénalité en cas de retard de livraison		x		x
		Définir un plan d'approvisionnement et son paramètrage (horizons)	x			x
		Définir les conditions de renégociation en cas de commandes urgentes ou hors intervalle convenu	x	x		
		Définir les échanges de prévision de ventes	x			x
	Réception	Définir les conditions de réception des produits			x	
		Définir les conditions d'emballage et de protection de la marchandise			x	
		Définir les documents devant accompagner le produit			x	
		Désigner un organisme délégué pour effectuer le contrôle qualité et les audits auprès du Fr			x	
		Désigner un seuil d'acceptation des produits défectueux			x	
	Gestion commerciale	Définir le prix de vente/d'achat du produit (mode de calcul, conditions d'ajustement et révision, …)		x		
		Définir la durée du contrat (période d'engagement)	x	x		
		Définir les moyens de communication à utiliser durant l'échange (VMI, E-mail, courrier)		x		
		Informer à propos des arrêts de production	x			
		Informer à propos des retards de livraison prévisibles	x			
		Définir les modalités d'intéressement et partage des gains		x		
		Définir les montants des primes et les modalités d'obtention		x		
		Définir les coûts de pénalité en cas de retard de paiement		x		
		Définir les délais de paiement, le détail du calcul de l'escompte		x		
		Définir les conditions de résiliation du contrat (non respect des engagements de qualité,de livraison)			x	
AUTRES	Transfert de propriété	Fixer les conditions d'acquisition			x	
		Désigner le moment de transfert des risques			x	
	Assurance & garantie	Définir les modalités de souscription d'assurance pour couvrir les préjudices liés à l'intervention		x	x	
		Définir les délais de remplacement avec prise en charge des coûts en cas de retard ou de casse	x	x		
	Confi-dnentialité	Définir les données et documents confidentiels	x		x	

MC Motivation contractuelle MC1 Réduction d'incertitude MC2 Maîtrise des coûts MC3 Allocation de responsabilité
CE Clause étudiée au cours de cette thèse.

Tableau 2.3 : Les principales clauses d'un contrat d'approvisionnement

Nous avons fait le choix de subdiviser les clauses en plusieurs classes faisant appel au produit, aux moyens de fabrication et aux différents processus concernés. Une dernière classe fait référence aux clauses de nature juridique relatives au transfert de propriété, les assurances, garanties et confidentialité, qui sortent du cadre de nos travaux.

Le tableau met les clauses au regard des motivations de contractualisation. Au travers de cette proposition, nous souhaitons mettre en exergue l'intérêt d'une analyse globale du problème de contractualisation, s'appuyant sur la stratégie globale de l'entreprise (représentée succinctement par les motivations contractuelles) pour élaborer les mécanismes opérationnels d'échange d'informations et de flux matière (tels qu'ils sont mentionnés dans les contrats).

Ce même tableau délimite le domaine d'étude de notre travail en précisant les clauses auxquelles nous allons nous intéresser, lesquelles relèvent du domaine de la gestion de production stricto sensu. Les engagements sur la quantité du produit, les échanges de prévisions de ventes, le plan d'approvisionnement et ses horizons, les coûts de pénalité en cas de rupture seront examinés plus en détail dans la partie expérimentale de la présente thèse afin de jauger leur impact sur la performance globale de la chaîne logistique.

3. Influence des contrats sur la performance de la chaîne logistique

Les diverses clauses à porter sur un contrat d'approvisionnement visent à réduire les risques et plus généralement à améliorer la performance de la chaîne logistique. Nous tentons ici d'expliciter le lien qui existe entre ces risques (abordés sous l'angle des événements redoutés) et les clauses contractuelles permettant de les réduire, pour enfin étendre l'analyse à l'identification des domaines de performance impactés par la contractualisation.

3.1. Couverture des évènements redoutés par des clauses

Les tableaux suivants font référence à quelques ER tels qu'ils ont été identifiés dans le paragraphe § 1.2, et définissent pour chacun d'entre eux les clauses contractuelles potentiellement négociables, afin de contrer les situations à risque auxquelles sont confrontés les acteurs du partenariat. Nous prenons le parti de différencier l'analyse selon le point de vue de l'acteur (client ou fournisseur) considérant qu'un même ER n'est pas toujours perçu de la même façon (ou tout au moins avec la même importance) selon le rôle de chacun et qu'il ne conduit pas systématiquement à la stipulation des mêmes clauses (Tableau 2.4 et Tableau 2.5).

Une clause a pour rôle de contrer un ou plusieurs évènements redoutés

Rappelons également que tout ER ne donne pas lieu à l'élaboration d'une clause, pour peu qu'il n'influence pas la relation inter-partenaires. Ainsi, chez une entreprise cliente (initiatrice de la relation d'approvisionnement) l'ER « défaillance des équipements » est par nature endogène, et déclenche des actions correctives purement internes, il n'est pas à contractualiser avec le fournisseur. En revanche, si la fréquence d'apparition du même ER augmente, il peut conduire à une réduction drastique de capacité qui aurait pour conséquence directe le non respect des engagements vis-à-vis du client de l'entreprise en question auquel cas le contrat se justifie alors pour prémunir le client de cette entreprise des aléas de livraisons.

Nous entendons par couverture d'un ER, la capacité de la clause à contrer cet ER. Nous définirons plus en détail cette notion ultérieurement lors de la présentation de notre démarche.

Les ER vus par le client	Couverture des ER par des clauses
- Manque de visibilité sur le déroulement des opérations chez le fournisseur (ER4.2)	- Définir des conditions de suivi et de communication afin d'être averti des perturbations éventuelles
- Problème d'interopérabilités entre systèmes d'information (ER4.1)	- Recourir à certains moyens de communication et NTIC - Adopter une plateforme commune - Exiger du fournisseur un recours à un même outil de pilotage
- Défaillance des équipements/ machines/Outils (ER2.1)	*- (Mener des actions correctives en interne)*
- Fluctuation de la demande (ER3.2)	- Demander une adaptation des quantités fournies par le fournisseur (négociation d'un pourcentage de flexibilité) - Réserver une capacité chez le fournisseur
- Arrivée de commandes urgentes (ER3.3)	- Définir un délai de réactivité exigée du fournisseur
- Changement de politique de gestion chez le fournisseur (ER4.3)	- Demander un délai d'anticipation pour prévenir le partenaire des modifications - Constituer un stock de consignation
- Variation du prix (ER3.3)	- Négocier des prix fermes et définitifs sur des produits finis, emballés, livrés - Maintenir des prix fermes dans une limite de fluctuation des matières premières - Négocier l'intervalle à partir duquel une renégociation du prix devient envisageable - Négocier un délai pour trouver l'accord de prix
- Manquants dus au délai de livraison (ER1.1)	- Négocier un délai de livraison - Exiger une confirmation de prise en compte de la commande - Recourir à la sous-traitance sous certaines conditions - Définir des coûts de pénalité pour chaque jour de retard avec un pourcentage de la valeur de la commande - Déclencher les livraisons fournisseur par kanban, GPA ou portail commun - Définir des primes de récompenses par livraison ponctuelle - Prime incitative afin d'amener le fournisseur à faire bénéficier le client de la réduction de cycle totale afin de réduire l'horizon ferme - Résilier le contrat d'approvisionnement si certaines conditions ne sont pas honorées
- Manquants dus à la qualité des produits livrés (ER1.2)	- Contrôler la conformité à la réception des produits - Exiger les documents afférents aux produits - Exercer une surveillance de l'avancement et les contrôles dans les ateliers fournisseurs ainsi que l'intervention d'un service d'audit dans les locaux fournisseurs - Exiger du Fournisseur d'accepter de se soumettre à toute évaluation - Allouer la responsabilité contrôle au fournisseur avec exigence d'un certificat qualité accompagnant les produits lors des livraisons - Définir le seuil d'acceptabilité du taux de défaut - Définir les Coûts de pénalité en cas de non respect du seuil - Exiger une garantie contre les vices cachés, en cas de défauts de conception, de fabrication ou de matière, le fournisseur assurera à ses frais, la main d'œuvre, les réparations et remplacements pièces défectueuses, transport , emballage y compris - Résilier le contrat d'approvisionnement si certaines conditions ne sont pas honorées
- Problème de paiement (ER4.4)	- Définir les conditions de paiement: un certain nombre de jours ouvrés après réception des produits - Exiger un pourcentage d'intérêt pour le client si le fournisseur demande un paiement urgent

Tableau 2.4 : Couverture des ER par des clauses (point de vue client)

Les ER vus par le fournisseur	Couverture des ER par des clauses
- Utilisation incertaine des ressources (ER3.1)	- Exiger du client de s'engager sur une quantité minimum - Négocier un engagement sur un certain horizon de temps (par période) - Négocier un engagement sur un certain horizon de temps (par horizon)
- Perturbation des plans de production (ER2.2)	- Informer le client de toute évolution concernant sa production ainsi que tout arrêt prévisible de fabrication avec un certain préavis et un stock stratégique couvrant les besoins de l'horizon ferme. - Garantie de ne pas se retrouver en situation de pénurie excessive - Le fournisseur s'engage à adapter ses moyens et capacités d'outillage aux cadences annoncées - Négocier les conditions de recours à la sous-traitance - Exiger des documents techniques, modèles, objets, plans, descriptifs, notes, schémas, dessins, échantillons, maquettes, en vue de l'exécution de la commande.
- Perturbation des plans de livraison (ER1.3)	- Définir des bonifications par livraison ponctuelle - Clause incitant le fournisseur à faire bénéficier le client de la réduction de cycle totale - Définir avec précision les endroits de livraisons (points d'utilisation, ateliers d'assemblage, hangar, plateforme…) - Procurer au client l'information sur la disponibilité en stock et l'état des expéditions)
- Fluctuation de la demande (ER3.2)	- Définir les termes d'adaptation des quantités commandées (pourcentage de flexibilité) - Définir une politique de réservation de capacité au profit du client sous certaines conditions
- Arrivée de commandes urgentes (ER3.3)	- Négocier un délai de prise en compte de la commande
- Annulation de la commande (ER3.4)	- En cas d'annulation de la commande, définir le montant des indemnisations sur les productions déjà lancées et celles prévues sur l'horizon gelé
- Imprécision des prévisions (ER3.5)	- Définir un horizon gelé afin de stabiliser les activités du fournisseur et un horizon flexible pour absorber les modifications du carnet de commande - Définir un horizon libre afin de rafraîchir les valeurs des commandes lors des mises à jour - En cas d'absence de plan mis à jour, le fournisseur travaille sur le dernier plan connu
- Problème de paiement (ER4.4)	- Définir le délai de paiement du client après réception des produits - Pour tout retard de paiement, préciser les pénalités
- Prix de la matière première (ER5.2)	- Négocier la participation du client à l'absorption des surcoûts dus à la fluctuation des prix de la matière première

Tableau 2.5 : Couverture des ER par des clauses (point de vue fournisseur)

3.2. Typologie des relations d'approvisionnement et son rôle dans la définition des ER

Les événements redoutés explorés précédemment sont donnés dans l'absolu dans une relation d'approvisionnement entre un client et fournisseur. Ils ne sont pas toujours existants ou du moins pas toujours aussi menaçants pour une entreprise. En effet, les relations client-fournisseur ne peuvent être appréhendées de la même manière en raison de la variété de produits et de la diversité des fournisseurs. Ce postulat fut introduit par (Kraljic, 1983) et revisité par de nombreux auteurs qui évoquent le portefeuille des relations tel que (Cox, 1996), (Benasou, 1999), (Van Weele, 2005), (Caniels & Gelderman, 2004).

Le choix du contrat reflète les enjeux stratégiques et les positions commerciales de chaque partenaire. La complexité du contrat à mettre en œuvre est fonction de la nature de la relation associant le client à son fournisseur, notamment dans la définition du rôle et du pouvoir de chacun.

Nous considérons quatre types de relations d'approvisionnement selon *le volume d'activités* généré et *la technicité du produit* (Figure 2.3). Sur cette base, nous pouvons alors définir quatre types de relation d'approvisionnement :

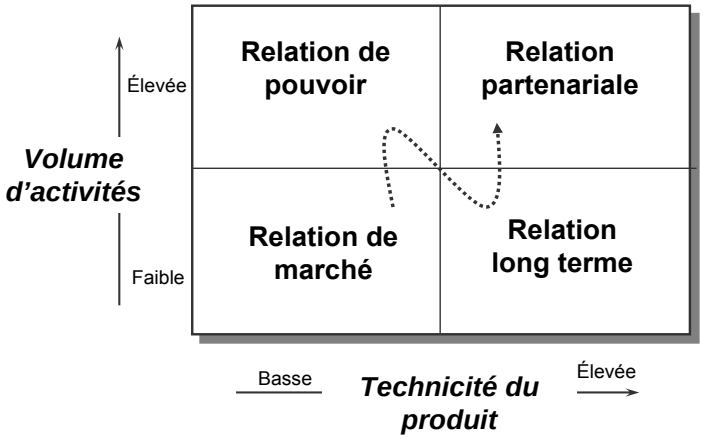


Figure 2.3 : Typologie des relations d'approvisionnement

- ***La relation de marché***: se caractérise par un pouvoir équilibré entre les deux acteurs, avec approvisionnement de produits standards à faible coût. Les produits sont de faibles technicité et hautement normalisés. Les sources d'approvisionnement sont nombreuses et disponibles. Les contrats reposent sur le court terme, les négociations portent essentiellement sur les prix.

- ***La relation de pouvoir*** : se caractérise par la dépendance du fournisseur au client, en présence de produits de faible technicité plusieurs sources d'approvisionnements sont disponibles. Le client exerce son pouvoir en disposant librement des volumes d'achats.

- ***La relation à long terme*** : se caractérise par une dépendance du client vis-à-vis du fournisseur. Les produits approvisionnés sont spécifiques et d'une grande technicité, les fournisseurs en nombre limité détiennent une technologie incontournable. Le client développe une relation privilégiée avec ce fournisseur.

- ***La relation partenariale :*** dans ce cas de figure, l'entreprise cherche à acquérir un produit sur mesure et spécifique. Un nombre restreint de fournisseurs peuvent répondre aux spécifications. Il s'agit alors pour l'entreprise cliente de développer des relations très étroites avec le fournisseur qui devient un partenaire au-delà du simple processus d'approvisionnement (par exemple, la participation à la conception)

Ces quatre types de relation d'approvisionnement vont de la transaction ordinaire (relation de marché) à la relation la plus aboutie (relation partenariale). Cette gradation s'accompagne de risques spécifiques et justifie ces contrats d'approvisionnement en conséquence.

La figure (Figure 2.4) synthétise les caractéristiques principales de la relation d'approvisionnement en fonction de leur type. Les modalités d'échanges et les ER sont eux-mêmes propres à chaque type de relation.

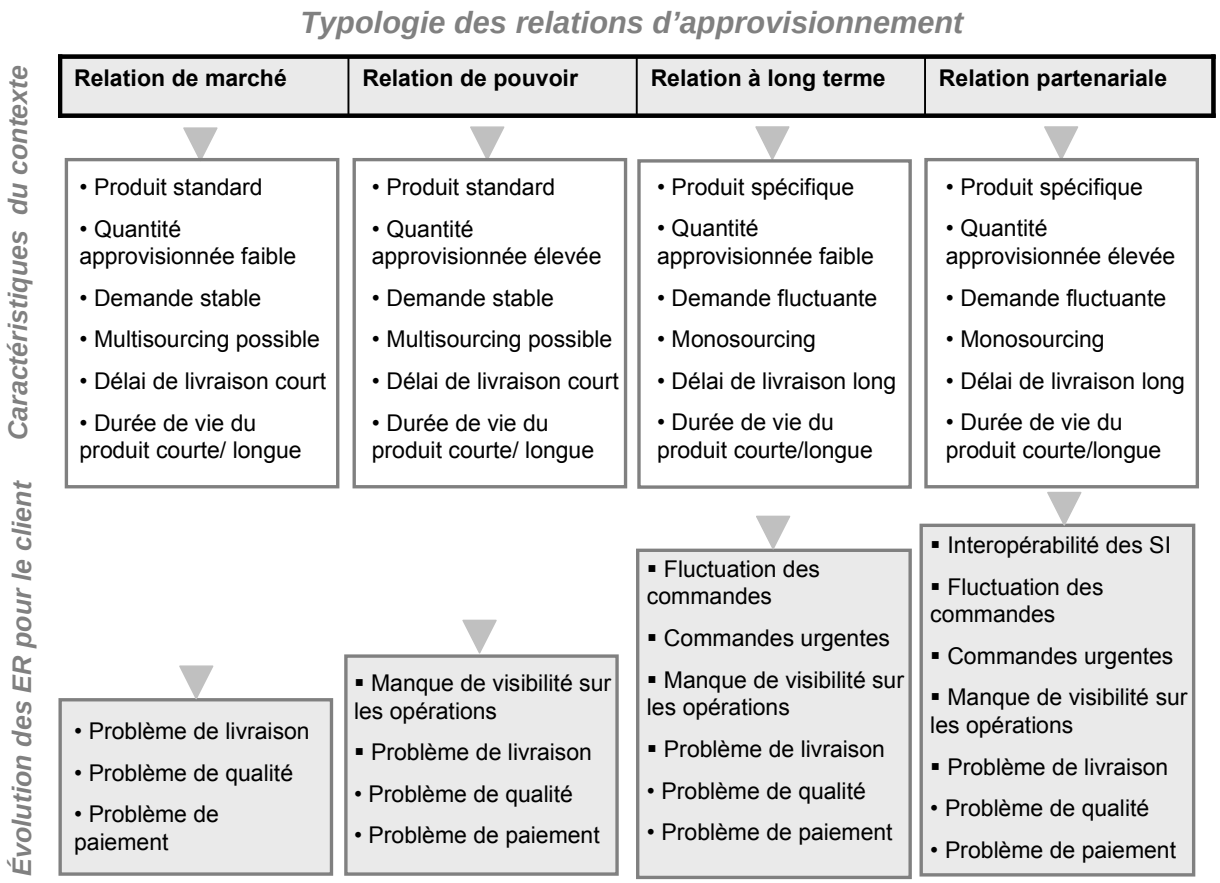


Figure 2.4 : ER associés à la typologie des relations d'approvisionnement

De ces analyses nous tirons deux observations essentielles : d'une part, chaque type de relation d'approvisionnement considéré possède des caractéristiques propres au contexte relationnel, d'autre part, les ER augmentent avec le degré d'évolution de la relation partenariale.

Ainsi dans *la relation de marché,* le client peut opter pour le multisourcing (multiplicité des sources d'approvisionnements), ce qui lui confère une certaine souplesse et lui fournit ainsi une indépendance vis-à-vis du fournisseur; l'enjeu est ici de moindre importance que dans les autres types de relations, d'où un nombre restreint d'ER.

La typologie des relations conditionne les évènements redoutés

A contrario, les relations à plus long terme sont davantage basées sur le monosourcing créant ainsi une dépendance du client au fournisseur, d'où la nécessité de correctement se prémunir contre les ER. Ainsi, les ER et les clauses contractuelles qui découlent ne sont que la caractérisation de l'environnement d'échange entre le client et le fournisseur. Ces ER sont le point central de l'analyse que nous préconisons dans un souci d'amélioration de performance au sein de la chaîne logistique (et dont nous présentons la démarche d'application un peu plus loin).

De manière à aborder le problème de la contractualisation des approvisionnements dans sa globalité, il nous reste à identifier les domaines de performance impactés.

3.3. Domaines de performance: une approche basée sur SCOR

Pour définir les domaines de performance sensibles au choix des contrats d'approvisionnement, nous nous appuyons sur le modèle SCOR. Celui-ci présente l'intérêt d'être un modèle de référence communément accepté et appliqué dans le monde industriel. Nous n'en retenons, dans le cadre de ce travail, que la définition des attributs de performance (performance attribut), que nous préférons nommer domaines de performance, à savoir la fiabilité, la réactivité, la flexibilité et les coûts. Le tableau (Tableau 2.6) rappelle la définition de chaque domaine de performance, telle que proposée dans le modèle SCOR.

Domaine de performance (Performance attribut)				
Client externe (Customer facing)			**Interne (Internal facing)**	
Fiabilité	**Réactivité**	**Flexibilité**	**Coûts**	**Actifs**
Performance de livraison du bon produit au bon endroit au bon moment dans le bon emballage avec la bonne documentation au bon client	Délai de traitement des commandes et de mise à disposition chez le client	Temps de réponse aux changements du marché pour maintenir ou gagner un avantage concurrentiel	Les coûts associés aux opérations totales de la CL (Production, approvisionnement, retours)	L'efficacité dans la gestion des actifs (capitaux fixes et encours) supportant la satisfaction de la demande

Tableau 2.6 : Les domaines de performance issus du modèle SCOR

Les actifs, tels qu'ils sont mentionnés dans le modèle SCOR, ne sont pas considérés, la dimension économique n'étant abordée dans notre étude que sous l'angle d'un coût de revient global pour les produits (actifs et capitaux sont des éléments extérieurs à notre domaine d'étude).

3.4. Synthèse des travaux sur les «supply contracts»

Dans les différents travaux sur les contrats d'approvisionnement, chaque auteur porte son analyse sur une clause bien déterminée. La majorité des clauses étudiées sont orientées processus (production, approvisionnement, livraison), d'où majoritairement des clauses relatives aux délais, quantité, qualité, flexibilité.

Le tableau (Tableau 2.7) synthétise les différentes clauses contractuelles que nous avons pu identifier comme objet d'étude dans les publications scientifiques du domaine «supply contracts». Nous avons, à l'occasion de cette analyse bibliographique, pu identifier les classes principales de clauses contractuelles au regard des domaines de performance retenus.

Les clauses ont pour objectif de participer à l'amélioration de la performance

Ces travaux font état de différents modèles d'optimisation pour évaluer l'incidence d'un type de clause sur la performance. Dans les travaux de (Frascatore & Mahmoudi, 2007), un modèle continu est proposé afin de tester différentes politiques d'approvisionnement guidées par des primes ponctuelles et à long terme, accordées au fournisseur ; les résultats révèlent que le fournisseur tend à sous-charger sa capacité de production, alors qu'une relation contractuelle engageant les parties sur un horizon long terme conduit le fournisseur à adopter fréquemment sa capacité, générant ainsi des bénéfices à l'ensemble des partenaires de la chaîne logistique.

Travaux de…	Clause étudiée	Classe des Clauses	Domaine de performance
(Das & Abdel-Malek, 2003) (Yazlali & Erhun, 2007) (Chen & Krass, 2001) (Schneeweiss et al, 2003)	Quantité minimale de commande assurée par l'entreprise manufacturière Borne minimale et maximale de la commande Totalité de la commande sur un horizon Engagement de quantité par période	**Produit**	***Fiabilité***
(Das & Abdel-Malek, 2003)	Limite d'acceptation de produits défectueux	**Processus** (Réception)	
(Yazlali & Erhun, 2007) (Liston et al, 2007) (Anupindi & Akella, 1993)	La flexibilité de modification de commandes passées est fonction des commandes en cours, un pourcentage est accordé. Contrainte de flexibilité Engagement sur quantités avec possibilité de modifier les commandes dans la limite d'un pourcentage de flexibilité.	**Moyens de fabrication** (capacité de production)	***Flexibilité***
(Bassok & Anupindi, 1997) (Schneeweiss et al, 2003) (Barnes-Schuster et al,1998)	Quantité minimum et Quantité maximum par période Engagement de quantité sur un horizon Quantité minimum et Quantité maximum sur un horizon	**Processus** (Livraison)	
(Henig et al, 1997) and (Serel et al, 2001) (Jin & Wu, 2007) (Cachon & larivière, 1999) (Schneeweiss et al, 2003)	Réservation de capacité Réservation de capacité déductible (valeur de réservation déduite du coût final) Engagement de capacité Ajustement de capacité pour le client et le fournisseur	**Moyens de fabrication** (capacité de production)	
(Das & Abdel-Malek, 2003) (Ningxiong, 2005) (Anupindi & Bassok,1999) (Jaruphongsa et al, 2004) (Frascatore & Mahmoodi, 2007)	Chez le client: *Coût des efforts* (si les livraisons exigées requièrent un délai inférieur au délai convenu et/ ou une quantité supérieure à celle convenue avec le fournisseur) *Coût d'annulation d'une commande* *Coût de modification de la commande* Chez le fournisseur: *Coût de livraison précoce* (si la date de livraison est antérieure à la date convenue dans le contrat) *Coût de surcharge* (si la quantité livrée dépasse la quantité convenue)	**Gestion commerciale**	***Coût***
(Schneeweiss et al, 2003)	Un bonus est attribué au fournisseur si les livraisons coïncident exactement avec le besoin		
(Das & Abdel-Malek, 2003)	Un délai de livraison minimal est requis	**Processus (Livraison)**	***Réactivité***

Tableau 2.7 : Travaux sur les contrats d'approvisionnement (supply contracts)

Dans (Chen & Krass, 2001) un modèle continu de gestion des stocks à révision périodique est proposé afin de tester la clause d'engagement sur une totalité de produits durant un horizon donné. Le modèle d'optimisation tente de rechercher la solution optimale, à savoir la quantité d'engagement la plus rentable dans un contexte donné entre un client et un fournisseur. Dans les travaux de (Ningxiong, 2005), l'auteur étudie par simulation l'efficacité de l'adoption de différents coûts de pénalité en cas d'annulation de la commande; la programmation dynamique est adoptée pour optimiser les intérêts du client et du fournisseur. L'objectif du client est de choisir les commandes et la politique d'annulation qui minimise ses coûts et l'objectif du fournisseur est de choisir les pénalités d'annulation les plus rentables en début de l'horizon de planification. Un compromis est recherché lors des simulations.

Il est intéressant de remarquer que la majorité des approches de modélisation s'appuient sur des modèles continus et probabilistes, afin de prendre en compte l'incertitude sur la demande. (Schneeweiss et al., 2003) fait partie des rares travaux s'appuyant sur des approches linéaires basées sur une demande déterministe, à l'instar de celle que nous développerons dans cette thèse dans les prochains chapitres.

4. Proposition d'un cadre d'analyse support à la contractualisation

L'analyse des pratiques industrielles et la variété des travaux issus de la littérature scientifique révèlent des approches sensiblement différentes dans la manière de se protéger des évènements redoutés. Pour certaines entreprises, le recours à la contractualisation est pragmatique, sans réelle méthode de contractualisation pour la protection de leurs intérêts (§ 1.3.2); cela s'explique par le manque d'instrumentation, d'outils d'analyse et par manque de rigueur sur les clauses réellement adaptées au contexte de l'entreprise, faute de pouvoir évaluer leur impact sur la performance. Dans cette partie, nous proposons *un outil d'aide à l'analyse de la relation contractuelle,* visant à faciliter l'identification des clauses à porter sur un contrat d'approvisionnement.

4.1. Objectifs du cadre proposé

Le nombre limité de travaux sur le thème des «contrats d'approvisionnement et risques », nous invite à investiguer le sujet et proposer une approche d'analyse structurée visant à fournir au décideur un outil d'aide à la contractualisation.
Les travaux de (Krueger & Uhlig, 2006) abordent le partage de risque sous l'angle financier et traduisent l'incidence d'un risque en une fonction de coût. Les résultats obtenus permettent la comparaison des deux politiques de partage de risque, sans plus large perception de l'utilité du contrat d'approvisionnement dans la maîtrise des risques.
(He & Zhang, 2007) s'inscrivent également dans cette même logique, les auteurs menant des expérimentations dans un contexte de production risqué (à rendement aléatoire). Leurs travaux consistent à répartir le risque de rendement aléatoire sur l'ensemble des partenaires et à tester différentes politiques de partage de risque sur la chaîne. Les résultats montrent que, sous certaines conditions, l'aspect aléatoire permet d'augmenter la performance de la chaîne.

L'objectif du cadre d'analyse que nous proposons dépasse la simple incidence d'un risque sur la performance financière de la chaîne logistique. Le propos est de dérouler une démarche globale allant de l'analyse du contexte de collaboration vers l'obtention progressive des clauses intéressantes à contractualiser avec le partenaire (Amrani-Zouggar et al., 2008). Cette proposition s'appuie sur les postulats suivants :

- Les situations à risque émanant de l'apparition d'événements redoutés de nature exogène peuvent être maîtrisées au travers de la contractualisation et de la définition de clauses adéquates.
- Les clauses portées au contrat d'approvisionnement participent activement à l'amélioration de la performance de la chaîne logistique.
- Les événements redoutés, les clauses contractuelles et les domaines de performance sont corrélés et doivent donc être considérés dans une approche globale.

4.2. Principe

Le cadre d'analyse vise à identifier les clauses les plus adéquates à porter au contrat, à l'usage des parties engagées dans le processus de contractualisation. Nous basons l'analyse sur les éléments introduits précédemment :

- *Les événements redoutés (ER) :* évènements pouvant constituer des sources de perturbation des différents processus, susceptibles d'impacter négativement la performance.

- *Les clauses (CL) :* correspondent aux engagements portés au contrat d'approvisionnement.

- *Les domaines de performances (DP) :* correspondent aux objectifs de performance justifiant la rédaction de clauses contractuelles visant à satisfaire ces objectifs. Ils se déclinent en quatre domaines issus du modèle SCOR (Coût, flexibilité, fiabilité et réactivité).

Nous partons de l'hypothèse qu'il est possible de connaître au sein d'une entreprise les événements redoutés, leur gravité, leur probabilité d'occurrence, ainsi que l'influence d'un événement redouté sur les domaines de performances. L'identification de ces paramètres est souvent affaire d'expertise, et se fait par retour d'expériences.

L'échelle d'évaluation (Tableau 2.8) choisie pour la probabilité d'occurrence fait référence à l'échelle telle qu'elle est préconisé par (Desroches et al., 2003). Celle utilisée pour caractériser l'influence des événements redoutés sur les domaines de performance est subjective dans sa définition, mais comporte le même nombre d'échelons que la précédente. Ces échelles sont données à titre indicatif et peuvent être bien évidemment modifiées selon la résolution souhaitée de la mesure.

Échelle	Probabilité d'occurence	Influence ER sur DP
1	Impossible à probable	Influence mineure
2	Très peu probable	Influence significative
3	Peu probable	Influence grave
4	Probable	Influence critique
5	Très Probable	Influence catastrophique

Tableau 2.8 : Echelles de mesure

4.3. Formalisme utilisé

Compte tenu des nombreuses relations liant les éléments du triplet (ER, DP, CL), nous souhaitons évaluer de manière progressive l'importance de chaque clause pour le partenaire contractant. Le modèle proposé comme support à l'analyse se veut générique et applicable à tout acteur de la chaîne logistique, qu'il soit client ou fournisseur dans la relation d'approvisionnement. Il s'appuie sur une grille inspirée du QFD (Quality Function Deployment) et constituée de 6 zones distinctes.

La grille est un tableau à deux dimensions. Les colonnes regroupent, d'une part, l'ensemble des événements redoutés identifiés par l'entreprise et qui sont à prendre en considération dans l'établissement des clauses à porter au contrat. Les lignes représentent les clauses potentielles. Les domaines de performance sont mentionnés, afin de mettre en exergue les relations entre ces derniers et les événements redoutés, ainsi que les relations existantes entre domaines de performance et clauses contractuelles.

Les différentes zones apparaissant dans la grille d'analyse traduisent (Figure 2.5):

- zone 1 : l'existence ou non d'un lien de couverture entre la clause mentionnée et les événements redoutés. La case à l'intersection d'une ligne et d'une colonne se voit affecter la valeur 1 si la clause participe à contrer l'évènement redouté, 0 sinon.

- zone 2 : l'évaluation de l'influence des évènements redoutés sur les domaines de performance. L'échelle de mesure est celle du tableau (Tableau 2.8).
- zone 3 : la détermination de la probabilité d'occurrence des événements redoutés se fait selon l'échelle de valeur du tableau (Tableau 2.8).
- zone 4 : le calcul de l'utilité de chaque clause vis-à-vis du domaine de performance considéré.
- zone 5 : le calcul agrégé de l'utilité globale de chaque clause
- zone 6 : la représentation sous forme graphique de l'utilité précédemment calculée, facilite l'interprétation des résultats, notamment en comparant les points de vue du client et du fournisseur dans l'analyse de la relation d'approvisionnement.

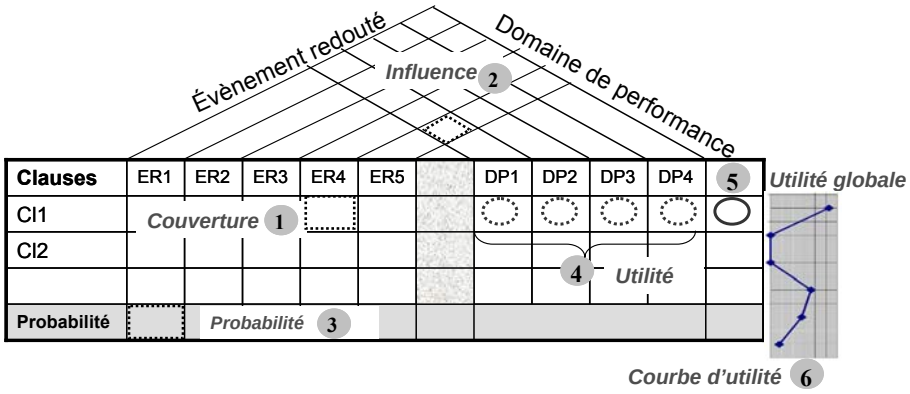


Figure 2.5 : Les bases de l'outil

4.4. Démarche d'analyse

La démarche d'analyse a comme objectif de définir les différentes étapes visant à renseigner et exploiter l'outil proposé en vue de spécifier les clauses du contrat d'approvisionnement.
La démarche d'analyse devra être précédée d'une phase de collecte d'information sur les domaines de performance, ainsi que les événements redoutés. Les domaines de performance pourront faire référence à ceux proposés au paragraphe §3.3, ou faire l'objet d'une définition spécifique propre au contexte d'étude et d'expertise.
Les étapes essentielles de la démarche sont synthétisées dans la figure (Figure 2.6).

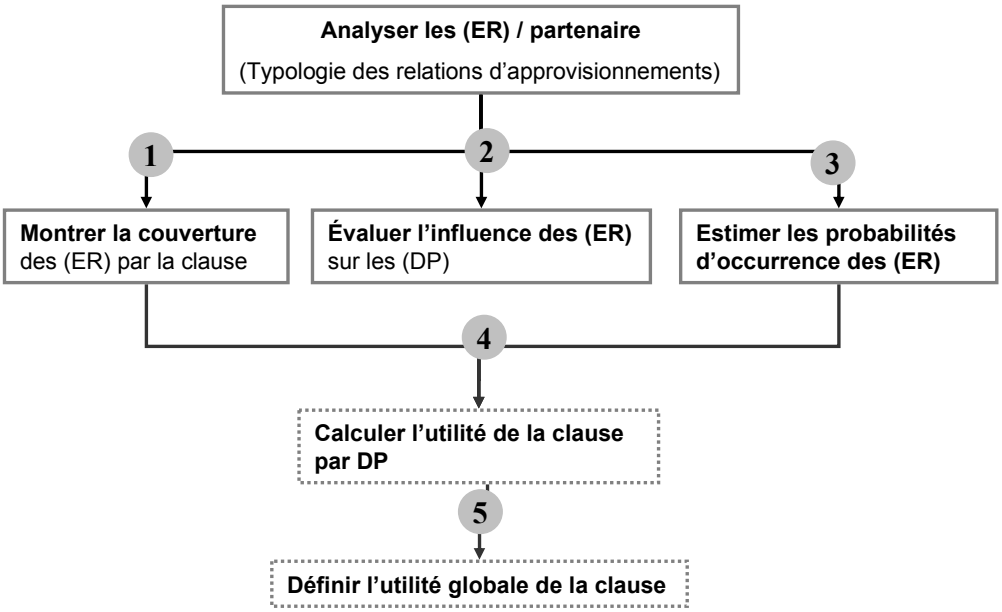


Figure 2.6 : La démarche proposée

1 Montrer la couverture d'un ER par la clause

La notion de couverture d'un évènement redouté peut se définir comme la capacité d'une clause à diminuer les dangers découlant de l'évènement redouté. Il s'agit ici d'identifier l'ensemble des relations liant les clauses aux événements. A cette étape, nous pouvons affiner l'analyse en supprimant toute clause qui ne serait liée à aucun événement, ou bien en omettant tout événement qui n'est pas concerné par une clause contractuelle; dans ce dernier cas, cela signifie probablement que l'événement n'est pas considéré comme suffisamment perturbant pour conduire à l'établissement d'une clause spécifique.

2 Evaluer l'influence des ER sur les domaines de performance DP

Une fois la couverture des événements redoutés définie, il s'agit d'évaluer l'influence de chaque ER sur la performance de la chaîne logistique, en projetant ce dernier sur les domaines de performance.

3 Estimer les probabilités d'occurrences des ER dans la relation contractuelle

Les conséquences d'un risque donné dépendent certes de la *gravité* de l'ER estimé par l'influence de l'ER sur les DP, mais également de *la probabilité d'occurrence* de l'ER, appelé également *fréquence*. Ni la fréquence, ni la gravité ne peuvent être prévues avec précision (Hassid, 2008). L'évaluation de la *probabilité d'occurrence* des ER (typiquement, loi de Poisson) est renseignée sur la base de lois de probabilité qui permettent de développer des estimations de fréquence sur une période de temps donnée.

4 Définir l'indice d'utilité de la clause par DP

L'indice d'utilité d'une clause pour un partenaire est alors déduit des informations déjà mentionnées dans la grille. *L'utilité d'une clause représente l'importance de la clause pour le partenaire et sa capacité à le protéger d'un certain nombre d'événements redoutés.* Sa valeur est intrinsèquement liée aux trois paramètres évoqués précédemment, à savoir, la couverture des ER, la probabilité d'occurrence des ER et l'influence des ER sur les DP.

Si nous adoptons les notations suivantes :

$$\begin{cases} i \quad \text{indice des clauses CL} \\ i = 1,\ldots,n \end{cases} \quad \begin{cases} j \quad \text{indice des ER} \\ j = 1,\ldots,m \end{cases} \quad \begin{cases} k \quad \text{indice des DP} \\ k = 1,\ldots,4 \text{ (Flexibilité, Coût, Réactivité, Fiabilité)} \end{cases}$$

Les différentes zones identifiées dans le modèle mettent en exergue les paramètres suivants :

$U_{i,k}$	Indice d'utilité de la clause i pour le domaine de performance k
$Couv_{i,j}$	Couverture de l'évènement redouté j par la clause i
$Influ_{j,k}$	Influence de l'évènement redouté j sur le domaine de performance k
$Proba_j$	Probabilité d'occurrence de l'évènement redouté j

L'utilité d'une clause vis-à-vis d'un domaine de performance représente son habilité à contrer les différents ER.

Considérant la colonne j relative à un ER (Figure 2.7), nous formons : $Couv_{i,j} \,.\, Proba_j \,.\, Influ_{j,k}$, puis considérant m ER, nous valuons l'utilité de la clause i pour le domaine k par :

$$\forall i,k : U_{i,k} = \sum_{j=1}^{m} Couv_{i,j} \,.\, Proba_j \,.\, Influ_{j,k}$$

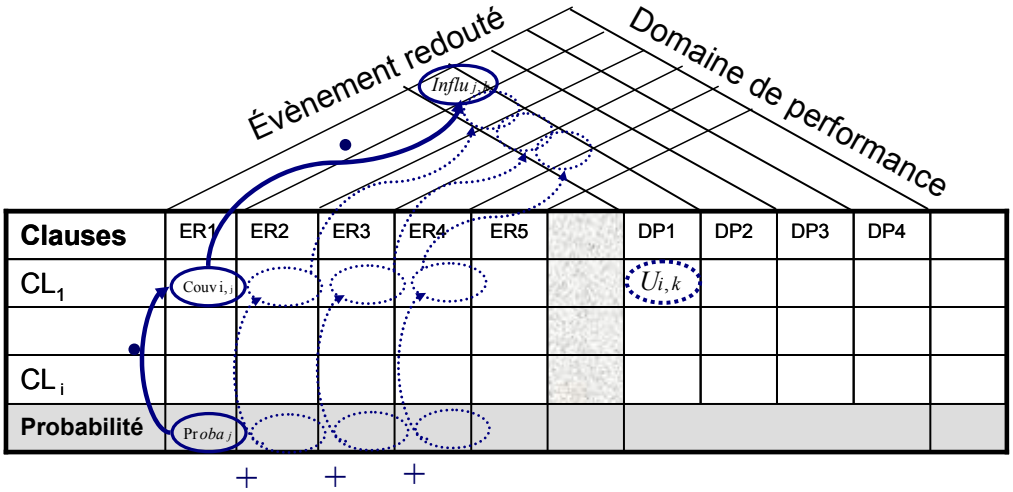


Figure 2.7 : Calcul de l'utilité par domaine de performance DP

5 *Définir l'indice d'utilité globale de la clause*

A ce stade, il devient possible de produire une valeur agrégée de l'utilité globale d'une clause, en pondérant chaque utilité détaillée en fonction du niveau d'importance que l'expert accorde à chaque domaine de performance. Si nous notons :

U_i Indice d'utilité globale de la clause i

ω_k Indice de pondération du domaine de performance k

Nous valuons l'utilité globale de la clause par :

$$U_i = \sum_{k=1}^{4} \omega_k . U_{i,k}$$

L'utilité d'une clause est d'autant plus élevée qu'elle couvre une multitude d'évènement redouté (clause à fort potentiel de couverture) et qu'elle traite des ER à forte probabilité d'occurrence et à haute influence sur les domaines de performance. L'analyse que nous proposons peut ainsi guider le décideur dans la classification des clauses par niveau d'importance, et orienter les négociations entre partenaires lors du processus de contractualisation.

6 *Tracé de la courbe d'utilité*

4.5. Généralisation à l'analyse bipartite de la relation client-fournisseur

Dans ce qui précède, la démarche d'analyse s'est volontairement centrée sur l'aide à la contractualisation en ne considérant que l'un des partenaires. Mais l'outil proposé doit s'appliquer bien évidement aux deux parties prenantes du contrat d'approvisionnement afin de confronter leur point de vues, et converger vers une solution consensuelle satisfaisante pour l'ensemble de ces derniers.

Il faut donc mener une analyse bipartite pour détecter les conflits qui peuvent survenir dans les clauses du contrat, notamment lorsqu'un événement s'avère redouté par un partenaire et bénéfique pour l'autre. Une clause stipulée au contrat est, en effet, souvent à profit asymétrique (satisfaisant l'une des parties et contraignant l'autre). Les consensus doivent naître de l'ensemble des clauses et équilibrer les intérêts que chacun retire de la

contractualisation. L'analyse de la relation contractuelle s'appuie alors sur deux grilles symétriques, chacune d'elles représentant le point de vue d'un partenaire.

La colonne des clauses devient *la dorsale commune* entre les deux points de vue d'analyse. Chaque partenaire identifie ses propres événements redoutés et calcule ses propres valeurs d'utilité. Par convention, nous utiliserons la grille de droite pour représenter le client et la grille de gauche pour le fournisseur (Figure 2.8).

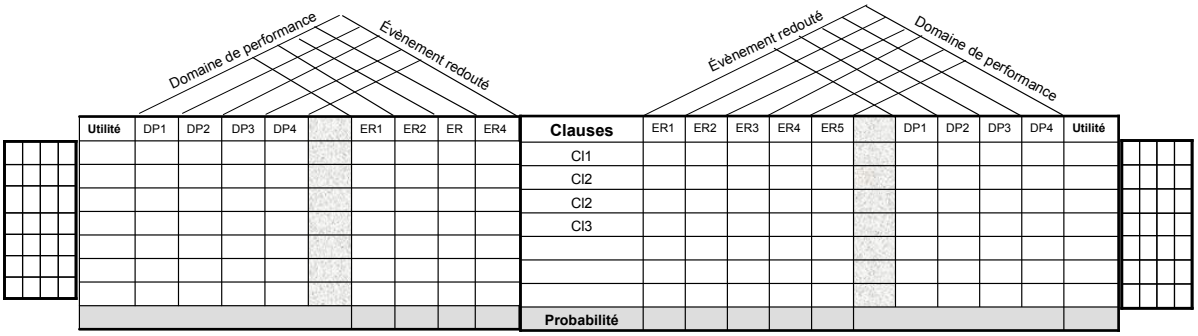


Figure 2.8 : Grille d'analyse conjointe de la relation contractuelle par calcul de l'utilité des clauses

Ainsi, chaque décideur peut prendre conscience de la pertinence d'une clause et de son importance sur sa propre performance et celle de son partenaire tout en identifiant les éléments antagonistes autour desquels une négociation est nécessaire. En effet, lors de la recherche d'un consensus, il devient capital pour les partenaires d'identifier les marges de négociation dont ils disposent pour orienter les transactions à leur avantage. Pour ce faire, il devient intéressant de mesurer *l'écart d'utilité* sur une clause donnée.

4.5.1. Les écarts d'utilité des clauses

Nous définissons l'écart d'utilité ΔU_i (voir Figure 2.9) par la distance qui sépare la valeur d'utilité de la clause i pour le fournisseur U_i^{Fr} de la valeur d'utilité de la même clause (i) pour le client U_i^{Cl}

$$\Delta U_i = |U_i^{Cl} - U_i^{Fr}|$$

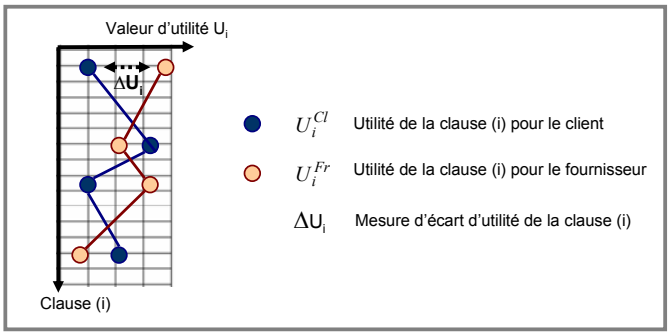


Figure 2.9 : Mesure d'écart d'utilité

Un classement des écarts ΔU_i par ordre décroissant fournira une priorisation des clauses à considérer durant la négociation. L'accent sera mis sur les clauses qui occasionnent un *écart d'utilité élevé*. Ces clauses sont fortement sujettes à négociation, car elles traduisent des intérêts antagonistes. En revanche, les clauses qui occasionnent un faible écart d'utilité sont

consensuelles et ne nécessitent pas autant d'attention. Par ailleurs, un tel classement nécessite de prendre en compte la priorité stratégique de tel ou tel partenaire.

4.5.2. Classement des écarts d'utilité

La typologie des relations d'approvisionnement joue un rôle prépondérant dans la définition du jeu de pouvoir entre partenaires. En effet, selon que le client ou le fournisseur sont dominants, le classement des ΔU_i dépendra de leur positionnement.
Nous distinguons les jeux de pouvoir découlant des différentes relations d'approvisionnement issues du portefeuille des relations (identifiées au paragraphe §3.2):

- *Client > Fournisseur :* cette situation correspond soit à la relation de marché ou à la relation de pouvoir. L'analyse des clauses se fera en priorisant les écarts d'utilité au bénéfice du client classés par ordre décroissant, puis les écarts d'utilité au bénéfice du fournisseur classés à leur tour par ordre décroissant.

- *Client ~ Fournisseur :* cette situation correspond à la relation long-terme. L'analyse des clauses se fera sans franche priorisation des écarts d'utilité. Le classement des ΔU_i se fera par ordre décroissant.

- *Fournisseur >> Client :* cette situation correspond à une relation partenariale dans laquelle le client est tellement dépendant de son fournisseur qu'il est prêt à concéder sur plusieurs points. L'analyse des clauses se fera en priorisant les écarts d'utilité au bénéfice du fournisseur classés par ordre décroissant, puis les écarts au bénéfice du client, classés à leur tour par ordre décroissant.

La mesure des écarts d'utilités issus de notre cadre d'analyse fait apparaître l'éventuelle divergence d'intérêts entre les deux partenaires. Un grand écart signifie que la clause est majoritairement bénéfique à un partenaire plutôt qu'à un autre, pouvant créer en cela une situation conflictuelle ou bien exprimant une relation de pouvoir commercial déséquilibrée. Plus l'écart se réduit, plus la clause est consensuelle et participe à la satisfaction d'objectifs communs.

5. Application du cadre d'analyse à des cas industriels

Pour illustrer l'applicabilité de notre cadre d'analyse des clauses contractuelles, nous considérons deux cas d'étude issus, l'un de l'industrie agro-alimentaire, l'autre du domaine aéronautique.
La démarche proposée s'attache, sur deux exemples, à relever l'ensemble des clauses jugées comme essentielles, voire incontournables pour chacun des partenaires et à faire émerger progressivement les clauses critiques méritant une attention accrue durant les négociations.

5.1. Exemple issu de l'industrie agro-alimentaire

5.1.1. Contexte de la relation d'approvisionnement

Soit une entreprise cliente désireuse de s'approvisionner en produit agro-alimentaire auprès d'un fournisseur. La formalisation de la relation d'échange entre le client et son fournisseur se matérialise par un contrat d'approvisionnement regroupant différentes clauses contractuelles.

Ici, le produit alimentaire est un produit standard proposé par une multitude de fournisseurs sur le marché. Le choix s'est porté sur un fournisseur particulier ayant réussi l'étape de sélection des fournisseurs. Néanmoins l'entreprise opte pour le multisourcing (plusieurs sources d'approvisionnement) et se réserve la possibilité de recourir à d'autres fournisseurs en cas d'augmentation inopinée de la demande.

Nous reconnaissons ici une « relation de marché » selon la typologie présentée au § 3.2 : le produit approvisionné est standard et le volume d'activité relativement faible ; la demande est en moyenne stable et le multisourcing est possible ; les délais de livraison sont courts et la durée de vie du produit est assez longue pour pouvoir supporter un stockage.

5.1.2. Déroulement de l'analyse

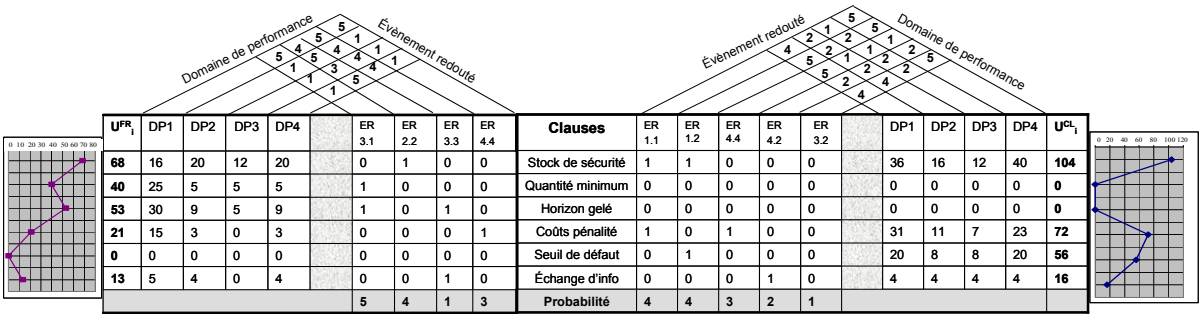
La première étape consiste en l'énumération des événements redoutés afin d'identifier les menaces qui pèsent sur la relation d'approvisionnement étudiée.

Nous pouvons relever les principaux événements redoutés: *manquants dus au délai de livraison, manquants dus à la mauvaise qualité des produits livrés, modalité de paiement.* Nous pouvons aussi intégrer d'autres événements redoutés tels que : *fluctuation de la demande et manque de visibilité sur le déroulement des opérations chez le fournisseur.* Ces événements sont référencés suivant les notations définies en §1.2 Sur la base de ces événements, les grilles d'analyse sont progressivement renseignées (Figure 2.10).

L'ensemble des clauses à considérer dans le processus de contractualisation sont alors identifiées (définition d'un stock de sécurité, d'une quantité minimum de commande, d'un horizon gelé, des coûts de pénalités, d'un seuil d'acceptabilité de produits défectueux, des échanges d'information,…). Les domaines de performances sont ceux mentionnés plus tôt (DP1 : Coûts, DP2 : Flexibilité, DP3 : Réactivité, DP4 : Fiabilité). Ces domaines sont jugés de même importance et se voient affecter le même poids.

Pour chacune des clauses énoncées, nous définissons la valeur binaire décrivant la couverture ou non de l'événement redouté considéré, et précisons la probabilité d'occurrence de chaque événement.

Par exemple, la clause de maintien d'un stock de sécurité chez le fournisseur offre à l'entreprise cliente la possibilité de pallier les événements redoutés ER1.1 (Manquants de livraison), et ER1.2 (qualité) d'où des variables de couverture égales à 1. L'ER4.4 (modalité de paiement), n'est pas couvert par cette clause d'où le « 0 ». La clause de stock de sécurité est certes souhaitée par le client mais également par le fournisseur, qui compte faire face aux aléas de production grâce aux stocks de sécurité afin d'éviter les ruptures. D'où la variable de couverture égale à 1 sur l'ER2.2 du fournisseur (perturbation des plans de production) et 0 par ailleurs.
Comme le client s'autorise à travailler en multi-sourcing (estimant que l'événement redouté de la fluctuation de la demande ER3.2 est très faible) d'où la valeur de probabilité d'occurrence pour l'ER3.2 estimée au niveau 1.



U^{FR}_i	DP1	DP2	DP3	DP4		ER 3.1	ER 2.2	ER 3.3	ER 4.4
68	16	20	12	20		0	1	0	0
40	25	5	5	5		1	0	0	0
53	30	9	5	9		1	0	1	0
21	15	3	0	3		0	0	0	1
0	0	0	0	0		0	0	0	0
13	5	4	0	4		0	0	1	0
						5	4	1	3

Clauses	ER 1.1	ER 1.2	ER 4.4	ER 4.2	ER 3.2		DP1	DP2	DP3	DP4	U^{CL}_i
Stock de sécurité	1	1	0	0	0		36	16	12	40	104
Quantité minimum	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Horizon gelé	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0
Coûts pénalité	1	0	1	0	0		31	11	7	23	72
Seuil de défaut	0	1	0	0	0		20	8	8	20	56
Échange d'info	0	0	0	1	0		4	4	4	4	16
Probabilité	4	4	3	2	1						

Figure 2.10 : Grille d'analyse d'une relation d'approvisionnement

(cas d'étude dans le domaine agro-alimentaire)

L'analyse des grilles permet les constats suivants :

- Certaines clauses visent uniquement à réduire les événements redoutés d'une seule des deux parties. Ainsi, la clause concernant « le seuil de défaut acceptable » permet au client de se prémunir contre l'ER1.2 « manquants dus à la mauvaise qualité des produits », et ne participe nullement à pallier les ER du fournisseur (d'où des variables de couverture égales à « 0 »).
- Les écarts d'utilité des clauses calculés mettent en exergue des antagonismes d'intérêts.

5.1.3. Discussion & Analyse

Nous constatons d'emblée que l'utilité d'une clause n'est pas perçue de la même manière du point de vue client et fournisseur. Pour exemple, la clause « Horizon gelé » est peut être utile pour le fournisseur mais n'est nullement avantageuse pour le client.

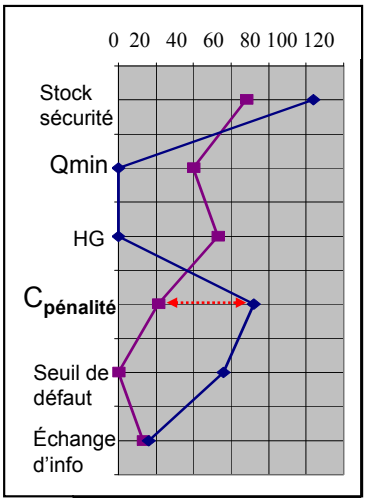


Figure 2.11 : Ecarts d'utilité

En effet (Figure 2.11), si on établit une analyse par partenaire, les clauses au profit du client (profil en losange) sont respectivement : le stock de sécurité, les coûts de pénalité, le seuil de défaut acceptable et en dernier lieu l'échange d'information. Les clauses au profit du fournisseur (profil en rectangle) sont quant à elles le stock de sécurité, l'horizon gelé, la quantité minimum de commande et enfin les coûts de pénalité.

Dans le tableau (Tableau 2.9), nous commençons par déceler les écarts d'utilité entre les deux partenaires (client et fournisseur). Naturellement dans toute relation d'approvisionnement, le jeu de pouvoir est déterminant dans l'identification des priorités. Ici, la relation de marché donne l'ascendance au client ce qui conduit à classer les ΔU_i par ordre décroissant chez le client puis par ordre décroissant chez le fournisseur (§ 4.5.2).

Clauses	U_i^{Cl}	U_i^{Fr}	$\Delta U_i = \lvert U_i^{Cl} - U_i^{Fr} \rvert$	Jeu de pouvoir (Client >> Fr)	ΔU_i Ordre décroissant	Clauses sensibles
Stock de sécurité	104	68	**36**	**Client**	**56**	Seuil de défaut
Quantité minimum	0	40	40		**51**	Coûts de pénalité
Horizon gelé	0	53	53		**36**	Stock de sécurité
Coûts de pénalité	72	21	**51**		**3**	Échange d'information
Seuil de défaut	56	0	**56**	**Fournisseur**	**53**	Horizon gelé
Échange d'information	16	13	**3**		**40**	Quantité minimum

Tableau 2.9 : Calcul des écarts d'utilité et clauses sensibles

Nous observons dès lors que :

- La clause « Seuil de défaut » est au bénéfice du client et le fournisseur aura du mal à la refuser. Cependant, comme elle n'est aucunement en sa faveur, celui-ci pourra essayer de négocier le seuil d'acceptabilité des produits défectueux à son avantage.
- Les « Coûts de pénalité » sont ensuite traités et revus par les deux partenaires.
- Le « stock de sécurité » désigne une clause non conflictuelle (écart d'utilité faible), puisque avantageant les deux partenaires et permettant de pallier des ER chez les deux partenaires.
- La clause « Echange d'information » ne revêt que peu d'intérêt dans ce type de relation d'approvisionnement. En effet, le client est, ici, faiblement dépendant du fournisseur. Les produits sont standardisés et une multitude de sources d'approvisionnement sont disponibles et capables de fournir le produit en cas de problème. Aussi la production du client n'est-elle pas directement tributaire de la livraison des produits approvisionnés, d'où l'inutilité d'échanges constants d'informations.
- La clause « Horizon gelé » est au profit du fournisseur qui bénéficie ainsi d'un volume de vente stable à travers un engagement ferme sur cet horizon. Mais tout client averti saura que l'horizon gelé n'est pas de mise dans une relation de marché et ne cédera pas facilement à cette exigence du fournisseur.
- La clause « Quantité minimum » amène une situation conflictuelle du fait du fort indice d'utilité pour le fournisseur, pourtant considéré comme nul par le client. Ce dernier étant en position dominante peut refuser cette clause.

5.2. Exemple issu l'industrie aéronautique

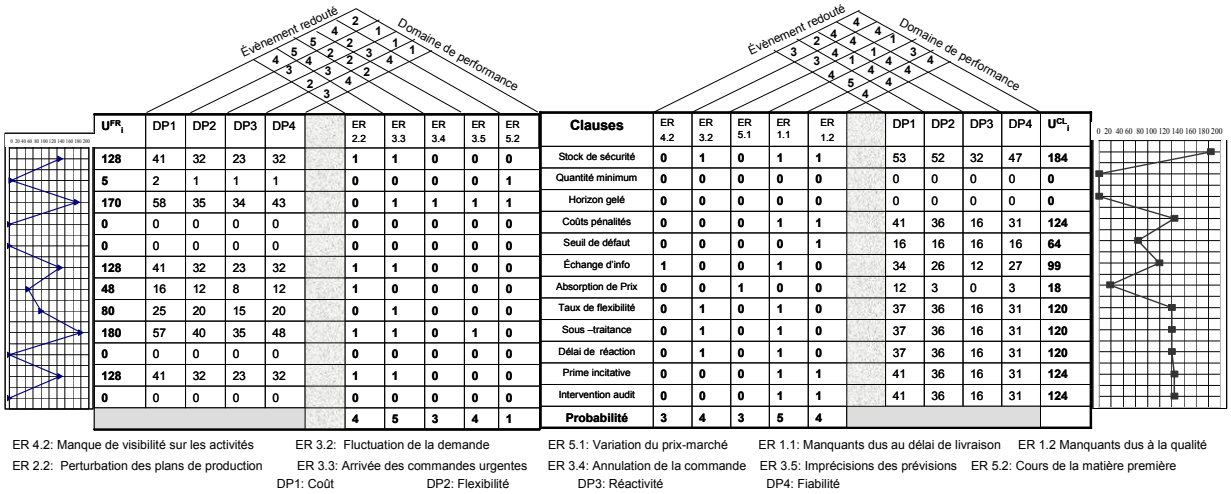
5.2.1. Contexte de la relation d'approvisionnement

Soit une entreprise cliente du secteur aéronautique souhaitant s'approvisionner en composants électroniques auprès d'un fournisseur. Le composant en question est très spécifique, de haute technicité, et peu de fournisseurs sont en mesure de répondre aux spécifications exigées. L'entreprise a effectué sa procédure de sélection et a opté pour un fournisseur déterminé. L'entreprise se concentre sur ce fournisseur exclusif. Envisager le multisourcing dans ce cas

d'approvisionnement de haute technicité est en effet une alternative difficile et coûteuse à mettre en place.
Cette relation d'approvisionnement est de type *relation partenariale* (§ 3.2) et reflète la place privilégiée du fournisseur en raison de son savoir-faire et la dépendance opérationnelle du client.
La demande sur ces composants spécifiques est fluctuante. Les délais de livraison sont, en règle générale, longs et incertains car le fournisseur réalise sa propre planification et ses délais de production sont importants. Par ailleurs, les composants sont non périssables et peuvent être stockés sans difficulté.

5.2.2. Déroulement de l'anlayse

On établit une reconnaissance des événements redoutés en fonction du contexte de la relation d'approvisionnement, puis on mène l'identification des clauses négociables.



U^{FR}_i	DP1	DP2	DP3	DP4		ER 2.2	ER 3.3	ER 3.4	ER 3.5	ER 5.2
128	41	32	23	32		**1**	**1**	**0**	**0**	**0**
5	2	1	1	1		**0**	**0**	**0**	**0**	**1**
170	58	35	34	43		**0**	**1**	**1**	**1**	**1**
0	0	0	0	0		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
0	0	0	0	0		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
128	41	32	23	32		**1**	**1**	**0**	**0**	**0**
48	16	12	8	12		**1**	**0**	**0**	**0**	**0**
80	25	20	15	20		**0**	**1**	**0**	**0**	**0**
180	57	40	35	48		**1**	**1**	**0**	**1**	**0**
0	0	0	0	0		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
128	41	32	23	32		**1**	**1**	**0**	**0**	**0**
0	0	0	0	0		**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
						4	**5**	**3**	**4**	**1**

Clauses	ER 4.2	ER 3.2	ER 5.1	ER 1.1	ER 1.2		DP1	DP2	DP3	DP4	U^{CL}_i
Stock de sécurité	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**		53	52	32	47	**184**
Quantité minimum	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		0	0	0	0	**0**
Horizon gelé	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**		0	0	0	0	**0**
Coûts pénalités	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**		41	36	16	31	**124**
Seuil de défaut	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**		16	16	16	16	**64**
Échange d'info	**1**	**0**	**0**	**1**	**0**		34	26	12	27	**99**
Absorption de Prix	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**		12	3	0	3	**18**
Taux de flexibilité	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**		37	36	16	31	**120**
Sous –traitance	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**		37	36	16	31	**120**
Délai de réaction	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**		37	36	16	31	**120**
Prime incitative	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**		41	36	16	31	**124**
Intervention audit	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**		41	36	16	31	**124**
Probabilité	**3**	**4**	**3**	**5**	**4**						

ER 4.2: Manque de visibilité sur les activités — ER 3.2: Fluctuation de la demande — ER 5.1: Variation du prix-marché — ER 1.1: Manquants dus au délai de livraison — ER 1.2 Manquants dus à la qualité
ER 2.2: Perturbation des plans de production — ER 3.3: Arrivée des commandes urgentes — ER 3.4: Annulation de la commande — ER 3.5: Imprécisions des prévisions — ER 5.2: Cours de la matière première
DP1: Coût — DP2: Flexibilité — DP3: Réactivité — DP4: Fiabilité

Figure 2.12 : Grille d'analyse d'une relation d'approvisionnement

(cas d'étude dans le domaine aéronautique)

Les ER sont reportés sur la grille (Figure 2.12) en rapport avec la participation des différentes clauses à la couverture des différents ER.
Les probabilités d'occurrence des ER et les influences des événements redoutés sur les domaines de performance sont valuées par des interviews chez le client et chez le fournisseur.
Une fois la grille remplie, le calcul des utilités des clauses pour chacun des deux partenaires est effectué. Nous obtenons alors les deux profils d'utilité de clauses pour les différents partenaires - *client à droite et le fournisseur à gauche* (Figure 2.12).

5.2.3. Discussion & Analyse

Le mapping des deux profils d'utilité révèle les clauses à écart prononcé devant susciter le maximum d'attention de la part des décideurs. En effet, dans ce cas d'étude, le pouvoir du fournisseur et du client sont analogues. Lors du classement des utilités des clauses, nous ne pouvons pas faire passer les intérêts du client avant ceux du fournisseur. Les clauses seront hiérarchisées sans dénigrer les besoins du fournisseur, ni prioriser ceux du client (§ 4.5.2). Ainsi, à jeu de pouvoir égal, aucune prédominance ne sera affichée (Tableau 2.10).

Clauses	U_i^{Cl}	U_i^{Fr}	$(\Delta U_i) = \lvert U_i^{Cl} - U_i^{Fr} \rvert$	ΔU Ordre décroissant	Clauses sensibles
Stock de sécurité	184	128	56	170	Horizon gelé
Quantité minimum	0	5	5	124	Coûts pénalités
Horizon gelé	0	170	170	124	Service audit qualité
Coûts pénalités	124	0	124	120	Délai de réaction
Seuil de défaut	64	0	64	64	Seuil de défaut
Échange d'info	99	128	29	60	Quantité à sous traiter
Absorption de prix	18	48	30	56	Stock de sécurité
Taux de flexibilité	120	80	40	40	Taux de flexibilité
Quantité à sous traiter	120	180	60	30	Absor. variation de prix
Délai de réaction	120	0	120	29	Échange d'info
Prime incitative	124	18	4	5	Quantité minimum
Service audit qualité	124	0	124	4	Prime incitative

Tableau 2.10 : Calcul des écarts d'utilité et clause sensibles

Nous identifions certaines clauses sensibles. La clause « Horizon gelé » est la première clause sensible décelée. En effet, le fournisseur confronté à une production à la commande nécessite une organisation et une stabilisation des activités de production en négociant un horizon gelé afin de ne pas subir les fluctuations de la demande. Le client, quant à lui, remarquera que cette clause lui est préjudiciable dans la mesure où accorder un horizon gelé au fournisseur le prive d'une certaine souplesse de commande. Comme le fournisseur est un partenaire à fort pouvoir de négociation, le client ne peut qu'engager la négociation de cette clause, dans l'espoir de raccourcir l'horizon gelé.

La clause liée à la sous-traitance d'une certaine proportion des commandes n'est pas exclusivement au profit de l'un des partenaires, le faible écart d'utilité exprime le fait que les deux parties ont intérêt à négocier un recours à la sous-traitance. En effet, le fournisseur se donne le droit d'accroître sa souplesse de production par un potentiel recours à un tiers acteur et le client admet que le fournisseur ait besoin d'un degré de liberté supplémentaire pour garantir une meilleure réactivité face à sa demande fluctuante. Le client donne donc son agrément sur les modalités de sous-traitance souhaitées.

La clause « taux de flexibilité » est une clause au profit du client lui garantissant la mise à jour régulière du carnet de commande. On s'aperçoit que cette clause n'est pas conflictuelle, elle procure au client une flexibilité légitime que le fournisseur tentera de satisfaire dans la mesure du possible. Toutefois, le pouvoir de négociation du fournisseur lui permet de tempérer la demande de flexibilité du client.

L'intérêt de notre démarche se vérifie plus particulièrement au sujet des clauses: « quantité minimum de commande » et « primes incitatives ». Il est intéressant de constater que le client n'a nullement besoin de commander une quantité minimale, car le fournisseur est certain de pouvoir allouer ses capacités de production et son savoir-faire à d'autres clients. Il n'est donc pas menacé par l'événement redouté 'taux d'utilisation incertain des ressources'.
Cette constatation permet d'éviter de tergiverser dès le début de la négociation sur une clause qui, selon toute vraisemblance, n'est ni indispensable au fournisseur ni vraiment profitable au client.

Nous pouvons également évoquer ici les « primes incitatives » allouées par le client comme gratification à un fournisseur fidèle et ponctuel. Il est logique de retrouver cette clause en toute dernière position des clauses sensibles.

Conclusion

Face à un déficit méthodologique pour le cadrage de la relation contractuelle client-fournisseur, nous avons souhaité développer tout au long de ce chapitre des analyses ciblées sur le contrat d'approvisionnement.

Dans les premières sections nous avons présenté trois éléments d'analyse majeurs (risque, clause, performance) autour desquels s'articule notre cadre d'analyse. En effet, les pratiques industrielles recourent largement aux contrats d'approvisionnement, mais fonder les clauses d'une contractualisation en fonction des risques n'est pourtant pas une tâche triviale.

Par ailleurs, force est de constater que la relation contractuelle entre un client et un fournisseur pour l'approvisionnement en produit dépend des circonstances et des risques encourus. Nous avons donc proposé une typologie des relations d'approvisionnement, afin d'éclairer le décideur et l'inciter à déterminer les évènements redoutés qui découlent du contexte partenarial.

Au total, ce chapitre a introduit un cadre d'analyse s'appuyant sur les domaines de performance à atteindre, les événements redoutés menaçants le bon déroulement des opérations et le portefeuille des relations d'approvisionnement. Ce cadre facilite l'identification des clauses sensibles dans une relation d'approvisionnement, et permet de déduire les clauses foncièrement bénéfiques pour chaque partenaire par un calcul d'utilité.
Les clauses accusant un écart d'utilité élevé, sujettes à négociation, méritent une attention particulière de la part des décideurs. Le cadre d'analyse proposé constitue en quelque sorte un outil d'aide à l'analyse et à la priorisation des clauses d'approvisionnement utiles dans la relation contractuelle.

Dans ce chapitre nous avons estimé que le contrat d'approvisionnement, de par les clauses d'approvisionnement qui y figurent, impacte la performance de chaque partenaire et, en conséquence, la performance globale. Dans les prochains chapitres, nous nous proposons de resserrer le champ de notre étude sur l'évaluation quantitative de l'impact de clauses-type sur les performances des partenaires et de l'ensemble de la chaîne logistique.

Chapitre III

Modélisation de la planification tactique sous contrat d'approvisionnement

Sommaire

Introduction 84
1. Planification de la chaîne logistique 85
1.1. Planification globale de la chaîne logistique 85
1.1.1. Les informations nécessaires à la planification 86
1.2. Principe de la planification tactique 87
1.3. Cadre d'application de la planification tactique 88
1.4. Approches de planification 90
1.4.1. Choix de l'approche de modélisation 90
1.4.2. Positionnement de nos travaux 91
2. Proposition du modèle de planification 94
2.1. Hypothèses de modélisation 94
2.2. Grandeurs temporelles associées au modèle 95
2.3. Modèle de planification dynamique 96
2.3.1. Notations liées à l'aspect dynamique de la planification 97
2.3.2. Notations liées au problème de planification 97
2.3.3. Modèle de planification 99
2.3.4. Interactions entre centres de décision 100
3. Prise en compte des contrats d'approvisionnement 102
3.1. Formalisation de la clause d'horizon gelé (HG) 102
3.2. Engagement sur quantités par période (Q/t): formalisation des contraintes 103
3.3. Engagement sur des quantités par horizon (Q/He) : formalisation des contraintes. 105
3.3.1. Exemple illustratif du contrat Q/He 106
3.3.2. Généralisation des contraintes (Q/He) 108
4. Implémentation informatique du modèle de planification 109
4.1. Environnement de développement 109
4.2. Architecture et principales caractéristiques de la plateforme de simulation 109
Conclusion 111

Introduction

Trois observations majeures peuvent être dégagées au regard des deux précédents chapitres :

- L'environnement incertain auquel est confrontée la chaîne logistique nécessite une collaboration entre les différents acteurs qui la composent, afin d'en garantir les performances.

- La collaboration entre deux partenaires, lorsqu'elle met en jeu des flux matières, se définit de manière effective au travers d'un contrat d'approvisionnement stipulant les modalités d'échanges.

- Le contrat d'approvisionnement par les clauses qu'il renferme, participe à la maîtrise des risques en exploitation.

Lorsque nous parlons de contrat d'approvisionnement entre deux partenaires (client et fournisseur), nous nous plaçons généralement du point de vue du client, qui est généralement l'entreprise initiatrice de la collaboration (l'entreprise cliente choisit ses fournisseurs). Notre analyse se centre donc sur le processus d'approvisionnement.

Il est vrai que la compétitivité d'une entreprise passe aujourd'hui par le service approvisionnement. Les coûts d'approvisionnement représentent 50 % du compte de résultat des entreprises (Baglin et al., 2001).
L'amélioration de la fonction approvisionnement ne se résume pas uniquement dans la réduction des coûts globaux d'acquisition, l'assurance qualité, la sécurité des délais et les taux de service, mais aussi dans l'aptitude à assurer les modalités d'approvisionnement adéquates formulées au travers des contrats d'approvisionnement, dans l'optique de maîtriser les risques à court et à moyen termes. Le service approvisionnement constitue aujourd'hui un levier de performance significatif.

Le chapitre II a mis en exergue l'intérêt que peuvent représenter les clauses contractuelles pour pallier certains évènements redoutés de la chaîne logistique et leur incidence probable sur les divers domaines de performance. L'idée directrice de notre travail est l'estimation de l'impact de ces engagements contractuels d'approvisionnement sur les performances individuelles de chaque acteur et globale de la chaîne.

La nature distribuée du réseau de partenarires, s'agissant d'un ensemble d'entités juridiquement et économiquement indépendantes, nous amène à opter pour une architecture de pilotage distribuée de la chaîne dans laquelle chaque acteur élabore sa propre planification (préparation de plans de production, plans d'approvisionnement et plans de livraison) (Kok & Fransoo, 2003), (François et al., 2005).
Nous nous attachons ici à formaliser le processus de planification de chacun des partenaires en intégrant les contraintes issues des divers contrats d'approvisionnement. Ces dernières découlent des engagements particuliers qui déterminent la manière dont les matières sont approvisionnées et les pénalités engagées en cas de non respect des clauses contractuelles.

Deux types de contrat « engagement sur quantités par période » et « engagement sur quantités par horizon » sont étudiés. Chaque type de contrat est formalisé afin d'alimenter le modèle de planification générique que nous proposons.

Nous débuterons ce chapitre par un positionnement de la planification objet de nos travaux, à savoir la planification tactique et ses enjeux.
Au vu du contexte d'une demande fluctuante et de réalisation incertaine des opérations de la chaîne logistique, nous énoncerons l'intérêt de la planification à horizon glissant, qui est une pratique industrielle des plus répandues.

Nous parcourrons les approches de modélisation existantes en précisant notre positionnement. Un aperçu des travaux de (Galasso, 2007), (Despontin-Monsarrat, 2003) sera donné pour une meilleure compréhension des particularités liées à la présente thèse.
Quelques concepts clés de la planification tactique (Horizon de planification, période de planification, horizon gelé) seront présentés afin d'introduire les éléments nécessaires à la modélisation du processus décisionnel.

Nous formulerons enfin la problématique de planification que nous considérons et détaillons l'environnement d'un centre de décision dans l'objectif d'expliciter les informations échangées dans une relation client-fournisseur. Les contraintes générées par l'adoption de certains contrats-types seront formalisées, en tant qu'extension du modèle standard, pouvant être utilisées dans la planification d'un centre de décision de la chaîne logistique.

1. Planification de la chaîne logistique

1.1. Planification globale de la chaîne logistique

Un nombre conséquent de décisions sur différents horizons s'imposent pour le pilotage d'une chaîne logistique. Les principaux processus décisionnels à mettre en œuvre dans une chaîne logistique sont mentionnés dans la figure (Figure 3.1) et classés par niveaux conformément à la hiérarchie habituellement définie dans le domaine (chapitre I , § 1.3.2).

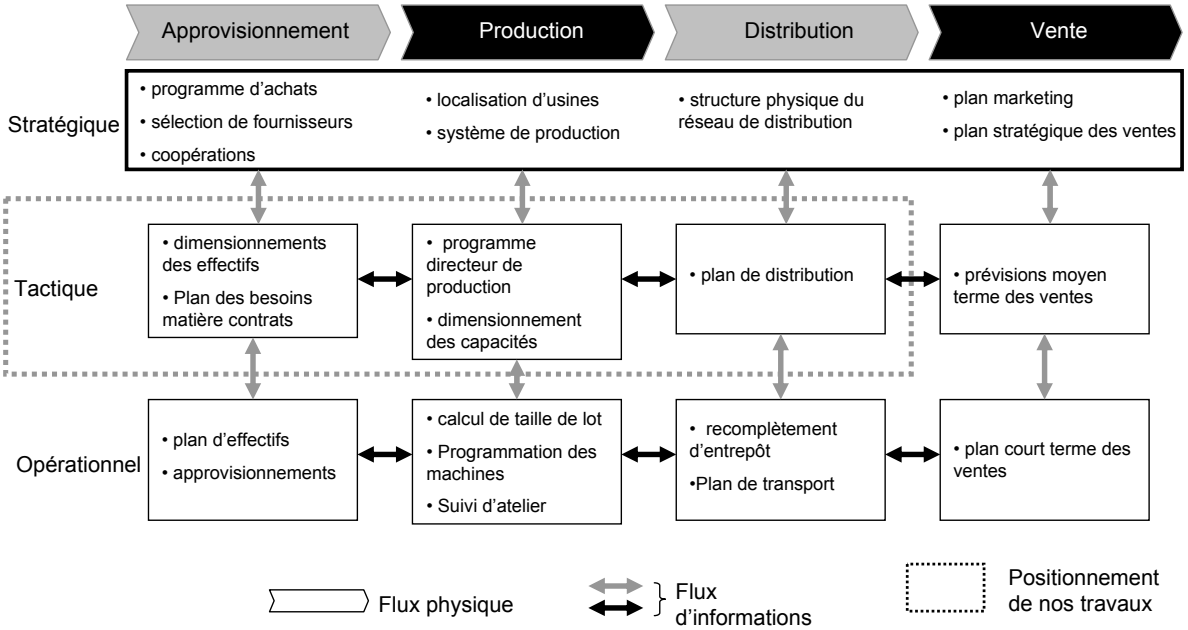


Figure 3.1 : Niveaux de planification dans la chaîne logistique tiré de (Fleischmann et al., 2000)

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons à la planification tactique à moyen terme en charge des décisions des volumes à produire, à stocker, à transporter et les décisions d'affectation des capacités pour répondre à la demande dans les délais prévus.

1.1.1. Les informations nécessaires à la planification

Afin d'alimenter le processus décisionnel et permettre au décideur de définir des plans adaptés et cohérents, il est nécessaire d'analyser la masse d'informations disponibles afin d'en extraire celles utiles à la planification. Le tableau (Tableau 3.1) présente, à partir de quelques travaux représentatifs, les informations les plus usitées en planification. Les auteurs ont identifié l'environnement informationnel nécessaire à la réalisation de la planification de production du long terme (PIC : Plan Industriel et Commercial), moyen terme (PDP : Plan Directeur de Production) et court terme (Plans d'ordonnancement).

Type d'information	(Bazet & de Terssac, 2001)		(Mercé & Fontan, 2001)	(Dupont, 2000)
Informations déclenchantes	Données physiques du système productif	Demandes prévisionnelles et commandes fermes	Demandes fermes, prévisionnelles émanant des clients	Données commerciales: Demande client, prévisions de ventes, délai de livraison
Informations techniques		Volume de main d'oeuvre disponible, capacité de production, gammes de production	Informations liées au processus et aux ressources de production (gammes, nomenclatures, postes de charge, capacité des ressources, possibilités de sous-traitance)	Données techniques (gammes, nomenclatures, délai de production, capacité de production)
Informations de suivi		Livraisons attendues, stocks disponibles	État du système de production (niveaux des stocks, des en-cours, de fabrication, pannes machines,…	Données sur l'état du système (suivi de production): niveau de stock, attendus de production, attendus de livraisons
Informations financières	Données comptables	Coûts de production, de modification du système de production, de modification des capacités de production, d'approvisionnement	Informations liées aux coûts mis en jeu (coûts de production, coûts de stockage, coûts de mise en fabrication…)	Données financières (Prix de vente, coût de production, d'achat, de transport, de stockage, d'utilisation de capacité…)

Tableau 3.1 : Informations nécessaires en planification

Nous avons classé les informations requises en quatre familles majeures :

- *Les informations déclenchantes,* qui regroupent les données relatives aux demandes prévisionnelles, aux commandes fermes, et qui déclenchent le processus de planification de production.
- *Les informations techniques* sur le système de production liées aux produits (nomenclatures, délais d'obtention…), aux ressources (limitations des capacités) et aux processus de fabrication (gammes).
- *Les informations de suivi* relatant les différentes activités du système durant le processus de réalisation des commandes (niveaux de stock, pannes machine, modification de commande, changement de priorité dans la production…)

- *Les informations financières* (coûts de fabrication, coût des capacités additionnelles…) nécessaires pour évaluer les conséquences financières des décisions de planification.

1.2. Principe de la planification tactique

Que ce soit aux niveaux stratégique, tactique ou opérationnel, la planification vise à organiser les activités de production tout en cherchant à limiter l'impact des différentes sources de risque dans la chaîne logistique. Le tableau (Tableau 3.2) issu des travaux de (Van Landeghem & Vanmaele, 2002), considère le rôle des niveaux de planification dans la réduction des risques.

Sources de risque	*Opérationnel*	*Tactique*	*Stratégique*
Taux de changes	●●●	●●	●
Délais fournisseurs	●	●●●	●
Qualité des composants fournisseurs	●●	●●	●
Aléa « manufacturies »	●●	●●	
Temps de transport	●●	●●	●
Coûts	●	●●●	●●
Environnement politique			●●
Régulation douanière	●	●●	
Capacité disponible	●●	●●	●
Capacité fournisseur	●●●	●●	●
Délais de transmission de l'information	●●●	●●	●
Demande	●	●●●	●●●
Fluctuation des prix	●	●●●	●

●●● Impact décisionnel très fort

●● Impact décisionnel fort

● Impact décisionnel existant

●●● ***Impact décisionnel très fort de la planification tactique***

Tableau 3.2: Rôle de la planification dans la maîtrise des risques (Van Landeghem & Vanmaele, 2002)

Nous centrons notre analyse sur le processus de planification tactique, en raison de son rôle important dans la maîtrise des risques (impact décisionnel très fort et qui constitue une décision à forte valeur ajoutée pour l'amélioration de la performance de la chaîne logistique.

(Tchernev, 1997) différencie trois types de problématique de planification tactique :

- La planification des activités amont, visant à gérer les approvisionnements de l'entreprise focale. La planification prévoit les achats et l'approvisionnement des unités de production en se basant sur une estimation grossière des temps de transport et de stockage de ces matières en amont de la chaîne.
- La planification des activités de production, concernant la circulation et la gestion des en-cours de production, l'approvisionnement des unités de production et de stockage au niveau des étapes intermédiaires de fabrication dans l'entreprise focale.
- La planification des activités aval, prévoyant les volumes à livrer pour satisfaire la demande des différents clients.

Pour notre part, nous nous intéressons à la planification des trois types d'activités cités : approvisionnement, production et livraison.

L'objectif de la planification tactique est également de réduire le niveau des immobilisations, passant également par une utilisation efficiente des ressources (lignes de production, personnels, moyens de transport, fournisseurs...) (Génin et al., 2005).

D'après (Shapiro, 1998), les décisions tactiques sont des directives pour la planification détaillée de la production et du transport au niveau opérationnel. Celles-ci touchent plus particulièrement :

- le choix des lieux de livraison (mono ou multi-sites) et des prestataires de transport
- la localisation des stocks dans le réseau de distribution et les niveaux cibles (de couverture et de sécurité)
- la définition des volumes et périodes de production en fonction de la répartition de la demande et des alternatives de production
- la répartition des approvisionnements dans le temps
- La mobilisation des capacités
- l'identification des coûts et immobilisations stockées

S'affranchir des effets néfastes de la fluctuation de la demande constitue l'un des grands défis de toute entreprise : «comment organiser ses moyens de production ?», « comment anticiper sur ses besoins en main d'œuvre et en équipement ?», « comment rester robuste et réactif ? » autant de questions liées à la planification tactique des chaînes logistiques et auxquelles se sont intéressés (Thierry, 2003) et (Lamouri, 2006). L'une des solutions effectives pratiquées sur le terrain afin de remédier aux problèmes évoqués ci-dessus est la planification à horizon glissant.

Le rafraîchissement périodique des plans constitue un moyen d'intégrer les variations du contexte de production (fluctuation de la demande, modification de capacité, problème de livraison …) dans la définition des nouveaux plans, lorsque celles-ci sont prévisibles (Millart, 1998), (Ran et al., 1998), (Simpson, 1999), (Rota, 2000), (Mercé & Fontan, 2001), (Verfaillie, 2007).

La planification à horizon glissant est un moyen d'intégration des aléas liés à la demande et au flux physique

Lorsque les incertitudes (fluctuation de la demande et perturbation du flux physique) affectent les périodes proches de l'instant courant de planification, l'entreprise dispose d'un nombre restreint de possibilités pour s'adapter aux événements perturbateurs. Il est donc souhaitable que les demandes se rapportant aux périodes proches de l'instant courant soient aussi précises que possible afin de ne pas varier entre deux planifications successives. A contrario, plus on s'éloigne de l'instant courant, plus il est difficile de définir des commandes avec certitude, mais plus il est facile de prendre en considération des modifications de demande.

La dynamique du processus de planification tactique fera l'objet d'une analyse plus fine au paragraphe § 2.3.1.

1.3. Cadre d'application de la planification tactique

Nous assimilons la chaîne logistique à un réseau d'entités, juridiquement et économiquement autonomes. Le caractère distribué du pilotage de la chaîne, consistant à doter chaque partenaire d'une totale autonomie décisionnelle (centre de décision), est une hypothèse forte dans nos travaux (Figure 3.2). En effet, la réalité du terrain révèle la rareté du pilotage centralisé, sauf dans certains cas de figure particuliers pour des entreprises multi sites.

Le pilotage distribué est donc la situation la plus courante. Celle-ci requiert un échange d'informations entre entités amont et aval (plans d'approvisionnement, délais fournisseurs, niveaux de stock….). Le partage d'information dépend du degré de coopération entre les entités.

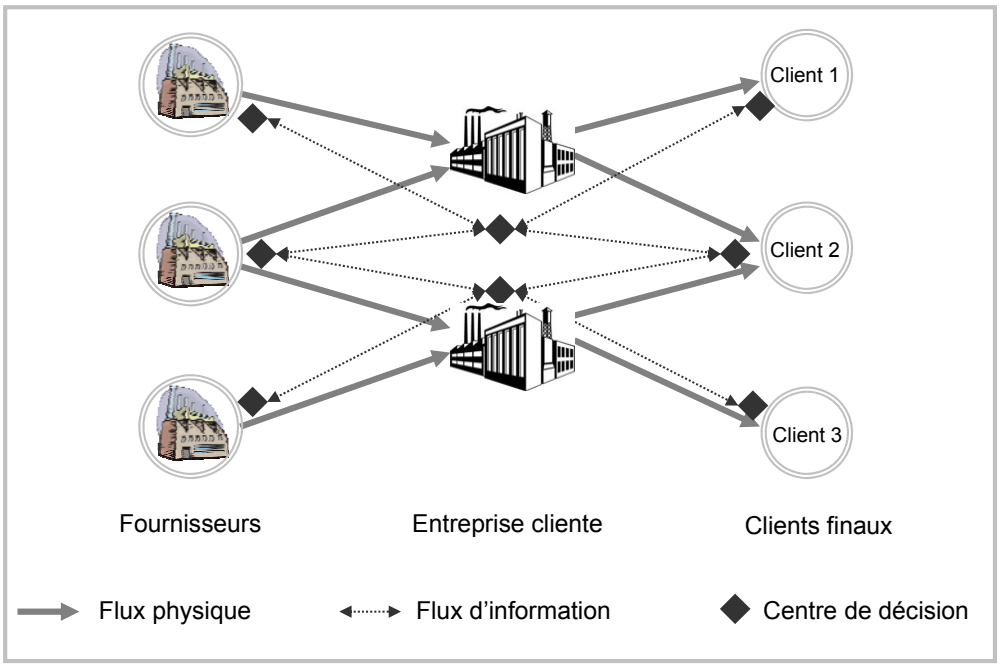


Figure 3.2 : Pilotage distribué de la chaîne logistique

Chaque entité de la chaîne représente un centre de décision qui reçoit différents types d'informations endogènes et exogènes (François, 2007). Les informations endogènes sont propres à l'entité, elles se résument aux informations relatives à sa propre politique de gestion des stocks, à la taille des lots de production, l'objectif de performance…. Les informations exogènes sont relatives aux clients (carnet de commandes, informations sur la référence, quantités et dates de livraison….) ainsi qu'aux fournisseurs (délais livraison des fournisseurs, types de composants à fournir, qualité, prix, plans de livraison, capacité de livraison et/ou de production….).
Nous retrouvons ces informations dans la catégorisation des informations utiles à la planification citées en § 1.1.1

Adopter une architecture de pilotage distribuée implique une autonomie décisionnelle au niveau de chaque centre de décision composant la chaîne logistique. Chaque entité du réseau élabore ses décisions en fonction des informations qu'elle reçoit des centres de décisions en amont et aval.

Nous faisons en outre le choix de nous intéresser au cas où chaque entreprise est en relation avec un seul client et un seul fournisseur : la chaîne est dite linéaire. Ce faisant, nous nous focalisons sur la nature des échanges qui lient les deux parties constituant une relation client-fournisseur pour travailler plus sur la « profondeur » de la chaîne (nombre de partenaires participant au processus de transformation) que sur sa largeur (multiplicité des fournisseurs et des clients).

La planification opérée par le centre de décision focal dépendra donc du seul plan de demande envoyé par le centre de décision aval (client) et les résultats de la planification détermineront le plan d'approvisionnement à communiquer au centre de décision amont (fournisseur), voir (Figure 3.3).

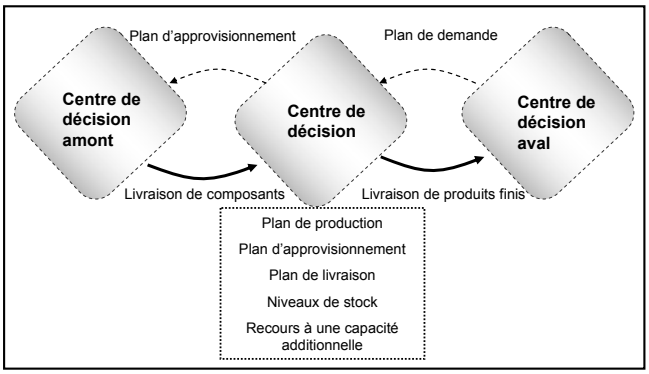


Figure 3.3 : La planification opérée par un centre de décision

1.4. Approches de planification

Le cadre de travail étant posé, nous abordons, dans cette section, notre approche de modélisation et de planification en nous référant à certains travaux (Galasso, 2007) et (Despontin-Monsarrat, 2004).

1.4.1. Choix de l'approche de modélisation

Deux types de modèles développés ont trouvé, selon (Dietrich, 1991), une large utilisation dans le domaine de la gestion de production étendue à l'échelle de la chaîne logistique : les modèles descriptifs et les modèles prescriptifs (Figure 3.4).

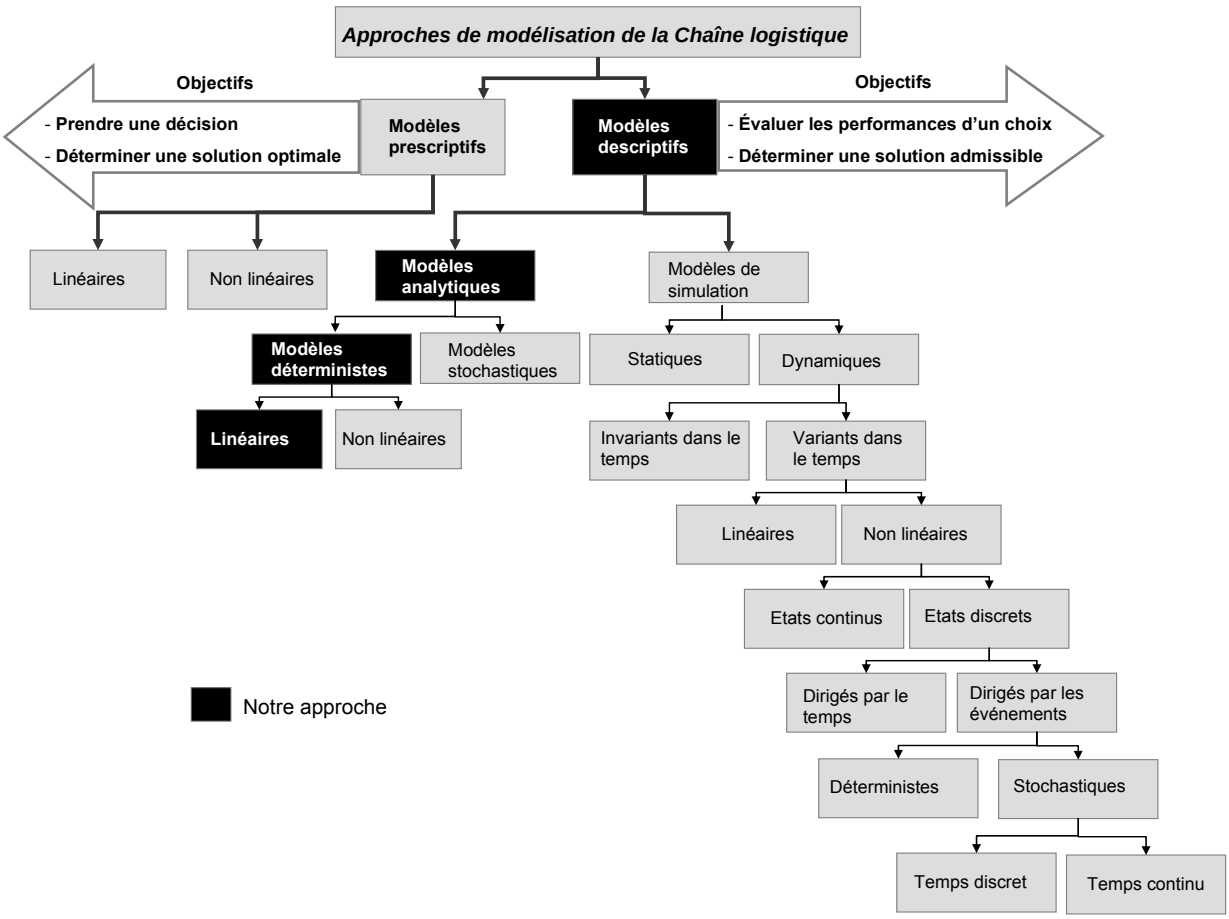


Figure 3.4 : Approches de modélisation, adaptation de (Dietrichi, 1991), (Cassandras & Lafortune, 1999)

Les modèles prescriptifs sont utilisés pour la prise de décision tandis que les modèles descriptifs sont utilisés pour l'évaluation de performances d'un système complètement spécifié.
Les modèles prescriptifs sont utilisés pour prendre des décisions en conception (problèmes d'implantation, de dimensionnement de ressources, …), et en exploitation d'une chaîne logistique (Shapiro, 2001). Citons ainsi (Badell et al., 2005), qui proposent un modèle prescriptif fin pour dimensionner la taille des lots et proposer un ordre de passage des produits dans un atelier en fonction d'impératifs de gestion de trésorerie.

Les modèles descriptifs permettent d'évaluer les conséquences, en termes de performance, des décisions prises sur la base des modèles prescriptifs. Ils se structurent en deux classes :

- **Modèles analytiques :** Ces modèles visent à représenter le comportement d'une chaîne logistique par un modèle mathématique (Ganeshan et al., 1999). Nous retenons particulièrement les approches déterministes, i.e. décrivant l'ensemble des paramètres connus à priori, ainsi que les modèles stochastiques où certains paramètres sont imprécis et dont la valeur suit une loi de probabilité. Dans (Huang et al., 2003) il est précisé quel degré de simplicité est nécessaire pour la viabilité du modèle, les hypothèses simplificatrices étant bien évidemment souhaitables.

- **Modèles de simulation :** À défaut de modèles analytiques, la simulation est adaptée à l'analyse des systèmes dont le comportement évolue dans le temps ou de manière aléatoire (Angerhofer & Angelidies, 2000) en fonction d'un état passé. La simulation repose sur l'exploitation d'un ensemble de modèles et méthodes permettant de décrire le comportement prévisible d'un système physique réel. La simulation permet en général une analyse plus réaliste qu'un modèle analytique, ce dernier nécessitant souvent d'importantes hypothèses de simplification du système réel, permettant ainsi d'affiner l'évaluation de certaines performances qui ne sont qu'approchées (au sens de la précision) par les approches analytiques.

Dans le cadre de cette thèse, nous appuierons nos analyses sur des résultats issus d'un modèle descriptif, en vue d'évaluer la performance de la chaîne logistique dans son ensemble, face à la multiplicité des contrats pouvant régir la relation client-fournisseur. Nous utiliserons un modèle analytique déterministe avec formalisation par programmation linéaire, pour laquelle on trouve aujourd'hui nombre de solveurs.

1.4.2. Positionnement de nos travaux

Travaux de Galasso F.

Dans ses travaux, (Galasso, 2007) part du constat que les PMEs placées en milieu de chaîne logistique sont vulnérables et non nécessairement les mieux armées pour consentir un effort collaboratif au sein d'une chaîne logistique, et propose des méthodes et des outils d'aide à la planification et à la collaboration.
Dans un contexte de demande incertaine, le modèle de planification proposé se base sur la planification à horizon glissant, qui permet de s'adapter aux variations de la demande par une remise en cause périodique des plans calculés et d'intégrer de la sorte les nouvelles informations, tout en tenant compte des décisions déjà engagées.
Différentes stratégies de planification sont proposées au décideur afin de l'aider à mieux appréhender l'incertitude et d'accroître sa visibilité de la demande (perception de l'évolution

de la demande du marché). Une planification basée sur une mauvaise évaluation de la demande peut en effet entraîner des stocks de produits invendus, ou, à l'inverse, une incapacité à satisfaire la demande. Plusieurs stratégies sont testées dans la thèse. Une stratégie myope consiste à mener une planification sur la seule base des demandes fermes, sans intégration des demandes flexibles. Une stratégie optimiste permet d'intégrer les demandes fermes et la valeur maximale des demandes flexibles. Une stratégie pessimiste tient compte de la valeur minimale des demandes flexibles. Une stratégie intermédiaire consiste à considérer la moyenne des valeurs de demande flexible. Des simulations sont menées afin de montrer le profit qui peut être tiré des diverses stratégies de planification.

A notre sens, il est intéressant d'enrichir cette amélioration par la prise en compte de l'impact des modalités d'approvisionnements sur la performance, car la fonction production est tributaire, non seulement de la visibilité de la demande avale mais également de la disponibilité en composants en provenance des fournisseurs en amont.

Travaux de Despontin-Monsarrat M.

Cette thèse traite de la coopération inter-entreprise dans le cadre d'une production à la commande. Afin de favoriser la cohérence des décisions individuelles dans la chaîne logistique au regard des objectifs de performance globale, l'idée est de décomposer toute entreprise en trois centres de décisions (service achat, service vente et gestion de production) (Figure 3.5). Une coopération inter-entreprise de type client-fournisseur suppose en effet un dialogue entre les centres de décision achat d'un client et service vente d'un fournisseur, coopération fondée sur le concept de cadre de décision. La coopération inter-entreprise nécessite des processus de négociation et de renégociation, des propositions et des contre-propositions et finalement une acceptation ou refus de modalités partenariales.

L'objectif est ici une aide à la décision pour le bon dimensionnement des cadres de décisions. La solution proposée procède par satisfaction de contraintes, la propagation de contraintes permettant de caractériser un ensemble cohérent de décisions.

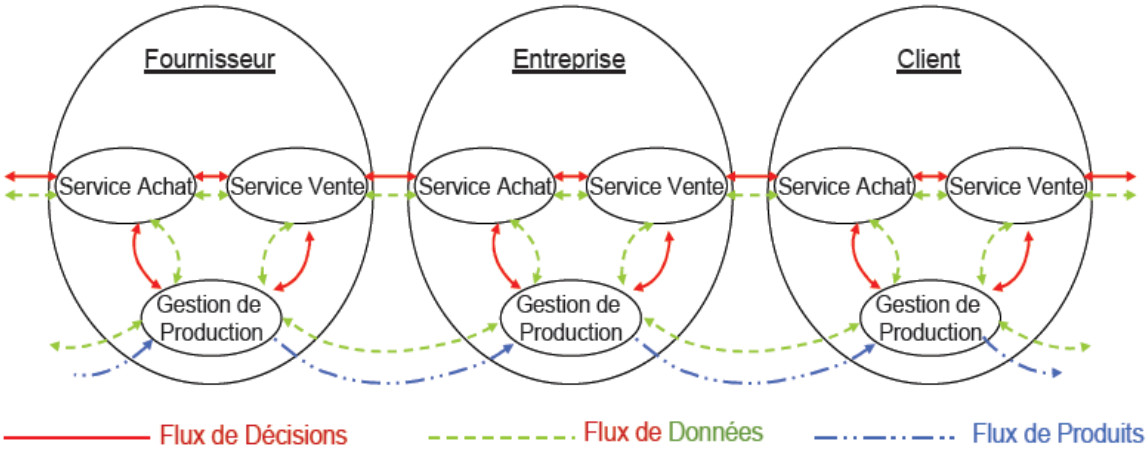


Figure 3.5 : Les centres de décision dans les travaux de (Despontin-Monsarrat, 2004)

Nos travaux

Nous nous intéresserons spécifiquement à la collaboration entre un client et un fournisseur selon le contrat d'approvisionnement qui les lie.

Nous avons souligné que la chaîne logistique est confrontée à un environnement de marché risqué (évènement redouté d'une demande fluctuante) et au déroulement incertain des opérations (évènement redouté d'aléa de flux physique). La planification des activités de la chaîne doit favoriser la visibilité de la demande (afin qu'elle soit perçue au mieux et la plus proche possible de la réalité), ainsi que l'amélioration des modalités d'approvisionnements. Face à un tel contexte, les décideurs sont à la recherche d'outils d'aide à la décision leurs permettant des solutions d'arbitrage dans la négociation des clauses d'approvisionnement.

Nous constatons que la majorité des modèles de planification considèrent les conditions de production, approvisionnement, livraison, sans intégrer de modalités contractuelles d'approvisionnement. La planification concertée des flux le long de la chaîne logistique constitue pourtant un outil de coordination indispensable dans la mesure où elle permet de relier entre elles les performances des différentes entreprises (Fontan et al., 2001). Nous adoptons le principe de planification à horizon glissant qui offre la possibilité de coller au plus près à la réalité de la demande afin de proposer des plans cohérents.

Le principe du gel des premières périodes dans un horizon glissant a été utilisé dans (Millart, 1998), (Choong et al., 2002), (Bredstrom & Ronnqvist, 2004). Nous reprenons à notre compte ce principe, en intégrant en outre dans le modèle de planification les contraintes du contrat d'approvisionnement entre l'entreprise cliente et son fournisseur pour se rapprocher encore davantage du contexte industriel réel.

Comme le relèvent (Bazet & de Terssac, 2001), il faut disposer d'outils de planification non rigides, qui ne se restreignent pas à de simples outils calculateurs et exécutifs de plans, mais contextualisables en fonction des connaissances du décideur (changement des priorités de ventes, disponibilité des approvisionnements…).
L'évolution du contexte nécessite en effet que les plans de demande soient en permanence révisables. Un élément complémentaire de contextualisation de la planification est la possibilité d'intervention de l'expertise humaine dans la décision finale.
Dans cette logique, nous proposons de modéliser différents modes d'approvisionnement afin de proposer au décideur un outil d'aide contextualisé selon le contrat d'approvisionnement adopté.

En définitive, le tableau (Tableau 3.3) résume le positionnement de nos travaux.

Points clés	(Despontin-Monsarrat, 2004)	(Galasso, 2007)	Nos travaux
Contexte	Variation de la demande	Variation de la demande	Variation de la demande et des perturbations du flux physique
Objet d'étude	Aide à la négociation des commandes	Amélioration de la planification par la visibilité de la demande	Étude de l'impact des clauses d'approvisionnement sur la performance
Interactions étudiés	En amont et en aval du décideur	En amont du décideur	En amont du décideur
Flux étudiés	Flux de décision Flux d'information Flux physique	Flux d'information	Flux d'information Flux physique
Échelle de la chaîne logistique	Vision client fournisseur	Vision client fournisseur	Vision client fournisseur généralisable à l'échelle d'une chaîne
Approche d'optimisation	Approche par contraintes	Programmation linéaire en nombre entier	Programme linéaire
Mise à jour des informations	Boucles de renégociation	Planification à horizon glissant	Planification à horizon glissant
Contribution de la thèse	Assister les décideurs lors de l'élaboration des commandes	Fournir aux décideurs une aide à la planification sous demande incertaine	Dimensionner les paramètres contractuels et évaluer les gains en performance sous divers contrats d'approvisionnement

Tableau 3.3 : Les points clés des travaux de Despontin-Monsarrat E., Galasso F., Amrani-Zouggar A.

2. Proposition du modèle de planification

2.1. Hypothèses de modélisation

Avant de procéder à la modélisation du problème de planification, nous regroupons ici les hypothèses qui délimitent le cadre de validité de notre modèle.

- La chaîne logistique est linéaire.
- La demande est déterministe sur l'horizon de planification, elle exprimée par une quantité déterminée de produits par période. Cette quantité est sujette à modification, elle peut évoluer au cours du temps.
- La planification s'établit sur un horizon fini avec horizon glissant.
- Le modèle de planification est générique et applicable à tout centre de décision (chaque acteur de la chaîne logistique).
- Les centres de décision planifient avec le même couple horizon/période : cette hypothèse permet de s'affranchir de l'impact néfaste de la désynchronisation des décisions dans le cadre d'une architecture de pilotage distribuée (Amrani-Zouggar et al., 2007).
- La capacité additionnelle à laquelle peut recourir un centre de décision est représentée par des heures supplémentaires.
- Les délais de livraisons sont indépendants de la référence produite.

- Les coûts de stockage, de rupture, d'achats et d'heures supplémentaires sont invariants au cours du temps.

- Les demandes non satisfaites sont reportées sur les périodes ultérieures. Les retards de livraison sont pénalisés en terme de coût, mais les demandes sont honorées.

- Le processus de production d'un produit fini piloté par un centre de décision est perçu comme une « boîte noire », réduit à une macro activité de production, avec un délai d'obtention global reflétant la somme des temps opératoires détaillés (le détail des informations relatives aux gammes de fabrication est ignoré).

- Le modèle proposé décrit les activités de planification contraintes par la politique contractuelle d'approvisionnement.

2.2. Grandeurs temporelles associées au modèle

Un processus dynamique de planification s'appuie sur le principe de l'horizon glissant, les plans de production, d'approvisionnement et de livraison étant mis à jour périodiquement. Ce type d'approche permet d'actualiser des données déjà prises en compte lors des planifications antérieures (amendement des commandes clients, par exemple) et d'intégrer de nouvelles informations (modification de la demande, aléa de production) au fur et à mesure de leur disponibilité. Il est important de noter que chaque nouvelle planification s'appuie sur la connaissance du suivi réel de la production ; l'écart entre l'état prévisionnel issu des planifications précédentes et l'état réel peut ainsi être mesuré et corrigé par la nouvelle planification conduisant ainsi à une meilleure réactivité et efficience de la conduite des activités de production (Bourrières et al., 2005).

Les grandeurs temporelles associées à une planification dynamique sont définies comme suit (Figure 3.6):

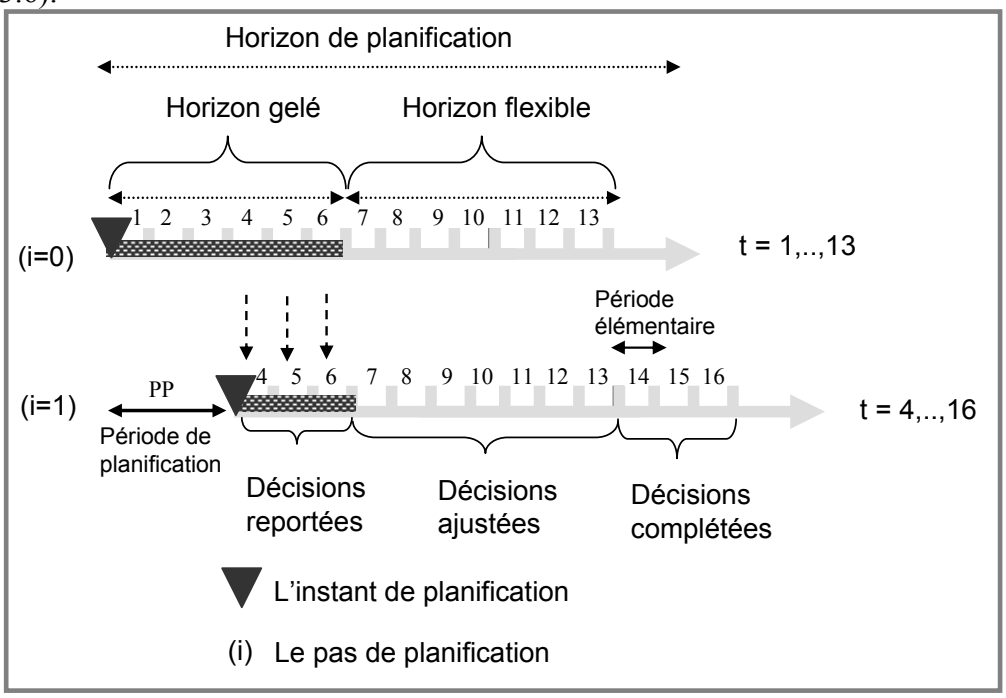


Figure 3.6 : Principe de la planification à horizon glissant

- *Période élémentaire* (ou « maille de temps ») : plus petit intervalle de temps considéré en planification. Ainsi, les données temporelles requises et produites par la planification sont des multiples de la période élémentaire.

- *Horizon de planification :* définit la portée décisionnelle du pilotage, c'est-à-dire l'intervalle de temps futur sur lequel les décisions sont projetées. Sa longueur est exprimée en périodes élémentaires.

- *Période de planification* : exprimée en nombre de périodes élémentaires, définit l'intervalle de temps au terme duquel les décisions peuvent être remises si nécessaire en cause en vue d'intégrer d'éventuelles modifications. Le choix de la période de planification résulte de la recherche d'un compromis entre, d'une part, une période trop longue, qui nuirait à l'adaptabilité du plan aux données contextuelles (modification/ajustement des données antérieurement considérées) et, d'autre part, une période trop courte, qui nuirait à la stabilité du système, par une réorganisation incessante des activités (Galasso, 2007).

- *Horizon gelé :* se définit comme un intervalle de périodes élémentaires dont l'origine est l'instant de planification courante, et sur lequel les décisions ne pourront pas être remises en cause par les planifications ultérieures. La longueur de cet horizon exprime les temps de cycle incompressibles nécessaires à la mise en place des décisions prises. Par conséquent, les décisions dont les résultats sont projetés sur cet horizon seront gelées et reportées en l'état pour la planification suivante. La présence d'un horizon gelé est intéressante pour limiter la nervosité du système (Fontan et al., 2001) et stabiliser les plans en empêchant les modifications tardives qui perturbent les activités. L'horizon gelé est en règle générale plus long que la période de planification. Dans nos travaux, nous faisons l'hypothèse d'un horizon gelé dans la planification de chaque centre de décision de la chaîne logistique.

- *Horizon libre :* nombre de périodes élémentaires sur lesquelles les décisions peuvent subir des modifications afin de contextualiser le plan dans un futur incertain, car plus lointain. L'horizon libre est postérieur à l'horizon gelé.

2.3. Modèle de planification dynamique

Dans cette section, nous détaillons les notations et les variables de décisions qui constituent notre modèle de planification. Le modèle de planification est un modèle de programmation linéaire, qui sera exécuté de manière périodique (à chaque période de planification). Ceci induit la formulation de contraintes pour expliciter le fonctionnement du modèle entre deux pas de planification successifs, et la mise à jour des plans à chaque pas.

Le décideur doit arbitrer les variables de décision qui s'offrent à lui (quantité à fabriquer, à acheter, à stocker, à livrer et recours à une capacité additionnelle) en fonction des nombreuses contraintes à considérer, telles que la limitation des capacités de production, la limite de la capacité additionnelle (heures supplémentaires), les coûts consécutifs aux décisions, les délais de production et d'approvisionnement.

2.3.1. Notations liées à l'aspect dynamique de la planification

Les différentes notations permettant l'expression des contraintes temporelles qui pèsent sur la planification sont (Figure 3.7) :

H	Longueur de l'horizon de planification (exprimée en nombre de périodes élémentaires)
HG	Longueur de l'horizon gelé (exprimée en nombre de périodes élémentaires)
PP	Période de planification (exprimée en nombre de périodes élémentaires)
i	Index de planification (i-ème pas de planification)
φ	Indice de la première période élémentaire à chaque planification
t	Indice de période élémentaire

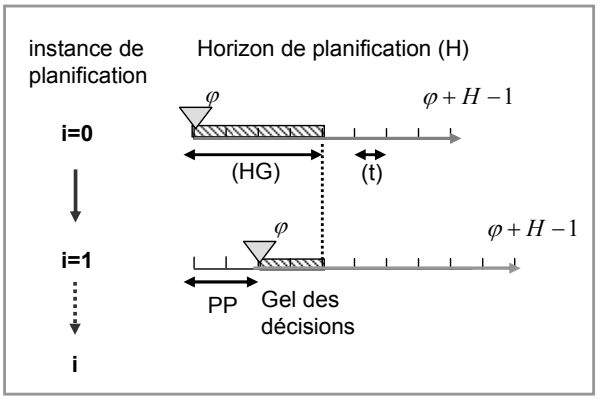


Figure 3.7 : Notations liées à l'aspect dynamique de la planification

Ainsi, au premier pas de planification (i=0), les plans de production, d'approvisionnement et de livraison sont calculés : le décideur reçoit le plan de demande prévu sur la longueur de l'horizon de planification (H) et détermine les différents plans sur l'ensemble des périodes élémentaires (t) appartenant à l'horizon de planification.
La mise à jour périodique des plans fait que toute nouvelle planification au pas (i) est réalisée sur un horizon de temps constitué de périodes élémentaires (t) telles que : $t = \varphi, \ldots, \varphi + H - 1$ avec $\varphi = i.PP + 1$.

2.3.2. Notations liées au problème de planification

Nous exprimons dans ce qui suit les différents paramètres et variables composant le modèle de planification. Les paramètres sont des données dont la valeur ne varie pas dans le temps. Nous trouvons, parmi ces paramètres, les informations déclenchantes (profil de demande sur l'horizon de planification), les informations techniques (données de nomenclature, données de limitation de capacité, délais opératoires) ; ainsi que les informations financières permettant d'évaluer le coût des décisions offertes par le modèle.

Les leviers décisionnels dont dispose le décideur sont la répartition par période des quantités à fabriquer, la proportion de capacité additionnelle à adopter, les plans d'approvisionnement

auprès des différents fournisseurs, les plans de livraison, les possibilités de lissage de charge (niveaux de stock) et éventuellement les niveaux de rupture.

Les paramètres non dépondant du temps

n	Nombre de types de produits finis
m	Nombre de types de composants
p	indice du produit, p = 1,…, n
j	indice du composant, j = 1,…,m
PV_p	Prix de vente du produit (p)
$\hat{f}_p, \hat{i}_p, \hat{b}_p, \hat{l}_p$	Coût unitaire respectivement de fabrication, de stockage, de rupture, de livraison du produit (p)
$\hat{h}$	Coût unitaire d'une heure supplémentaire
$\hat{a}_j, \hat{i}_j$	Coût unitaire respectivement d'achat, de stockage du composant (j) en période (t)
$\gamma_{p,j}$	Coefficient de nomenclature, quantité de composants de type (j) dans le produit de type (p)
α_p	Nombre d'unités horaires consommées par le produit de type (p) dans la fabrication
CAPN	Limite de capacité de production nominale
CAPA	Limite de la capacité additionnelle liée à l'emploi des heures supplémentaires
θ%	Pourcentage d'augmentation de capacité autorisée pour les heures supplémentaires
D_{liv}	Délai de livraison du fournisseur (exprimé en nombre de périodes élémentaires)
Do	Délai d'obtention du produit lancé en production (exprimé en nombre de périodes élémentaires)

Variable d'entrée

$D_{p,t}$: Demande en produit fini (p) pour la période (t)

$\{D_{p,t} \mid p = 1,\ldots,n \quad t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1\}$

Les variables de décisions

L'hypothèse de linéarité de la chaîne logistique nous permet d'adopter des notations simplifiées dans la mesure où aucun index n'est nécessaire pour référencer le client concerné par une livraison, ou le fournisseur à l'origine d'un approvisionnement, du fait de leur unicité. Les variables de décisions sont calculées à chaque pas de planification (i), d'où la notation V^i tel que V : variable de décision).

$F^i_{p,t}$	Quantité du produit (p) à fabriquer en interne sur la période (t) au pas (i)
$I^i_{p,t}$	Quantité du produit fini (p) en stock en fin de période (t) au pas (i)
$I^i_{j,t}$	Quantité du composant (j) en stock en fin de période (t) au pas (i)
A^i_t	Nombre d'heures supplémentaires à faire en période (t) au pas (i)
$B^i_{p,t}$	Quantité de produit (p) en rupture constatée en fin de période (t) au pas (i)
$R^i_{j,t}$	Quantité du composant (j) à recevoir sur la période (t) au pas (i)
$C^i_{j,t}$	Quantité du composant (j) à commander sur la période (t) au pas (i)
$L^i_{p,t}$	Quantité de produit fini (p) à livrer en période (t) au pas (i)

2.3.3. Modèle de planification

Le critère à optimiser à chaque pas de planification (i) est formulé de la manière suivante :

$$\max \sum_{t=\varphi}^{\varphi+H-1} \left[\sum_{p=1}^{n} (PVp \cdot L^i{}_{p,t} - (\hat{f}p.F^i{}_{p,t-Do} + \hat{i}p.I^i{}_{p,t} + \hat{b}p.B^i{}_{p,t} + \hat{l}p.L^i{}_{p,t} + \hat{h}.A^i{}_t)) - \sum_{j=1}^{m} (\hat{i}j.I^i{}_{j,t} + \hat{a}j \cdot R^i{}_{j,t}) \right] \quad (1)$$

Le critère tend à maximiser le profit sur l'ensemble des périodes (t) appartenant à l'horizon de planification, et ce sur l'ensemble des références en produits finis (p). Le profit représente l'écart entre les gains issus des ventes de produits finis et les coûts engendrés par la fabrication, le stockage, les ruptures et les livraisons, le recours à la capacité additionnelle, ainsi que les coûts liés aux approvisionnements et au stockage des composants.

Les équations et inéquations qui suivent expriment les contraintes d'un centre de décision. Ces contraintes sont valables à chaque pas de planification (i).

$$I^i{}_{p,t} = I^i{}_{p,t-1} + F^i{}_{p,t-Do} - L^i_{p,t} \qquad \forall\, i,\ \forall\, p = 1,\ldots,n,\ \forall\, t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1 \qquad (2)$$

$$B^i{}_{p,t} = B^i{}_{p,t-1} + D_{p,t} - L^i_{p,t} \qquad \forall\, i,\ \forall\, p = 1,\ldots,n,\ \forall\, t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1 \qquad (3)$$

$$I^i{}_{j,t} = I^i{}_{j,t-1} + R^i{}_{j,t} - \sum_{p=1}^{N} \gamma_{p,j}.F^i{}_{p,j} \quad \forall\, i,\ \forall\, p = 1,\ldots,n,\ \forall\, j=1,\ldots,m, \forall\, t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1 \qquad (4)$$

$$\sum_{p=1}^{N} \alpha_{p,t}.F^i{}_{p,t} \le CAPN + A^i_t \qquad \forall\, i,\ \forall\, p = 1,\ldots,n,\ \forall\, t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1 \qquad (5)$$

$$A^i{}_t \le CAPA \mid CAPA = \theta\%.CAPN \qquad \forall\, i,\ \forall\, t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1 \qquad (6)$$

L'équation de conservation de matière (2) décrit l'évolution des niveaux de stock en produits finis au cours du temps. Le délai d'obtention (Do) y représente le temps s'écoulant entre le lancement de la production et la disponibilité en stock des produits finis fabriqués.

L'équation (3) est une contrainte liant les ruptures en produits finis (p) à leur demande et aux livraisons engagées vers les clients. Ainsi, un centre de décision peut accuser des ruptures dans le cas où la livraison est inférieure à la demande énoncée (faute de pouvoir faire un lissage ou à cause des coûts élevés de l'adoption d'une capacité additionnelle). Les produits manquants lors d'une livraison sont à fournir sur les périodes ultérieures jusqu'à ce que la demande du client soit honorée.
L'équation (4) actualise le niveau de stock des composants en fonction des réceptions planifiées en provenance des fournisseurs en période (t) et des composants engagés dans la production du produit fini. Le coefficient de nomenclature exprime le nombre de composants de type (j) participant à la fabrication d'une unité du composé de type (p).

L'inéquation (5) donne les limites de production en produits finis (p) pour chaque période (t) au regard des capacités des ressources qui les fabriquent. La charge de travail inhérente à la fabrication de produits finis (p) est définie par un certain nombre d'unités horaires consommées. La consommation horaire de l'ensemble des produits (p) doit être inférieure à la capacité nominale disponible, augmentée si nécessaire d'une capacité additionnelle (recours aux heures supplémentaires).

L'inéquation (6) garantit le non dépassement de la capacité additionnelle. Nous avons fait le choix d'exprimer cette capacité en fonction de la capacité nominale. Le droit à l'emploi des heures supplémentaires est réglementé. En règle générale, dans les entreprises, les heures supplémentaires sont autorisées à hauteur de $\theta = 20\%$ de la capacité nominale.

2.3.4. Interactions entre centres de décision

Un centre de décision interagit avec le centre de décision amont (le fournisseur) et avec le centre de décision en aval (le client). Pour assurer un pilotage cohérent, le centre de décision réalise la planification de ses activités à partir d'informations (plan de demande) en provenance du client (centre de décision aval), puis transmet les décisions qui en résultent (plans d'approvisionnement) vers le fournisseur (Figure 3.8).

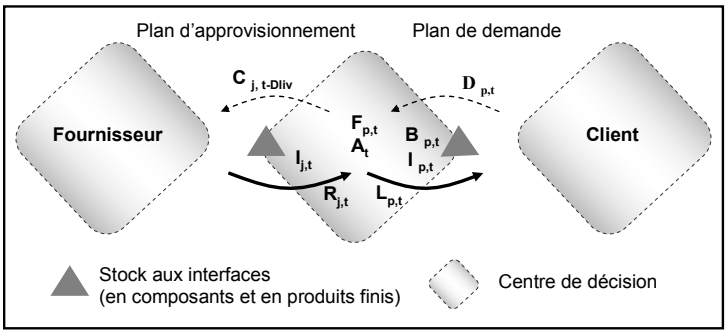


Figure 3.8 : Un centre décision en interaction avec les centres amont et aval

- **Le plan de demande : information en provenance du client final**

La planification au sein d'un centre de décision commence avec le plan de demande ($D_{p,t}$) qui est une demande agrégée provenant du centre de décision aval. Ce plan comporte des données sur les demandes sur l'ensemble de l'horizon de planification considéré. A chaque pas de planification, ce plan de demande peut subir des mises à jour à intégrer dans la prochaine planification.

- **La planification interne: calcul des variables de décision**

Le centre de décision recueille l'information concernant la demande et met en œuvre le calcul des plans de production ($F_{p,t}$), les quantités d'heures supplémentaires à effectuer (A_t), les niveaux de stock ($I_{j,t}$) stock de composants en provenance du fournisseur, et ($I_{p,t}$) stock de produits finis à destination du client. Les besoins en réception des composants depuis le fournisseur sont également calculés et un plan de livraison est établi.

- **Le plan d'approvisionnement : décision à destination du fournisseur**

Au sein du centre de décision considéré, le besoin en réception des composants est calculé à chaque pas de planification (i). Pour assurer la réception sur les périodes (t) où le besoin est exprimé, il faut anticiper et lancer les commandes auprès du fournisseur quelques périodes auparavant en tenant compte du délai de livraison noté D_{liv} (Figure 3.9).

Nous pouvons alors écrire :

$$R^{i}_{j,t} = C^{i}_{j,t-Dliv} \qquad \forall i\ ,\ \forall\ j=1,\ldots,m\ ,\ \forall\ t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1$$

Les fournisseurs sont des entités autonomes dans la gestion de leurs propres fournisseurs. Le délai de livraison négocié entre l'entreprise et son fournisseur intègre donc l'ensemble des temps de cycle contraignant l'activité de ce dernier, à savoir les temps de passation et traitement des commandes, le temps de production chez le fournisseur, les temps d'approvisionnements de ce dernier auprès de ses propres fournisseurs, jusqu'à la livraison effective des produits à l'entreprise cliente. De fait, cette dernière n'a pas connaissance des stratégies du fournisseur, son mode d'approvisionnements, le nombre de ses fournisseurs, sa capacité allouée à la production…Cette opacité est souhaitée principalement par le fournisseur, qui tient à son autonomie dans la gestion des relations avec ses propres fournisseurs sans ingérence de l'entreprise cliente.

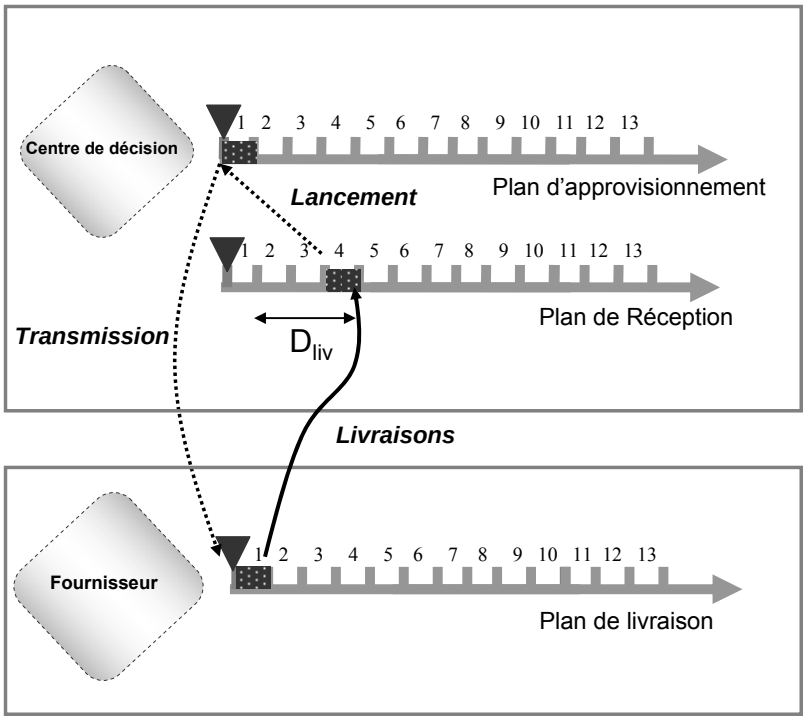


Figure 3.9 : L'interaction entre un centre de décision et le centre de décision amont

Dans la figure (Figure 3.9), il est montré qu'un besoin en composants à la période (t = 4) doit être lancé en commande chez le fournisseur à la période (t = 1), car le délai de livraison promis par le fournisseur est de 3 périodes. Ainsi la commande nécessitera trois périodes de livraisons.

L'entreprise définit les approvisionnements dont elle a besoin pour lancer sa propre production en interne. En pratique, une entreprise va intuitivement définir des dates de livraison antérieures aux dates auxquelles les approvisionnements sont réellement nécessaires. En constituant un stock cela lui permet d'anticiper l'impact d'un retard de livraison qui viendrait la pénaliser, l'amenant à différer sa production. Par ailleurs, le fournisseur joue également la carte de la prudence, les dates de livraison qu'il propose à ses clients étant postérieures aux dates auxquelles il est en mesure d'honorer la commande. Une marge de manœuvre est ainsi dégagée afin de libérer une capacité qui sera allouée aux imprévus (Despontin-Monsarrat, 2004).

3. Prise en compte des contrats d'approvisionnement

Dans cette section, nous nous intéressons aux contraintes issues des contrats d'approvisionnement adoptés avec les fournisseurs. Un contrat d'approvisionnement est un accord formalisant les modalités d'échanges et les conditions d'approvisionnement en composants. Comme indiqué dans le chapitre II, les clauses stipulées dans le contrat d'approvisionnement visent à contrer les évènements redoutés. Les contraintes émanant du contrat doivent donc être modélisées dans le cadre du modèle analytique décrivant le processus de planification de chaque partenaire contractant.

Deux types de contrats vont être étudiés : le premier traduit un engagement sur des quantités à commander auprès du fournisseur par période de temps élémentaire. Le deuxième type de contrat stipule un engagement d'approvisionnement d'une quantité sur un horizon de temps nommé horizon d'engagement. Nous noterons respectivement Q/t et Q/He ces deux types de contrat d'approvisionnement. En fonction du contrat adopté, les quantités approvisionnées mises à disposition du client seront réparties différemment dans le temps.

Ces deux contrats induisent différents paramétrages du modèle de planification et influencent la dynamique de la prise de décision. En effet, la mise à jour des données nécessaires à l'établissement des nouveaux plans entre deux pas de planification implique la formulation de contraintes dont les paramètres évoluent au cours du temps. La première clause commune au deux contrats est l'adoption de l'horizon gelé. Elle sera détaillée dans ce qui suit.

3.1. Formalisation de la clause d'horizon gelé (HG)

Nous supposons que les partenaires s'accordent sur l'existence d'un horizon gelé. Pour les deux types d'engagements d'approvisionnement faisant l'objet de notre étude, nous trouvons utiles de présenter dès maintenant les contraintes issues de l'adoption d'un horizon gelé entre deux planifications successives.

Soit $C^{i}_{j,t}$ la quantité de composant (j) à commander pour la période (t) lors du pas de planification (i). Les plans de production et d'approvisionnement, ainsi que la programmation des heures supplémentaires, sont figés sur l'horizon gelé (Figure 3.10).

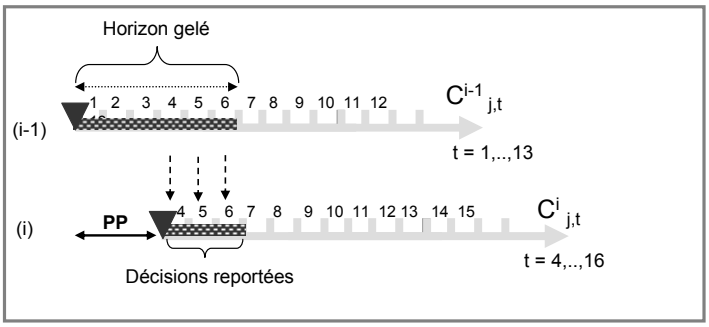


Figure 3.10 : Report des décisions sur l'horizon gelé entre deux pas de planification

Les contraintes liées à l'horizon glissant et l'horizon gelé sont alors :

$$R^{i}_{j,t} = C^{i}_{j,t-Dliv} \qquad \forall i,\ \forall\ j=1,\ldots,m,\ \forall\ t = \varphi,\ldots,\varphi + H - 1 \qquad (7)$$

$$F^{i}_{p,t} = F^{i-1}_{p,t} \qquad \forall i,\ \forall\ p=1,\ldots,n,\ \forall\ t = \varphi,\ldots,\varphi + (HG - PP - 1) \qquad (8)$$

$$A_t^{\,i} = A_t^{\,i-1} \qquad \forall i,\ \forall\ t = \varphi,\ldots,\varphi + (HG - PP - 1) \qquad (9)$$

$$C^{i}_{j,t} = C^{i-1}_{j,t} \qquad \forall i,\ \forall\ j=1,\ldots,m,\ \forall\ t = \varphi,\ldots,\varphi + (HG - PP - 1) \qquad (10)$$

A chaque pas de planification (i), pour assurer l'arrivée des approvisionnements ($R_{j,t}$), il faut transmettre les commandes ($C_{j,t}$) au fournisseur en : tenant compte du délai de livraison (équation 7).
Les équations (8), (9), (10) expriment le phénomène de gel des décisions (production $F_{p,t}$, heures supplémentaires A_t et commandes en composants $C_{j,t}$) : les décisions issues du pas de planification (i-1) sont reportées et affectées aux décisions du pas de planification (i) pour initialiser le modèle pour cette nouvelle planification.
Par exemple, pour toute période de planification (t) appartenant à l'horizon gelé $t = \varphi,..,\varphi + (HG - PP - 1)$, la quantité produite $F^{i}_{p,t}$ au pas de planification (i) se verra affecter la valeur $F^{i-1}_{p,t}$ de la planification précédente (i-1).

3.2. Engagement sur quantités par période (Q/t): formalisation des contraintes

Dans le secteur aéronautique, mais aussi dans d'autres secteurs comme l'industrie microélectronique, les prévisions de demande sont établies par le client. Le client transmet alors à son fournisseur un plan d'approvisionnement. Dans le contrat Q/t, un engagement sur des quantités par période élémentaire (t) est négocié. Comme la demande n'est pas stable, il est inconcevable pour un client de s'engager sur les quantités commandées sur la totalité de l'horizon de planification. Les demandes transmises au fournisseur ne sont pas définitives et peuvent encore fluctuer, d'où la nécessité pour l'entreprise de négocier avec son fournisseur une possible variation de ses précédentes demandes. Néanmoins, cette variation de la demande doit être cadrée de manière à ne pas déstabiliser le fournisseur. Nous choisissons d'exprimer cette situation par un « taux de flexibilité α » qui décrit la variation (à la hausse ou à la baisse) que peut supporter le fournisseur par rapport aux valeurs déjà connues.
L'horizon gelé introduit précédemment constitue une clause importante du contrat d'approvisionnement. Il est exigé par le fournisseur afin de stabiliser ses activités internes en évitant des remises en cause trop importantes du plan de demande d'une planification à une autre.

Le recours à la planification périodique n'est par ailleurs pas anodin, l'objectif étant de pouvoir intégrer l'occurrence de nouvelles informations. Pour un centre de décision, la

décomposition de l'horizon de planification en horizon gelé et horizon flexible correspond à une forme de maîtrise des risques entre l'entreprise et son fournisseur. En effet, l'horizon gelé permet au fournisseur de stabiliser son plan de production et éviter ainsi les perturbations liées à une modification soudaine de la demande sur des périodes proches de l'instant présent. L'entreprise cliente prend alors le risque de ne pas pouvoir modifier ses approvisionnements si son besoin réel évolue. Elle devra assumer les livraisons demandées sur l'horizon gelé, réduisant par la même occasion les risques de fluctuation pesant sur le fournisseur. En contrepartie, sur l'horizon flexible, l'entreprise cliente jouit de la possibilité de modifier ses demandes prévisionnelles tant que la variation s'inscrit dans le taux de flexibilité négocié dans le contrat. Le fournisseur devra honorer toute modification et réduire ainsi les risques pesant sur l'entreprise (fluctuation de la demande du marché).

Pour répondre à la demande du marché, l'entreprise cliente élabore ses plans, fige ses plans de production et d'approvisionnement sur un ensemble de périodes, c'est l'horizon gelé. Sur les périodes de l'horizon gelé HG, les quantités de composants commandées auprès de son fournisseur ont valeur d'engagement (contraintes (8), (9) (10)).

Au-delà de l'horizon gelé apparaît l'horizon flexible (Figure 3.11) qui permet d'estimer la charge prévisionnelle et les ressources nécessaires à sa réalisation (capacité). Sur cet horizon flexible, chaque acteur industriel peut faire varier sa demande sous réserve que celle-ci n'évolue pas au-dessus ou au-dessous d'un certain taux de flexibilité α négocié au contrat (Amrani-Zouggar et al., 2009a).

Ainsi pour honorer les termes de l'engagement du contrat (Q/t), il faut veiller à ce que les valeurs des commandes transmises appartiennent aux intervalles autorisés par l'engagement de flexibilité de taux (α), c'est-à-dire :

$$C^{i-1}_{j,t.}(1-\alpha) \leq C^{i}_{j,t} \leq C^{i-1}_{j,t.}(1+\alpha) \quad \forall i,\ \forall\ j=1,\ldots,m,\ \forall\ t = \varphi + HG-1,\ldots, \varphi + HFL-1 \qquad (11)$$

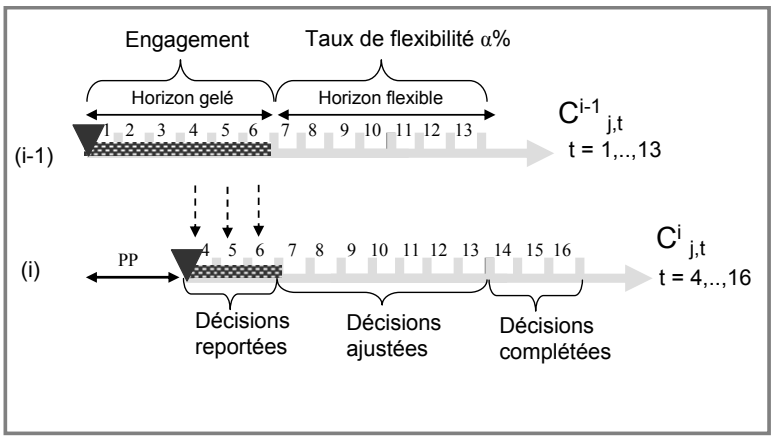


Figure 3.11 : Contrat Q/t entre deux pas de planification

L'inéquation (11) exprime la flexibilité autorisée. A chaque pas de planification (i), pour toute période (t) appartenant à l'horizon flexible $t = \varphi + HG - 1,\ldots, \varphi + HFL - 1$, la commande $C^{i}_{j,t}$ doit varier entre deux bornes qui correspondent à plus ou moins $\alpha\%$ de la commande précédente $C^{i-1}_{j,t}$.

3.3. Engagement sur des quantités par horizon (Q/He) : formalisation des contraintes

Dans ce deuxième type de contrat, l'engagement ne porte plus sur des quantités par période élémentaire, mais sur une quantité minimum cumulée sur un intervalle de temps donné, nommé horizon d'engagement He. La longueur de l'horizon d'engagement est exprimée en nombre de périodes élémentaires.

Dans ce type d'engagement le client n'est plus contraint de respecter une quantité fixée par période, mais peut répartir son besoin sur un ensemble de périodes. La longueur de l'intervalle de temps He est inférieure à celle de l'horizon de planification (Figure 3.12).

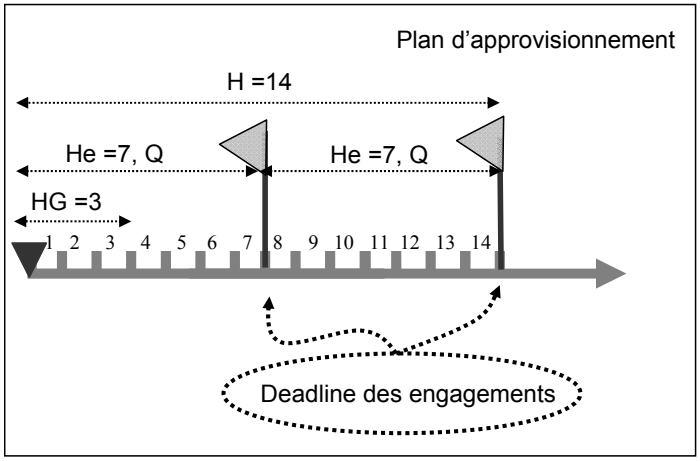


Figure 3.12 : Les paramètres du contrat Q/He

Sur les périodes de l'horizon gelé, les commandes valent engagement et ne peuvent être modifiées (contraintes (8), (9) (10)). L'horizon d'engagement doit donc être aussi supérieur à l'horizon gelé (Figure 3.12). Une certaine marge de manœuvre sur des périodes ultérieurs à HG est utile afin de pouvoir faire des lissages.

L'engagement sur (He) est aussi une forme de maîtrise des risques entre l'entreprise cliente et son fournisseur. Il permet au fournisseur d'assurer un volume de vente sur un intervalle de temps négocié (He), avec la possibilité d'absorber une modification soudaine de la demande. S'il y a diminution soudaine de la commande à une période donnée, le fournisseur ne fera que différer l'envoi, car il peut être certain que sur l'horizon d'engagement la quantité négociée dans le contrat devra être écoulée, au plus tard à la dernière période de l'horizon d'engagement.

Pour sa part, l'entreprise cliente qui s'engage à acheter une quantité (Q_j) du composant type (j) sur un horizon He prend le risque de devoir honorer les termes du contrat, sans réel besoin. L'entreprise assume les livraisons demandées sur l'horizon gelé et réduit les risques pesant sur le fournisseur. En contrepartie, sur l'horizon résiduel (He - HG), l'entreprise cliente bénéficie de la possibilité de modifier ses demandes prévisionnelles tant que la somme des commandes dépasse la quantité minimum négociée dans le contrat et tant que le fournisseur a la capacité de répondre à la modification.

3.3.1. Exemple illustratif du contrat Q/He

Pour exprimer les contraintes du contrat Q/He, il faut observer le mécanisme de planification à horizon glissant et analyser les relations qui lient les variables de décisions entre deux planifications successives.
Nous illustrons par un exemple les contraintes de ce contrat (Amrani-Zouggar et al., 2009a) avant de généraliser le concept (Figure 3.13).

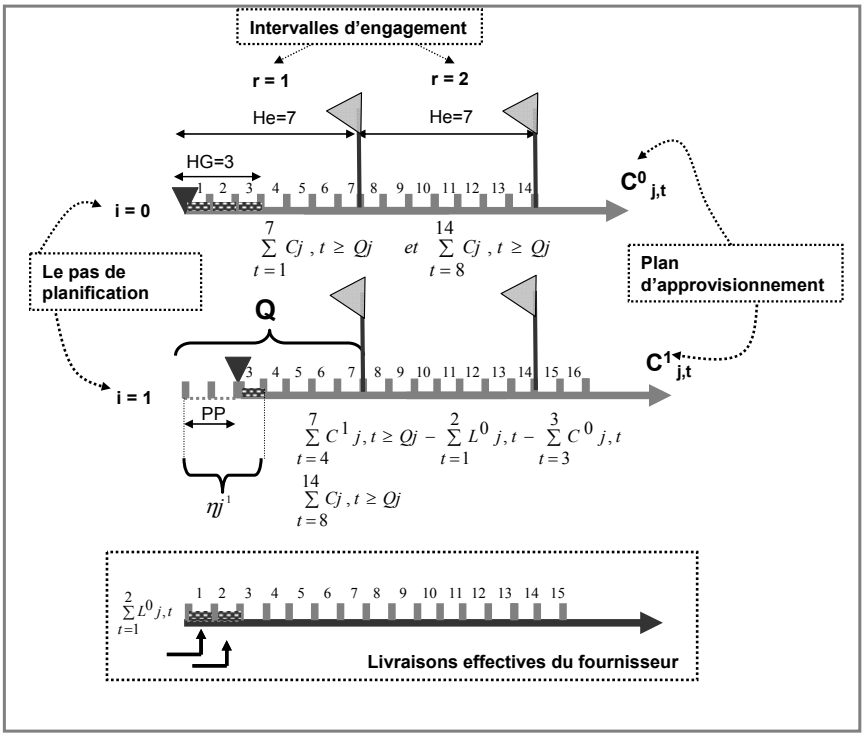


Figure 3.13 : Contraintes du contrat Q/He dans la planification à horizon glissant

L'horizon de planification H s'étale sur 14 périodes et He l'horizon d'engagement vaut ici 7 périodes (Figure 3.13).
La période de fin d'horizon d'engagement He est symbolisé par ◥.

- Au premier pas de planification (i=0), l'horizon H couvre les périodes φ =1,…,14.
  Le premier horizon He est défini de la période 1 jusqu'à la période 7 à la fin de laquelle le deuxième horizon d'engagement prend son origine et s'étend jusqu'à la période 14. Nous observons donc deux *horizons d'engagement*, notés r =1 (périodes de 1 à 7) et r =2 (périodes 8 à 14).

  Les contraintes d'engagement s'écrivent alors comme suit:

  Sur le premier horizon d'engagement (r = 1) : $\sum_{t=1}^{7} Cj,t \geq Qj$

  Sur le deuxième horizon d'engagement (r = 2) : $\sum_{t=8}^{14} Cj,t \geq Qj$

- Au pas de planification suivant (i=1), de nouveaux plans sont élaborés pour les périodes φ = 4,…,16.

Il faut à ce stade tenir compte des livraisons effectives sur les périodes passées (t=1,2), ainsi que du phénomène de gel des décisions (commande figée d'approvisionnement à t=3) pour pouvoir calculer le nouvel engagement. Nous appellerons η^i_j l'*état de l'engagement* sur le composant (j) au pas de planification (i), c'est-à-dire la somme des livraisons effectives passées augmentées des commandes figées.

Les contraintes d'engagement s'écrivent alors comme suit:

Sur le premier horizon d'engagement (r =1) :

$$\sum_{t=4}^{7} C^1{}_{j,t} \geq Qj - \eta j^1 \qquad \text{avec} \qquad \eta j^1 = \sum_{t=1}^{2} L^0{}_{j,t} + \sum_{t=3}^{3} C^0{}_{j,t}$$

Sur le deuxième horizon d'engagement (r =2) :

$$\sum_{t=8}^{14} Cj,t \geq Q_{ij}$$

Nous remarquons que la contrainte sur le premier horizon d'engagement est dynamique, fonction des livraisons passées et des commandes gelées, alors que le deuxième horizon d'engagement ne considère pas l'état d'engagement de la planification précédente.

- **Calcul de l'état d'engagement η^i_j**

Du fait du caractère glissant de la planification, il nous faut considérer la notion de *période de référence d'engagement* (prh), période à partir de laquelle l'état d'engagement est recalculé. (Figure 3.14)

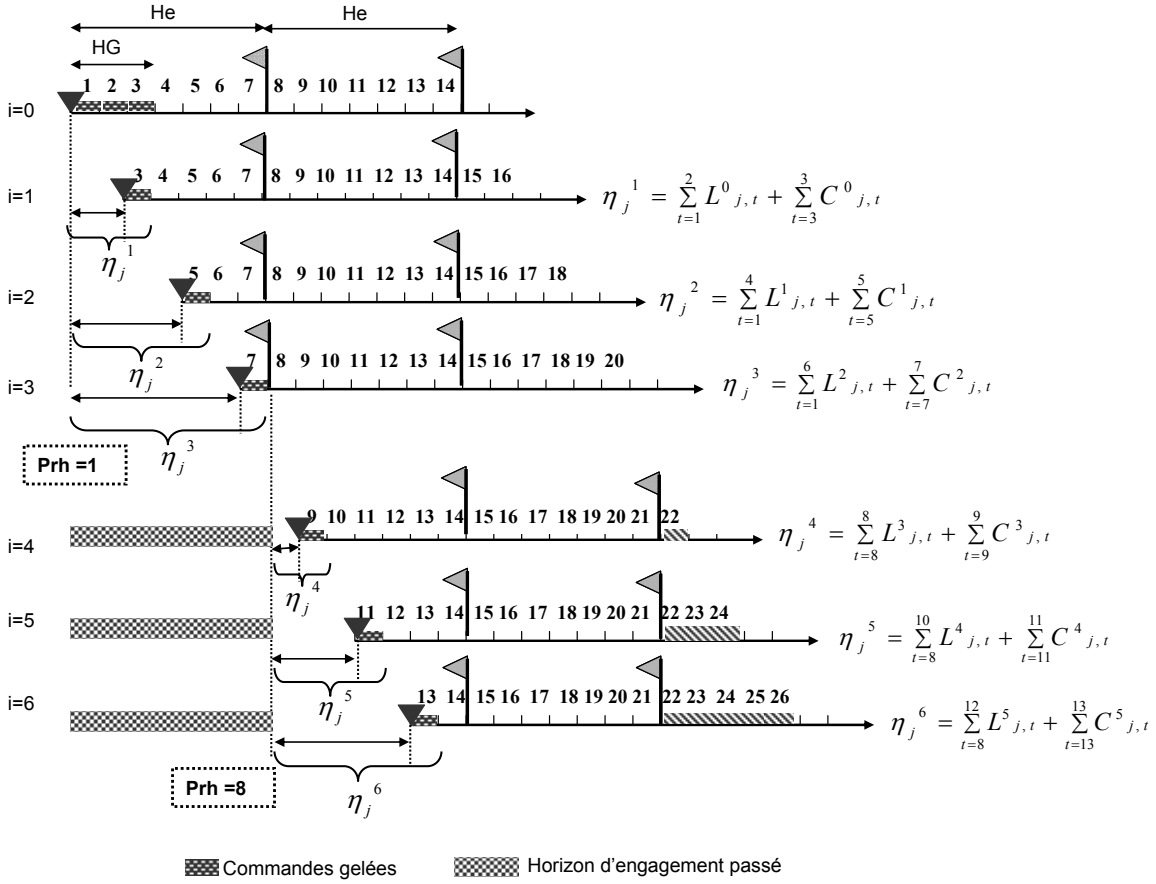


Figure 3.14 : La procédure de calcul de η^i_j

En effet, pour assurer le calcul de η^i_j **,** il est nécessaire à chaque pas de planification de connaître la période à partir de laquelle les calculs des livraisons passées seront faits.
Nous nommerons ***période de référence de l'horizon (prh)*** la période à partir de laquelle se fait le calcul des livraisons passées.

Exemple : Dans la figure (Figure 3.14), pour les pas de planification (i = 0,..,3) le calcul des livraisons passées se fera à partir de t=1 (prh=1).
Pour les pas de (i = 4,…,6), nous entrons dans le deuxième horizon d'engagement, le calcul des livraisons passées ne se fait plus à partir de t=1, mais de t=8, (prh=8).

3.3.2. Généralisation des contraintes (Q/He)

Les variables nécessaires pour formuler la contrainte d'engagement He à chaque pas de planification sont les suivantes:

Q_j	Quantité d'engagement minimum d'achat du composant (j) sur l'horizon He
$L^{i-1}_{j,t}$	Livraison en composant (j) à la période (t) au pas de planification (i-1)
$C^{i-1}_{j,t}$	Commandes de composant (j) à la période (t) au pas de planification (i-1)

Par ailleurs, il nous faut considérer les grandeurs dynamiques suivantes:

r	indice d'horizon *d'engagement*, r = 1,..,R/ R : nombre totale d'horizons d'engagement
prh	*Période de référence de l'horizon*, c'est la période dynamique à partir de laquelle se fait le calcul des livraisons passées
η^i_j	*Etat de l'engagement* en composant (j) au pas (i), correspond aux quantités effectivement livrées sur les périodes PP augmentées des commandes des composants (j) sur l'horizon gelé reportées de la planification précédente.

L'état d'engagement s'obtient comme suit :

$$\eta_j^{\,i} = \underbrace{\sum_{t\,=\,prh}^{(i-1)PP+HG-1} L^{i-1}{}_{j,t}}_{\text{Livraisons effectives}} + \underbrace{\sum_{t\,=\,iPP+1}^{(i-1)PP+HG} C^{i-1}{}_{j,t}}_{\text{Commandes gelées reportées de la planification précédente}}$$

En définitive, les contraintes du contrat Q/He perçues par le client s'écrivent à chaque pas de planification (i):

- Sur le premier horizon d'engagement

(r =1) $$\sum_{t\,=\,1+(i-1)PP+HG}^{E(\frac{(i-1)PP+HG}{He}+1)He} C^{i}{}_{j,t} \geq (Q_j - \eta_j^{\,i}) \qquad (12)$$

- Sur les autres horizons d'engagement

(r = 2,…, R) $$\sum_{t=(r-1)He+1}^{rHe} C^{i}{}_{j,t} \geq Q_j \qquad (13)$$

L'inéquation (12) veille à ce que l'engagement sur le premier horizon d'engagement (r = 1) soit actualisé et se calcule dynamiquement en fonction des livraisons passées effectives et des commandes gelées.

L'inéquation (13) prolonge l'expression de la contrainte sur le restant des horizons d'engagement (r = 2,…, R) qui eux sont indépendants de la dynamique de planification.

4. Implémentation informatique du modèle de planification

En vue de manipuler le modèle analytique proposé, il est impératif de développer une plateforme de simulation en vue de proposer un cadre d'expérimentation La plateforme développée a pour vocation de fournir un espace paramétrable pour l'étude comportementale des différents acteurs de la chaîne logistique.

4.1. Environnement de développement

Le fonctionnement de la plateforme proposée s'appuie sur deux environnements de programmation. D'une part, nous utilisons *l'environnement Mosel* qui est le langage de programmation de l'outil d'optimisation *Xpress-MP*. Cet environnement sert à retranscrire le modèle de programmation linéaire (le critère d'optimisation et les contraintes du modèle) sous forme de lignes de code ainsi qu'à récupérer les valeurs des variables de décisions calculées.

D'autre part, l'environnement *Visual Basic* est exploité à des fins de programmation de l'aspect dynamique de la simulation. En effet, la propagation de la demande des clients finaux se fait au travers de la transmission progressive de carnets de commande de l'aval vers l'amont de la chaîne et les produits sont fabriqués et approvisionnés graduellement de l'amont vers le consommateur final. Cette dynamique du flux d'information et du flux physique est programmée sous *Visual Basic*.

Le couplage Xpress-MP avec un fichier de données est déjà au centre des travaux de (François, 2007) et (Galasso, 2007). Nous basons notre approche sur les premiers travaux pour développer notre plateforme.

4.2. Architecture et principales caractéristiques de la plateforme de simulation

L'architecture globale de la plateforme d'expérimentation est représentée sur la figure (Figure 3.15).
La base de données est utilisée pour la saisie des paramètres du modèle, les paramètres des contrats d'approvisionnement, l'enregistrement des données de simulation et l'affichage des résultats des variables de décisions suite aux calculs de Xpress-MP.

La base de données, dans notre application est un tableur qui contient en *entrée (Input)* : les données/paramètres techniques et financiers, en sortie (*output)* : les plans de production, d'approvisionnement et de livraison ainsi que les niveaux de stocks de produits finis, de recours aux heures supplémentaires, le niveau de composants et les ruptures.

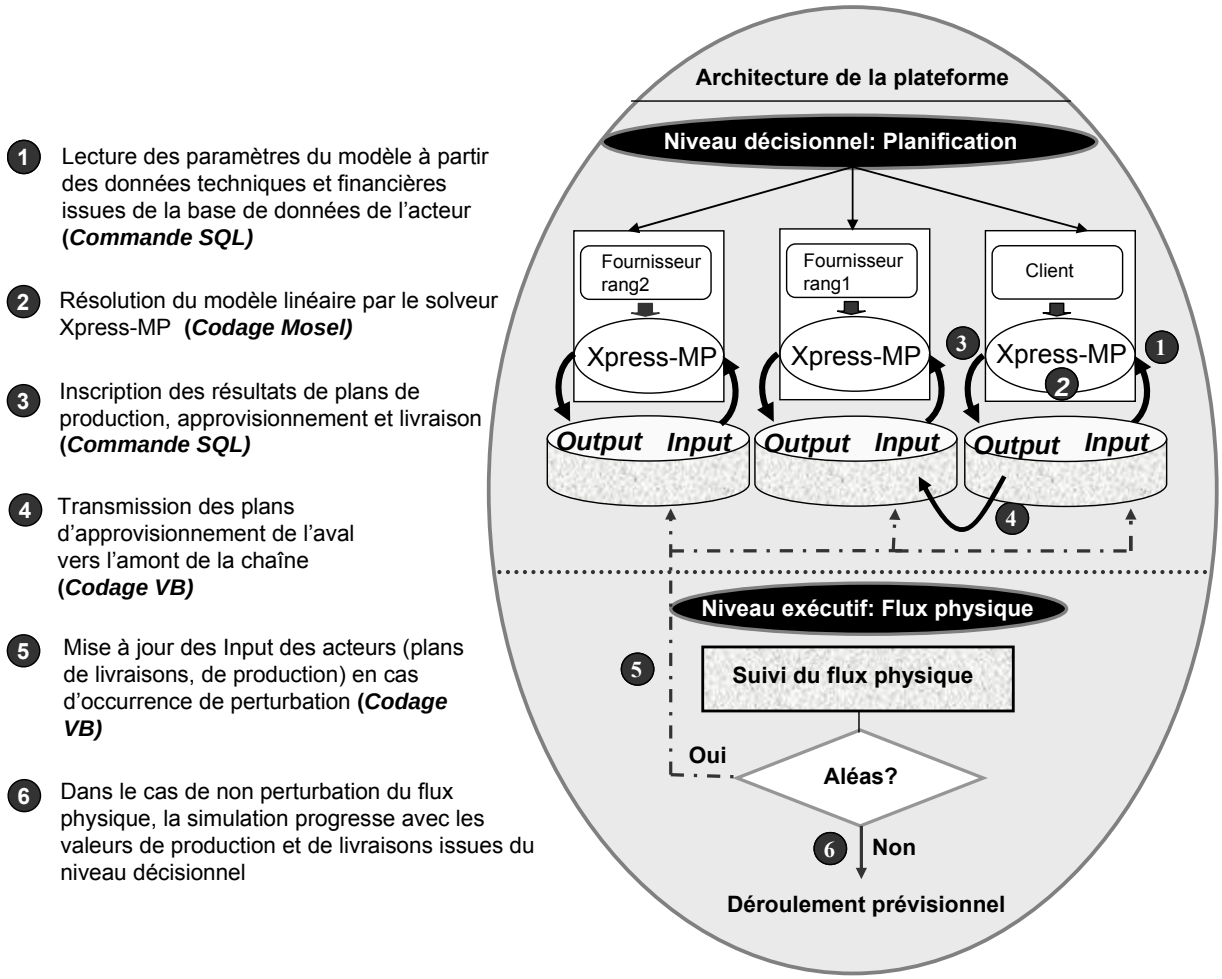


Figure 3.15 : Architecture de la plateforme de simulation (Amrani-Zouggar et al., 2009b)

La plateforme de simulation développée se caractérise par les points suivants :

- *Une interface centralisée:* Depuis l'interface de simulation, il est possible de définir de nouveaux scénarios au travers de la modification des paramètres de chaque acteur, permettant ainsi d'évaluer l'impact de différents contrats sur le comportement de la chaîne. Des procédures automatiques vont permettre de mettre à jour la base de données de chaque acteur en fonction des données de l'interface. L'interface centralisée offre ainsi une utilisation ergonomique de la plateforme ainsi qu'un gain de temps considérable dans la préparation des données initiales en vue du lancement de la simulation.

- *Bases de données indépendantes :* En attribuant une base de données indépendante à chaque acteur de la chaîne, le caractère distribué du système d'information est respecté. Chaque entreprise garantit la confidentialité de ses données et ne coordonne son activité que sur la base des informations transmises par ses clients. Le pilotage de la chaîne est donc en cela distribué et non centralisé.

- *Simulation en temps réel :* La maille de temps élémentaire étant la semaine, un compteur incrémental affiche l'état d'avancement de la simulation pas à pas. L'interface permet d'instancier le modèle de planification au sein de chaque acteur à chaque pas de planification. Au bout d'une certaine période de planification PP, les acteurs mettent à jour les données initiales *(input)*, telles que les en-cours des achats,

en-cours de production, en-cours de livraisons et/ou modification d'une commande…) ; la mise à jour étant établie la simulation relance une nouvelle planification. Le modèle est donc dynamique et incrémental.

- *Un module de flux physique* : Le module du flux physique, comme illustré dans l'architecture de la plateforme de simulation se distingue du niveau décisionnel où l'on planifie les activités de production, et se veut représenter l'état réel de la chaîne logistique. En cas d'aléa de production dans le système simulé, il devient impératif de propager cet aléa pour recalculer les niveaux de stocks, les plans de livraisons qui vont en être impactés. Le module du flux physique s'autogère, il a été conçu spécialement pour intégrer les modifications en cas d'aléa et les répercuter sur les plans de production et de livraison.

- *Un module de génération de plan de demande :* Ce module consiste à générer un carnet de commande émanant des clients finaux.

- *Affichage automatique de graphiques* : Les résultats de simulation sont envoyés dans la base de données en sortie (*output)* de chaque acteur; ils traduisent les différents plans précisant pour chaque référence de produit, la quantité à produire, à acheter, à livrer et à stocker sur les périodes de simulations. Afin de faciliter la manipulation de ces données, une procédure automatique d'affichage de graphique a été programmée.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons commencé par analyser la planification des chaînes logistiques en mettant en exergue les décisions tactiques qui servent de directives pour le niveau opérationnel. La planification au niveau tactique participe à la réduction de l'impact des différentes sources de risque (délais fournisseurs, fluctuation de la demande et des prix) (Van Landeghem & Vanmaele, 2002). Une planification à horizon glissant est nécessaire pour recaler en permanence la planification sur les informations les plus récentes.

L'analyse des différentes approches de planification fait apparaître une majorité de travaux visant à garantir l'amélioration de la visibilité aval (visibilité de la demande) afin de coller au plus près de la demande du marché. De notre point de vue, l'amélioration de la relation amont avec les fournisseurs, bien peu traité, est un facteur clé de performance.

La chaîne logistique, dans nos travaux, est assimilée à un ensemble d'entités autonomes, dont chacune est en interaction avec une entité amont et aval. Notre étude ne se réduit pas à une vue client-fournisseur, comme cela est souvent le cas dans la littérature, mais établit un modèle générique de planification instanciable à chaque centre de décision d'une chaîne linéaire triadique.

Nous avons présenté dans ce chapitre notre approche pour une modélisation analytique du problème de planification d'un centre de décision intégrant certaines particularités qui nous semblent importantes dans la pratique industrielle, telles que la possibilité de recourir à une capacité additionnelle et l'existence d'un horizon gelé pour stabiliser les activités de l'entité amont. Le modèle de planification proposé se veut un modèle standard pouvant être appliqué à toute entité de la chaîne logistique et instancié à chaque pas de planification. Il est enrichi des contraintes issues des modalités contractuelles d'approvisionnement avec le fournisseur.

Deux types de contrats d'approvisionnement sont retenus pour faire l'objet de l'analyse par simulation (présentée dans le chapitre IV) : le contrat d'engagement sur des quantités commandées par périodes Q/t et le contrat d'engagement sur des quantités commandées sur un horizon d'engagement Q/He. Nous avons formulé les contraintes inhérentes à ces deux types de contrats d'approvisionnement, qui sont exploitées comme contraintes supplémentaires venant se greffer aux contraintes classiques de conservation de matière, report des ruptures et limitation de capacité, ..., du problème de planification.

Le modèle proposé est implémenté sur une plateforme de simulation développée en se basant sur un cas d'étude de chaîne logistique. Notre objectif est de pouvoir mener différentes campagnes de simulation afin de tester différents scénarios et évaluer l'impact des clauses d'approvisionnement sur la performance et la réactivité de la chaîne logistique.

Chapitre IV

Étude par simulation de l'impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique

Sommaire

Introduction 114
1. Description du cas d'étude support aux simulations 114
1.1. Le produit et le réseau de partenaires 114
1.2. Principaux paramètres 116
1.3. Plan de demande 116
2. Protocole d'expérimentation 117
2.1. Les indicateurs de performance 117
2.2. Les aléas simulés 118
2.3. La démarche globale d'analyse des expérimentations 120
3. Etude du Contrat Q/t : Engagement par période 120
3.1. Analyse de la relation client – fournisseur 120
3.1.1. Impact de la variation du taux de flexibilité α 120
3.1.2. Analyse croisée des points de vues client et fournisseur 124
3.1.3. Impact de l'horizon gelé HG 125
3.1.4. Analyse couplée α et HG 126
3.2. Extension de l'analyse à une chaîne triadique 128
3.2.1. Impact des variations du taux de flexibilité amont et aval (α_1, α_2) 128
3.2.2. Impact des variations des horizons gelés amont et aval (HG_1, HG_2) 130
4. Etude du contrat Q/He : Engagement sur horizon 132
4.1. Analyse de la relation client-fournisseur 133
4.1.1. Impact de (He, Q) en fonction des stratégies du fournisseur 133
4.1.2. Impact de l'horizon gelé HG 138
4.2. Extension de l'analyse à une chaîne triadique 140
5. Etude des aléas de flux physique sous contrat Q/t et contrat Q/He 141
5.1. Protocole d'expérimentation pour les aléas du flux physiques 141
5.2. Aléa du flux physique sous contrat Q/t 142
5.3. Aléa du flux physique sous contrat Q/He 144
6. Etude comparative des contrats Q/t et Q/He dans une relation client-fournisseur 147
6.1. Les conditions initiales 147
6.2. Résultats comparatifs 147
Synthèse & conclusion 150

Introduction

Ce chapitre concerne la mise en œuvre du modèle analytique proposé au chapitre III sur un cas d'étude de chaîne logistique afin d'évaluer par simulation l'impact du choix des contrats d'approvisionnement sur les performances locales et globales de la chaîne logistique. L'objectif attendu des simulations est une mise en exergue des comportements des partenaires (stockage de produit fini, stockage de composants, recours aux heures supplémentaires, ruptures…) lorsque ces derniers sont engagés par différents contrats d'approvisionnement.

Dans la première partie, nous introduisons le cas d'étude qui servira de support aux simulations futures. Le cas retenu, issu de la téléphonie mobile, énonce une structure de chaîne logistique de complexité intentionnellement réduite dans le but d'orienter nos analyses vers les principaux phénomènes, sans risquer une profusion de résultats non interprétables. L'analyse peut être étendue ultérieurement à des cas plus complexes.
Dans la deuxième partie, nous présentons le protocole d'expérimentation suivi. Il s'agit, d'une part, d'expliciter les domaines de performance étudiés et les indicateurs y afférant, d'autre part, d'identifier les aléas auxquels sont soumis les partenaires (fluctuation de la demande et aléa du flux physique). Une fois ces éléments présentés, un énoncé de la démarche globale d'analyse sera donné.
Dans les parties 3 et 4, l'aléa considéré est la fluctuation de la demande. Différentes compagnes de simulations sont réalisées afin d'explorer les particularités de chaque contrat Q/t et Q/He dans une relation client-fournisseur, puis l'analyse est étendue à l'échelle d'une chaîne linéaire.

La partie 5 concerne l'évaluation de l'impact des contrats Q/t et Q/He sur la performance, lorsque les partenaires sont confrontés aux aléas du flux physique. Dans la sixième partie, nous comparons les résultats obtenus sous les contrats Q/t et Q/He.
La partie 6 propose une étude comparative des deux contrats d'approvisionnement Q/t et Q/He lorsque les partenaires sont soumis au même contexte de demande et au même aléa.

En conclusion, nous dressons un bilan de l'impact de l'ensemble des clauses étudiées, en présence de différents aléas et sous différents contrats d'approvisionnement.

1. Description du cas d'étude support aux simulations

En vue de mener des expérimentations et tester l'impact de différents contrats sur la performance de la chaîne logistique, la définition d'un cas d'étude s'avère indispensable.

L'observation des travaux liés à la chaîne logistique fait en effet apparaître un besoin de validation des concepts de pilotage par l'application à des cas d'étude.
Une analyse des pratiques industrielles a été réalisée dans le cadre du groupe de travail SCMIP regroupant plusieurs laboratoires (dont le notre). Des entretiens avec des industriels ont été réalisés et des conclusions intéressantes ont été tirées concernant les caractéristiques environnementales des entreprises (François & Galasso, 2005). En se basant sur ces observations et sur une analyse des travaux de (Catalan & Kotzab, 2003), nous avons pu définir un cas d'étude issu du marché de la téléphonie mobile.

1.1. Le produit et le réseau de partenaires

Une chaîne dans le secteur de la téléphonie est un ensemble hétérogène de partenaires industriels pouvant être regroupés en grandes familles (Mahmoudi, 2006) :

- *Les opérateurs* sont responsables du déploiement de la couverture réseau, procurant les services supports aux clients et l'infrastructure nécessaire (France Télécom, Vodafone, Telefonica, …).
- *Les distributeurs* sont chargés de stocker et d'approvisionner les points de vente en produits finis afin de répondre à la demande.
- *Les détaillants* forment une interface physique entre le consommateur et la chaîne logistique.
- *Les « Original Equipment Manufacturer* OEM » sont les fabricants chargés de l'assemblage de produits finis (Nokia, Ericsson, Lucent, …).
- *Les « Parts Producers » ou « Electronics Manufacturing Services Provider EMS »* sont responsables de l'assemblage de sous ensembles revendus aux partenaires pour être incorporés dans leurs propres produits (Solectron, Flextronics, …).
- *Les « Material Fabricators » ou « 2nd tier Suppliers »* fabriquent les composants électroniques de base (les puces) utilisés par les *EMS* (Freescale, Philips, Texas Instrument, …)
- *Les fournisseurs de 3ème rang et plus* délivrent les matières premières (silicium, produits chimiques, silicon) qui interviennent dans la fabrication des puces pour les fournisseurs de 2nd rang.

Les acteurs dont nous nous proposons de suivre le comportement sont les OEM, les « Parts Producers » et « Material Fabricators ».
Quant aux fournisseurs de 3ème rang, ceux-ci sont considérés comme idéaux (i.e. fournissent à temps les quantités commandées) et ne font pas l'objet d'une étude particulière (Figure 4.1).

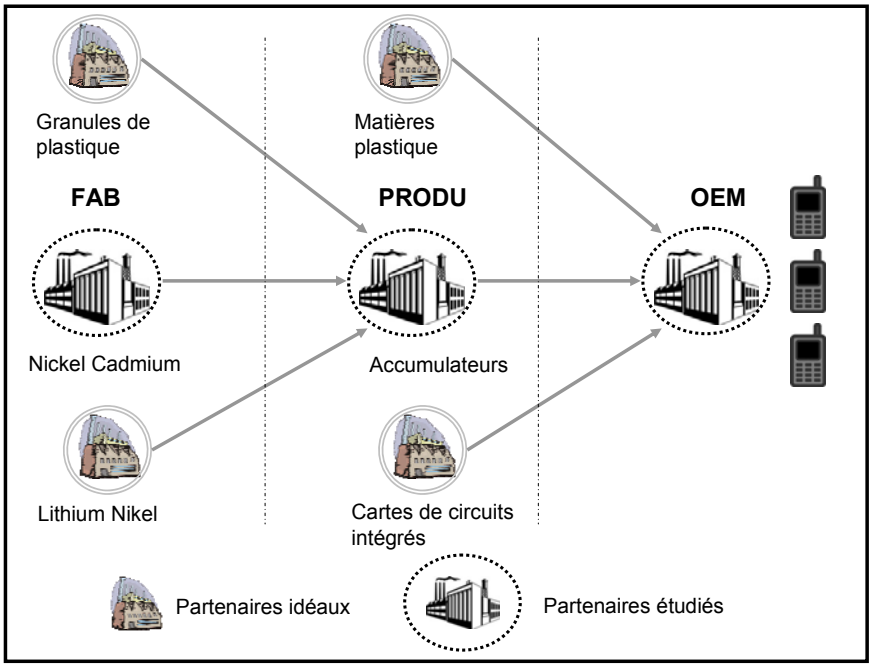


Figure 4.1 : Le cas d'étude de la téléphonie mobile

Nous considérons trois produits finis assemblés chez OEM, trois modèles de téléphones portant les références XPF1, XPF2, XPF3, composés chacun d'un accumulateur, de pièces plastiques et de cartes de circuits intégrés fournis par des entreprises de type « Parts Producers » qui s'approvisionnent à leur tour chez des « Material Fabricators ».

Le propos dans notre étude est d'examiner une chaîne logistique linéaire afin de nous concentrer davantage sur la nature des relations inter-partenariales plutôt que sur leur nombre.

Nous nous focalisons sur le producteur PRODU qui fabrique des accumulateurs. L'accumulateur est de type Nickel-Cadmium ou Lithium-Nickel en fonction du choix de l'entreprise commanditaire. Nous imaginons quant à nous de traiter avec le fabricant FAB (Nickel-Cadmium). Quant aux autres partenaires (producteurs et fabricants), nous faisons une hypothèse simplificatrice en considérant que les composants qu'ils fournissent sont toujours disponibles.

Le cas d'étude est une chaîne logistique composée de trois acteurs OEM, PRODU et FAB

Au final, nous retenons un cas d'étude simplifié formé de trois partenaires au sein d'une chaîne linéaire, à savoir l'acteur OEM, qui produit XPF1, XPF2 et XPF3, l'acteur PRODU qui produit MP1, MP2, MP3 et l'acteur FAB qui produit C1,C2,C3. Les nomenclatures de ces produits sont décrites dans la partie suivante.

1.2. Principaux paramètres

Les principaux paramètres techniques nécessaires au déroulement des simulations sont réunis dans le tableau (Tableau 4.1).

Nous donnons les différents paramètres temporels (Horizon de planification H, période de planification PP, délai de livraison D_{liv}), les capacités par partenaire (capacité nominale CAPN et capacité additionnelle CAPA), le coefficient de nomenclature γ, la consommation horaire de capacité ξ, ainsi que la valuation des coûts (de fabrication, de stockage de produit fini, de stockage de composant, de rupture et des heures supplémentaires) en unités monétaires.

Systèmes de production	CAPA (h)	220	1000	1960
	θ (%)	20	20	20
	CAPN (h)	1100	5000	9800
Paramètres temporels (périodes)	Dliv	3	3	3
	PP	3	3	3
	H	30	30	30
Acteur		OEM	PRODU	FAB

OEM	γ (unités)	Matières premières (composants)					ξ (h)	Coûts (u.m)				
		MP1	MP2	MP3	MP4	MP5		C_{Fab}	C_{Tran}	CS_{PF}	C_{Rup}	C_{Hsupp}
PF	XPF1	1	2	3	0	0	1	45	17	18,9	42	35
	XPF2	1	0	3	2	0	3	11	18	16,2	36	
	XPF3	1	2	0	0	3	4	12	19	10,5	24	
CS_{MP}		2,7	1,35	0,9	1	0,5						

PRODU	γ (unités)	Matières premières (composants)							ξ (h)	Coûts (u.m)				
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7		C_{Fab}	C_{Trans}	CS_{PF}	C_{Rup}	C_{Hsupp}
PF	MP1	2	1	2	0	0	0	0	5	34	15	14	31,2	17
	MP2	0	0	0	2	3	0	0	7	30	14	10,8	24	
	MP3	0	0	0	0	0	1	2	9	28	13	8,1	18	
CS_{MP}		3	1,4	0,86	1,2	0,85	0,87	0,95						

FAB	γ (unités)	Matières premières (composants)					ξ (h)	Coûts (u.m)				
		O1	O2	O3	O4	O5		C_{Fab}	C_{Tran}	CS_{PF}	C_{Rup}	C_{Hsupp}
PF	C1	3	1	0	0	0	4	11	8	4,95	11	4
	C2	0	0	2	1	0	6	9	7	2,7	6	
	C3	0	0	0	0	1	9	8	5	2,1	4,6	
CS_{MP}		3	1,4	0,46	0,48	0,5						

Tableau 4.1 : Paramètres techniques du cas d'étude

1.3. Plan de demande

Pour définir la demande initiale du client final, nous réalisons un tirage aléatoire pour la quantité de produit commandée sur chaque période en utilisant une loi de probabilité de distribution normale de moyenne $\mu = 900$ et d'écart type $\sigma = 60$.

Dans nos travaux, nous considérons que la demande est déterministe. Le recours à un tirage du profil de la demande par une loi de distribution se fait une seule fois en début de

simulation et ce uniquement pour spécifier un profil qui représente le plan de demande sur l'horizon de planification H (Figure 4.2).

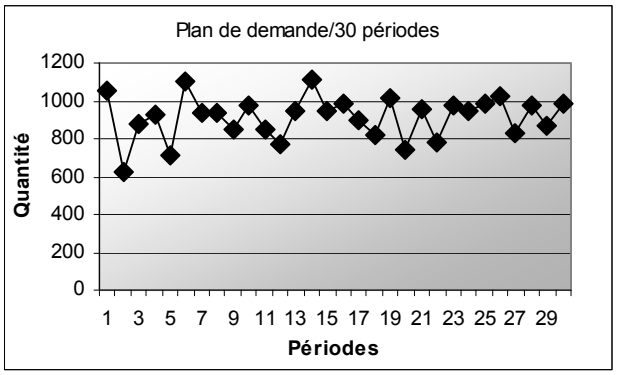


Figure 4.2 : Plan de demande

En planification à horizon glissant, il est nécessaire, au fur et à mesure de l'avancement du temps de pouvoir générer de nouvelles demandes pour compléter l'horizon de planification H. Le simulateur se charge de recompléter les nouvelles demandes suivant la même loi de distribution.

2. Protocole d'expérimentation

Ayant présenté le cas d'étude et les éléments techniques nécessaires au lancement des simulations (plan de demande, nomenclature produit, capacités, gestion du temps, coûts…), nous énonçons ici le protocole d'expérimentation engagé.

Dans cette section, nous relatons les différents indicateurs de performance (IP) relatifs aux partenaires et les divers aléas simulés pour tester leur impact sur performance de la chaîne.
Le protocole d'expérimentation consiste à paramétrer les clauses des contrats d'approvisionnement, opérer des aléas sur le système et évaluer par les IP l'incidence de ces clauses sur la performance locale du partenaire, ainsi que sur la performance globale de la chaîne.
La performance globale évaluée à l'échelle de la chaîne logistique, consiste en une agrégation (par une simple somme des performances).

2.1. Les indicateurs de performance

En accord avec les domaines de performance présentés au chapitre II, nous avons jugé intéressant d'appuyer l'évaluation des performances des partenaires et de la chaîne logistique sur plusieurs indicateurs faisant référence aux domaines de SCOR « coûts », « fiabilité » et « réactivité ».

Le tableau (Tableau 4.2) résume les indicateurs de performance que nous proposons. La plateforme de simulation est dotée de procédures et mécanismes de calcul assurant l'affichage automatique des IP ainsi définis.

DP	IP	Description de l'indicateur
Coûts	*Profit* (P_r)	Valeur du critère du modèle de planification
	Coût d'adaptation (C_a)	Coût des efforts d'adaptation consentis par l'acteur, il regroupe les coûts de stockage de produits finis, de stockage de composant, de rupture et de recours aux heures supplémentaires $C_a = \sum_{t=1}^{H} \hat{i}_p.I_{p,t} + \hat{i}_j.I_{j,t} + \hat{b}_p.B_{p,t} + \hat{h}.A_t$
Fiabilité	Taux de service (T_x)	Décrit l'aptitude moyenne d'un acteur à satisfaire la demande client $D_{p,t}$ abstraction faite des quantités livrées $L_{p,t}$ pour combler une rupture passée $B_{p,t}$ $T_x = \sum_{t=1}^{H} (\frac{L_{p,t} - B_{p,t-1}}{D_{p,t}}) / H$
Réactivité	Indice de profondeur de rupture (I_{pr})	Nombre total de périodes sur lesquelles sont constatées des ruptures $I_{pr} = \sum_{t=1}^{H} X_t$ / X_t = 1 si une rupture est constatée et 0 sinon
	Indice d'ampleur de rupture (I_{am})	Plus grand nombre de périodes successives en rupture subis par le partenaire pour absorber un aléa $I_{am} = \max (\sum_{t=l_1}^{k_1} X_t, \sum_{t=l_2}^{k_2} X_t, ..., \sum_{t=l_i}^{k_i} X_t)$ $i \in H$: intervalle à ruptures successives l_i , k_i : Bornes de l'intervalle i

Tableau 4.2 : Domaines et indicateurs de performance

2.2. Les aléas simulés

Au-delà du calcul prévisionnel des plans des partenaires, l'intérêt de l'outil de simulation développé est de permettre une analyse du comportement de la chaîne dans différents contextes de relations contractuelles et face à diverses perturbations simulées.

Les deux évènements redoutés principaux auxquels est confrontée l'entreprise sont en effet *la fluctuation de la demande et les aléas du flux physique* qui peuvent devenir très vite sources de problèmes liés à l'apparition de stocks excédentaires ou, à l'inverse, de ruptures conséquentes qui grevent les performances des entreprises. Le tableau (Tableau 4.3) résume les aléas pouvant survenir lors de l'exploitation de la chaîne.

L'objet de la simulation est alors une analyse qualitative et quantitative de l'impact de ces aléas sur le comportement des acteurs de la chaîne logistique et dont les réactions se traduisent par des ajustements successifs des plans calculés afin d'adapter les activités de production à ces perturbations.

Nous notons que la demande dans la réalité industrielle peut varier aussi bien à la hausse qu'à la baisse, aussi simulons-nous les deux cas de figure. Par ailleurs, le plan de demande varie rarement dans sa totalité, seules quelques périodes voyant la demande fluctuer. Pour simuler ce comportement, nous recourons à une fluctuation multiple à la hausse notée (+β%) ou à la baisse (- β%) opérée sur le profil de demande sur certaines périodes.

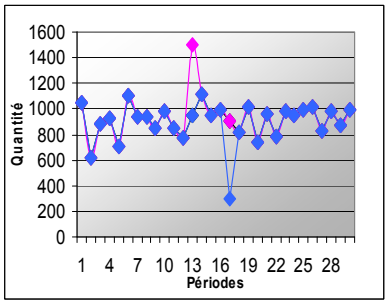
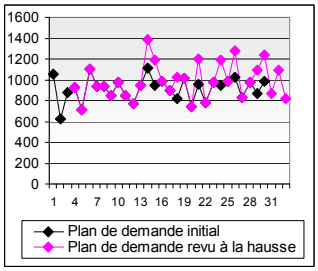
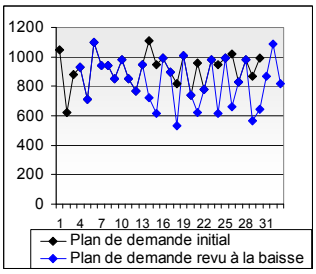
Aléa \ Contenu			Profils & Description
Aléas simulés	Fluctuation de la demande	Fluctuation ponctuelle	 La fluctuation ponctuelle (à la hausse ou à la baisse) porte exclusivement sur une période donnée Son avantage est de permettre une meilleure compréhension des mécanismes enclenchés et des phénomènes engendrés (stockage, recours aux heures supplémentaires, ruptures…)
		Fluctuation multiple	  Une fluctuation multiple à hauteur de + β% ou - β% est opérée sur un certain nombre de périodes Son avantage: imiter le comportement réel du marché
	Aléa flux physique	Aléa de production	L' aléa de production (dû à des pannes machines, arrêts pour entretien des équipements ou à des rebuts suite à un contrôle qualité) occasionne des des arrêts de production responsables des manques à livrer vers le client Les aléas de production sont simulés au sein d'un acteur avec prise en compte de leur propagation éventuelle vers le partenaire aval
		Aléa d'appro	L'aléa d'approvisionnement est occasionné par des livraisons tardives de la part du fournisseur

Tableau 4.3 : Les aléas simulés

Il est à noter que la fluctuation de la demande β % (à la hausse ou à la baissse) représente l'amplitude de la variation de la quantité commandée par périodes seulement. Alors que la variation globale Δ% (Figure 4.3) est calculée comme suit. :

$$\Delta\% = \frac{\sum_{o} \Delta_o}{\sum_{t} D_{p,t}}$$ Tel que o : indice des périodes subissant des fluctuations

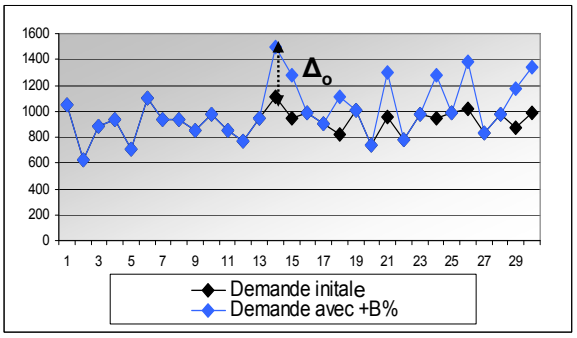


Figure 4.3 : Variation globale de la demande à la hausse

Nous précisons que les fluctuations opérées durant les simulations ne sont effectives qu'une seule fois et représentent des aléas de la demande dont l'occurrence se situe entre le premier instant de planification et le deuxième. Ce choix se justifie par la volonté d'analyser les mécanismes déclenchés chez les partenaires en écartant les perturbations multiples et

répétitives afin de ne pas biaiser les résultats par des fluctuations intervenant sur plusieurs pas de planification.

2.3. La démarche globale d'analyse des expérimentations

Le cas d'étude et le simulateur étant présentés, les indicateurs de performance et les divers aléas étant exposés, nous pouvons énoncer notre démarche globale d'analyse.

Nous proposons d'étudier dans un premier temps les deux contrats Q/t et Q/He séparément, le contrat Q/t étant caractérisé par ses clauses (HG, α) et le contrat Q/He par ses clauses (HG, He, Q).
Deux types d'expérimentations seront appliqués aux contrats : une première campagne permettra de focaliser l'analyse sur une relation client-fournisseur, sujette à divers aléas ; la deuxième campagne d'expérimentations étendra l'analyse à une chaîne logistique triadique (OEM, PRODU et FAB).
Les performances des partenaires seront mesurées par les différents IP précédemment présentés (P_r, C_a, T_x, I_{pr}, I_{am}). Néanmoins, les analyses porteront majoritairement sur les coûts d'adaptation. En effet, l'indicateur de coût est plus à même de rendre compte des subtils écarts entre scénarios contrairement à l'indicateur de profit, qui souvent n'enregistrent pas d'écarts discriminants. Il n'en demeure pas moins intéressant pour le décideur de disposer de plusieurs IP, afin d'aborder la performance sous ses multiples dimensions. Ceux-ci permettent de plus de constituer un tableau de bord (systèmes d'indicateurs de référence) auquel le décideur peut recourir au besoin lorsqu'il s'agit d'orienter des décisions pour atteindre un certain niveau de performance.

3. Etude du Contrat Q/t : Engagement par période

Nous nous interrogeons dans cette section sur l'incidence de la valeur des paramètres (HG, α) propre au contrat Q/t sur la performance de la chaîne et de ses acteurs, confrontés à divers aléas. Une analyse d'une relation client-fournisseur précède l'extension de l'analyse d'une chaîne triadique.

3.1. Analyse de la relation client – fournisseur

L'analyse de la relation client-fournisseur vise à expliciter l'incidence de chaque paramètre du contrat (Q/t) sur les performances de chaque contractant. A chaque fois que nous parlerons d'une analyse client-fournisseur, il s'agira des acteurs OEM et PRODU de notre cas d'étude.

3.1.1. Impact de la variation du taux de flexibilité α

Nous rappelons que le taux de flexibilité matérialise la variation (à la hausse +α ou à la baisse -α) que peut supporter le fournisseur par rapport aux valeurs déjà connues de la demande. Le client dispose alors d'une marge dans laquelle une demande peut fluctuer.
Les résultats du tableau (Tableau 4.4) font suite à une série d'expérimentations avec variation du taux de flexibilité 10%, 20%, 40% et simulation de différents types d'aléas sur la demande (fluctuation ponctuelle ou multiple, à la hausse ou à la baisse).
La tendance révèle que l'augmentation du taux de flexibilité améliore la performance chez OEM (diminution progressive des coûts). En revanche pour PRODU, il apparaît que l'augmentation du taux de flexibilité accordée dégrade sa performance locale (augmentation progressive des coûts).

Configurations de flexibilité α%		Fluctuation de la demande			
		1 pic à la hausse (t=27 de 830 à 1700 unités)	β% = + 65%	1 pic à la baisse (t=27 de 830 à 200 unités)	β% = - 45%
α=10%	Coûts OEM (u.m) Coûts PRODU (u.m)	40140 30576	281077 150137	13962 4317	54919 7177
α=20%	Coûts OEM (u.m) Coûts PRODU (u.m)	28232 40451	105744 239609	6879 5063	19855 8416
α=40%	Coûts OEM (u.m) Coûts PRODU (u.m)	22838 56508	77484 256765	2602 6002	2505 9440

Tableau 4.4 : Evolution de la performance de OEM et PRODU avec différents α

Pour identifier les causes de ces phénomènes (pour les quatre scénarios de demande), nous présentons les résultats détaillés de la planification des activités au sein de chaque partenaire, en distinguant plus particulièrement les deux situations reflétant une tendance à la hausse et à la baisse.

- **Impact du taux de flexibilité α avec une fluctuation de demande à la hausse**

Pour effectuer une analyse fine des résultats du tableau 4.4, nous considérons le cas d'un pic à la hausse à t=27, la quantité de produits commandés variant de 830 à 1700 unités. Différents profils de stock de produits finis XPF1, stock de composants MP1, heures supplémentaires et ruptures sont fournis. La figure (Figure 4.4) permet l'observation de plusieurs phénomènes liés à une variation de la demande à la hausse.

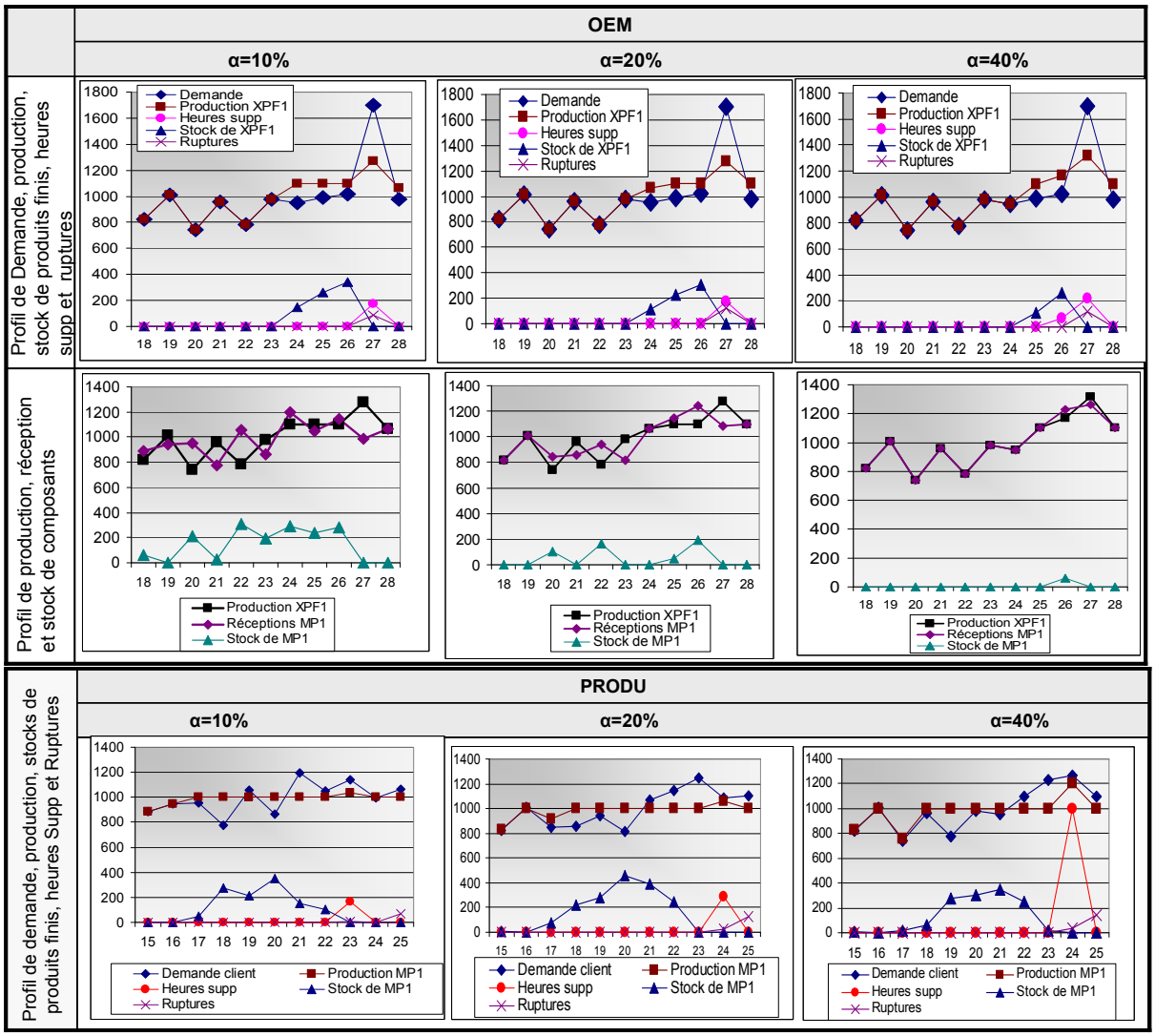


Figure 4.4 : Profils de OEM et PRODU sous différents α et fluctuation de la demande à la hausse

A propos de OEM (client): Dans les trois scénarios (variation de α), le changement de la demande à la hausse entraîne un lissage amont de la production (constitution d'un stock de produits finis XPF1) et un recours aux heures supplémentaires. Toutefois, en raison des différents taux de flexibilité négociés, une plus grande anticipation des approvisionnements (stock de composants MP1) est nécessaire pour OEM lorsque celui-ci est contraint par un α faible dans son plan d'approvisionnement.

Négocier un fort taux de flexibilité améliore la performance du client

Cette anticipation s'atténue au fur et à mesure que le taux de flexibilité croît. En effet, OEM possède alors une plus grande souplesse au niveau des quantités qu'il peut commander à son fournisseur; il peut se permettre de réceptionner les composants au plus près du moment de leur assemblage en s'épargnant un stockage de composants trop élevé.

Il peut cependant s'avérer que l'anticipation trop importante d'une production ou le recours aux heures supplémentaires soit économiquement moins rentable que d'accepter une rupture et recourir à un lissage aval conduisant à différer les livraisons de produit finis.

Exemple :

Avec α=10% et une augmentation de la demande à t=27 à hauteur de 1700 unités (Voir Figure 4.4), la meilleure solution pour le client consiste en un compromis entre une production anticipée (lissage amont de la production sur trois périodes), le recours aux heures supplémentaires à raison de 173 heures et l'acceptation de 87 unités en ruptures (lissage aval tendant à livrer cette quantité de produit sur la prochaine période).

Le client, n'ayant pas la capacité de production pour répondre favorablement à une augmentation de la demande sur une période donnée, a recours au lissage amont de sa production afin de constituer de manière anticipée un stock de produits finis XPF1 sur 3 périodes. L'anticipation et l'augmentation de sa production conduisent le client à réviser son plan d'approvisionnement en composants dans la limite de α=10%.

Le contrat autorise en effet la réception au maximum de 992 composants sur la période considérée (t=27) alors que 1700 unités sont requises. La demande en composants est donc répartie sur les périodes amont. A t=26, on constate la réception de 281 unités de composant en stock permettant ainsi à t=27 la fabrication de 1273 unités de XPF1 (992+281). La capacité nominale étant saturée à 1100h (un produit XPF1 nécessitant 1 heure de travail), le recours aux heures supplémentaires s'impose à hauteur de 173 heures. Un stock de 340 unités de produits finis XPF1est assuré à t=26.

Les 87 unités manquantes (1700 – (1273+340)) de XPF1 ne peuvent donc pas être fabriquées par manque de composants. Il est alors moins coûteux de différer leur livraison sur la prochaine période (coût lié au lissage aval : 87 (XPF1) * 42 u.m = 3654 u.m) que d'anticiper leur production en réalisant un lissage amont conduisant à stocker les composants pendant 9 périodes (coûts de stockage des composants : (87(MP1) * 2,7 u.m + 174 (MP2)*1,35 u.m + 261 (MP3)* 0,9 u.m)* 9 = 6343 u.m).

Cet exemple se veut illustratif du raisonnement traduit par le modèle analytique, qui cherche systématiquement le meilleur compromis dans la manière de renseigner les variables de décision et de converger vers la solution optimale au sens du critère. *Le recours aux ruptures peut être ainsi dans certains cas considéré comme admissible.*

Le fournisseur a tout intérêt à exercer son pouvoir de négociation afin de limiter la flexibilité qui lui est demandée

- *A propos de PRODU (fournisseur) :* Le plan d'approvisionnement émanant de OEM et transmis au fournisseur représente le plan des réceptions attendues, décalé du délai de livraison (3 périodes). Nous observons que PRODU se trouve protégé avec un α petit puisque cela limite l'amplitude des variations sur les quantités demandées par le client.

Les efforts d'adaptation de PRODU se manifestent majoritairement par le recours au stockage de produits finis MP1 et aux heures supplémentaires. De très faibles ruptures s'avèrent également admissibles. La figure (Figure 4.4) montre ainsi qu'un faible taux de flexibilité oblige OEM à anticiper son besoin en composants. Ses commandes s'en trouveront échelonnées sur plusieurs périodes, évitant de créer des pics de commandes déstabilisant

PRODU. En revanche, avec l'accroissement du taux de flexibilité, OEM dispose d'une réelle souplesse l'amenant à définir sa commande en composant au plus près de son besoin. Le plan d'approvisionnement qu'il envoie a son fournisseur comporte alors des variations de forte amplitude, déstabilisantes pour ce dernier qui se trouve dans l'obligation d'anticiper davantage et d'endosser des coûts d'adaptation plus élevés.

- **Impact du taux de flexibilité α avec une fluctuation à la baisse**

Après avoir étudié une fluctuation ponctuelle de la demande à la hausse, il nous semble opportun de traiter du cas contraire, à savoir un pic de demande à la baisse. Nous considérons une variation sur la période t=27 pour une quantité de produits évoluant de 830 à 200 unités, afin d'observer les conséquences de ce phénomène sur le comportement des deux partenaires. La figure (Figure 4.5) fait état des différents profils de demande, de production, de stock de produits finis et de composants.

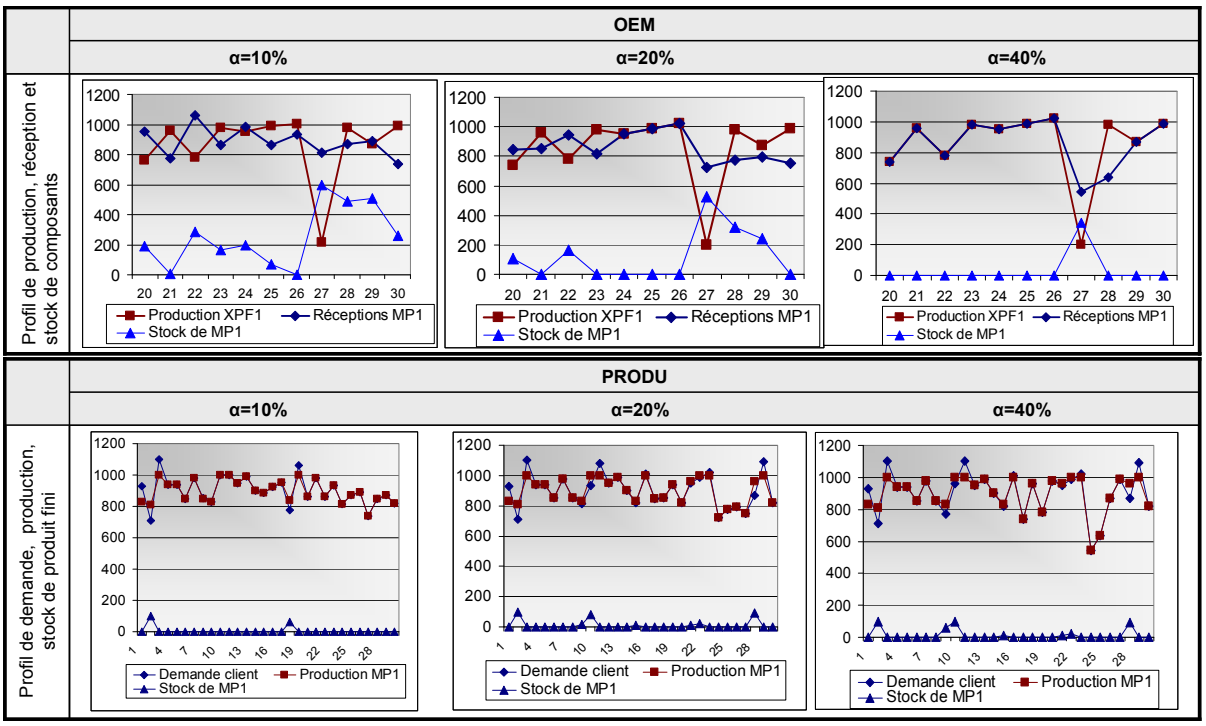


Figure 4.5 : Profils de OEM et PRODU sous différents α et fluctuation de la demande à la baisse

- *A propos de OEM (client):* une diminution soudaine de la demande conduit OEM à revoir à la baisse sa production, mais sans possibilité de diminuer sa demande auprès de son fournisseur en-deçà de la quantité initialement commandée réduite de α. L'obligation de commander génère alors un stock de composants MP1 que OEM régule en consommant le surplus sur les périodes qui suivent, jusqu'à épuisement des matières stockées. Cette obligation devient moins flagrante avec l'augmentation de α et on observe dans un tel cas une diminution progressive des réceptions et donc moins de stock de composants. Les coûts d'adaptation de OEM s'en trouvent diminués, étant majoritairement liés au stockage des composants MP1 nécessaires pour honorer le α du contrat Q/t.

- *A propos de PRODU (fournisseur) :* Lorsque la variation à la baisse survient, OEM répercute cette variation sur sa demande auprès de son fournisseur dans la limite de la valeur du paramètre α négocié au contrat. PRODU est ainsi partiellement protégée et ne voit pas sur le moment son volume d'activité fortement impacté par cette baisse. Toutefois, une augmentation ponctuelle des niveaux de stock est observable sur l'horizon dans une faible

proportion correspondant à un lissage de production lorsque la capacité est à saturation (maximum 1000 produits).

3.1.2. Analyse croisée des points de vues client et fournisseur

Après avoir réalisé quelques observations indépendantes chez le client et chez le fournisseur, nous tentons ici une analyse de corrélation entre les performances des deux partenaires. La figure (Figure 4.6) représente les variations des coûts d'adaptation enregistrées par le client et par le fournisseur en fonction d'une évolution du taux de flexibilité allant de 8% à 60%.

Nous observons qu'un taux de flexibilité de 8% et 10% est à l'avantage du fournisseur et qu' à partir d'un taux de 20% et au-delà, le contrat profite de manière plus importante au client.

Varier la flexibilité est responsable d'un phénomène de transfert de coût du client vers le fournisseur

Un phénomène intéressant de transfert de coûts du client vers le fournisseur est alors observable. Les coûts payés jusqu'alors par le client, du fait qu'il était amené à constituer de manière anticipée des *stocks de composants*, sont transférés au fournisseur lorsque ce dernier se voit dans l'obligation de constituer du *stock de produits finis* pour anticiper la fluctuation de la demande et lisser sa charge.

Ce phénomène de transfert de coût connaît un point d'équilibre (Figure 4.6) pour lequel les coûts sont équitablement partagés par les deux acteurs.

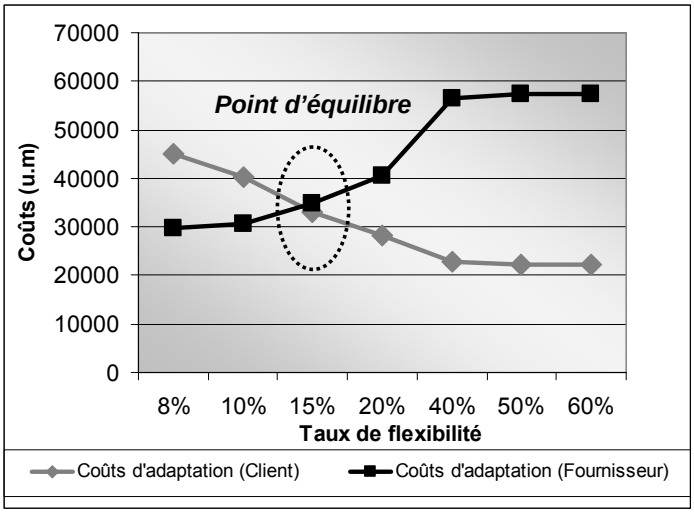


Figure 4.6 : Phénomène de transfert des coûts entre le client et le fournisseur

Cette observation suggère que la flexibilité négociée n'est pas systématiquement bénéfique aux deux partenaires. En effet, un client possédant un fort pouvoir de négociation obtiendra un taux de flexibilité le plus élevé possible au détriment du fournisseur. C'est la *relation de pouvoir* identifiée au paragraphe §3.2 du chapitre II.

En revanche, si le fournisseur possède un savoir-faire particulier, faisant de lui un partenaire stratégique indispensable, il peut jouir d'un pouvoir de négociation équivalent, voire supérieur au client, lui permettant de définir un taux de flexibilité raisonnable et en adéquation avec sa capacité. C'est la *relation à long terme* ou *relation partenariale* identifiée au paragraphe §3.2 du chapitre II.

3.1.3. Impact de l'horizon gelé HG

Le premier paramètre α du contrat Q/t étant analysé, nous analysons à présent le rôle du paramètre HG (horizon gelé du fournisseur). Afin d'observer les phénomènes propres à cet horizon gelé, nous figeons le taux de flexibilité à α =15% et faisons varier la longueur HG lors d'une fluctuation de la demande (à la hausse, à la baisse, à occurrence ponctuelle ou multiple).

Fluctuation de la demande	Acteur	HG=10		HG=11	
		Pr (u.m)	Ca (u.m)	Pr (u.m)	Ca (u.m)
t=15 de 1110-1500	OEM	2038071	51809	2033776	56104
	PRODU	817440	23359	820402	20398
β% = +25%	OEM	2059502	65638	2059175	69564
	PRODU	830153	26592	830238	26508
β% = - 25%	OEM	1863772	65365	1862455	66682
	PRODU	768931	9784	770194	8521

Tableau 4.5 : Impact de l'horizon gelé sur la performance client/fournisseur

Quel que soit l'aléa de variation de la demande étudié, les tendances se dessinent clairement (Tableau 4.5). En cas de pic à la hausse (variation à t=15 de 1110 à 1500 unités), il est nettement constaté qu'un horizon gelé de longueur HG =11 dégrade les profits chez OEM du fait d'une augmentation des coûts d'adaptations (de 51809 u.m à 56104 u.m), mais profite considérablement à PRODU, du fait de coûts d'adaptations moindres (23359 u.m à 20398 u.m).

Sur la figure (Figure 4.7), nous détaillons le comportement de OEM.

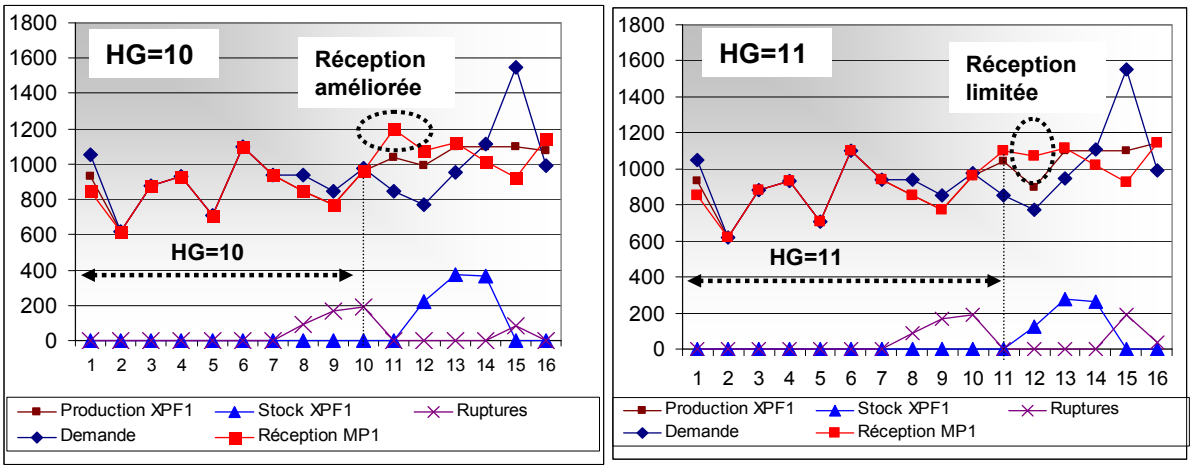


Figure 4.7 : Profils générés chez OEM sous HG=10 et HG=11

Lorsque survient un aléa de la demande à t=15, OEM tend à faire un lissage de charge sur les périodes amont. Il se trouve qu'avec un HG=11, il devient difficile pour OEM de réaliser son lissage, la production à t=11 est faible, faute de réceptions suffisantes. Sur les périodes t= 8, 9 et 10, des ruptures apparaissent par manque de composants MP1 constituant le produit fini XPF1. En effet, l'horizon gelé contraint OEM à ne pouvoir modifier ses commandes qu'au- delà de HG, et ce à hauteur de α. Avec un horizon gelé HG=11, OEM est

L'horizon gelé profite au fournisseur et pénalise le client

contraint de se conformer aux livraisons de composants prévues par son fournisseur PRODU; il en résulte une insuffisance des composants livrés et en conséquence une apparition de ruptures. Un horizon gelé de longueur HG=10 permet alors au client OEM de mieux absorber la variation de demande par un lissage amont de la production, car il dispose de la possibilité de modifier son plan d'approvisionnement sur la période t=11.

Ainsi, un horizon gelé de longueur 11 profite à PRODU, lui permettant de subir les fluctuations de la demande avec moindre effort qu'avec un horizon HG=10. En effet, l'allongement de l'horizon gelé permet à PRODU une moindre anticipation et par conséquent un moindre stock de produits finis (Figure 4.8). Il est intéressant de souligner qu'une seule période de gel supplémentaire chez le fournisseur suffit à générer des écarts en termes de coûts.

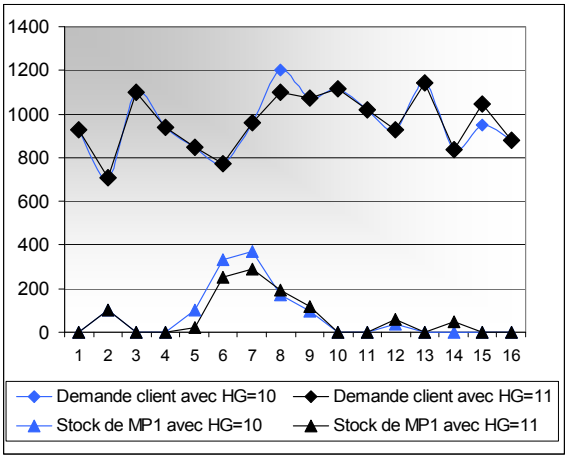


Figure 4.8 : Profils générés chez le fournisseur PRODU sous HG=10 et HG=11

3.1.4. Analyse couplée α et HG

Lors d'une contractualisation entre le client OEM et le fournisseur PRODU, chaque acteur tente de négocier au mieux les clauses qui lui permettront de se prémunir contre un certain nombre d'évènements redoutés.

Les expérimentations présentées précédemment ont démontré que le taux de flexibilité s'avère être une clause au profit du client alors que la définition d'un horizon gelé élevé est au profit du fournisseur. Nous souhaitons à présent observer par simulation les effets d'une variation simultanée de ces deux paramètres sur la performance de la relation d'approvisionnement, en observant les différents indicateurs de performance définis précédemment. Cette analyse a fait l'objet d'une communication (Amrani-Zouggar et al., 2009c).

Une fluctuation de la demande à la hausse est simulée à la période t=11, avec une amplitude de 650 unités (de 900 à 1550). Les résultats des différentes expérimentations sont donnés dans le tableau (Tableau 4.6).

Variation α et HG	HG= 9			HG = 10			HG = 11		
	PRODU	OEM	Global	PRODU	OEM	Global	PRODU	OEM	Global
α=13%									
P_r (u.m)	817440	2038071	2855512	820402	2033776	2866602	825112	2023002	2848114
C_a (u.m)	23359	51809	64039	20397	56104	76501	15688	66878	82566
I_{am} (pér)	1	3		1	3		1	3	
I_{pr} (pér)	3	4		2	6		3	7	
T_x (%)	99.51	98.18		99.69	97.48		99.68	96.06	
α=20%									
P_r (u.m)	815802	2045910	2861712	816644	2045424	2871616	816557	2045262	2861819
C_a (u.m)	24998	43970	68968	24243	44456	68699	24155	44618	68773
I_{am} (pér)	1	3		1	3		1	3	
I_{pr} (pér)	2	4		2	4		2	4	
T_x (%)	99.61	98.13		99.61	98.13		99.64	98.11	
α=35%									
P_r (u.m)	816894	2051684	2868578	817737	2051198	2868934	821106	2049457	2871868
C_a (u.m)	34705	38196	72901	33863	38682	72545	30493	40423	70916
I_{am} (pér)	1	3		1	3		1	3	
I_{pr} (pér)	1	4		1	4		1	4	
T_x (%)	99.69	98.13		99.69	98.13		99.69	98.13	

Tableau 4.6 : Simulation avec variation simultanée de HG et α

L'analyse conjointe des paramètres HG et α n'est pas un choix anodin. L'effet antagoniste de ces paramètres étant démontré, il nous semble intéressant de chercher le compromis permettant d'atteindre la meilleure performance du point de vue de la chaîne logistique observée dans sa globalité (réduite ici à une vue client – fournisseur).

Les résultats obtenus confirment la tendance observée dans les analyses précédentes. La performance du fournisseur s'améliore avec un accroissement de *l'horizon gelé*, alors que celle du client s'en trouve dégradée. Le *taux de flexibilité* participe significativement à l'amélioration de la performance du client au détriment de la performance du fournisseur. Ces observations sont corroborées par l'analyse des taux de service du client OEM et fournisseur PRODU, néanmoins, les variations en taux de service ne sont pas très importantes du fait d'un aléa d'amplitude faible (650 unités) au regard de la variation qu'il provoque sur la demande moyenne définie sur l'horizon de planification H=30.

La simulation offre la possibilité d'identifier un bon compromis entre les paramétrages contractuels (HG, α)

Nous constatons également que la variation des valeurs des paramètres étudiés n'a aucun impact sur l'indicateur de réactivité I_{am} (Indice d'ampleur de rupture). En effet, le phénomène de rupture observé au travers de cet indicateur n'est dépendant que des capacités de production des partenaires et de l'amplitude de la demande. Par ailleurs, au vu de l'indicateur I_{pr} (Indice de profondeur de rupture), il devient préjudiciable à OEM d'accepter un HG trop élevé en raison de l'augmentation du nombre de périodes où des ruptures sont constatées.

Simuler simultanément des variations sur HG et α permet de rechercher une configuration consensuelle en cohérence avec des objectifs énoncés par le partenariat (taux de service, plafonnement des coûts…). En effet, si les deux partenaires ont pour objectif, par exemple, de plafonner leurs coûts d'adaptation globaux à 70000 u.m, la simulation leur offre le moyen de déceler la configuration HG et α qui respecte cette contrainte. En observant les coûts globaux, avec un taux de flexibilité élevé et horizon gelé faible (α=35%, HG=9) les coûts générés sont à hauteur de 72901 u.m alors qu'un taux de flexibilité plus faible accompagné d'un horizon gelé élevé (α =20%, HG=10) génère une meilleure performance globale avec un moindre coût 68699 u.m plus proche de l'objectif global visé.

Il en est de même si un certain taux de service est exigée de la chaîne, l'objectif du client n'étant plus de paramétrer le contrat afin de réduire ses coûts en interne (augmentation maximale du taux de flexibilité), mais plutôt d'opter pour un compromis HG et α permettant de satisfaire l'objectif du taux de service.

L'outil de simulation s'avère ainsi utile pour configurer les paramètres HG et α en fonction des données de chaque partenaire et de la prévision de la demande, en vue de converger vers un compromis intéressant la performance globale en terme de coût, de réactivité, et de fiabilité.

3.2. Extension de l'analyse à une chaîne triadique

Les précédentes observations étant centrées sur une chaîne dyadique (deux partenaires), nous souhaitons ici étendre l'analyse à un réseau en considérant les trois acteurs OEM, PRODU et FAB (Figure 4.9).
Nous partons de l'hypothèse que les contrats sont négociés au sein de chaque relation client-fournisseur, sans évaluation préalable de l'impact des clauses négociées (taux de flexibilité, horizon gelé) sur la performance globale.

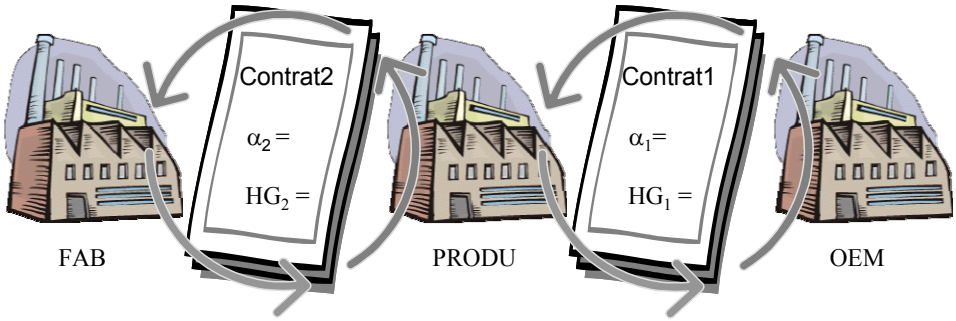


Figure 4.9 : Variation de (HG, α) au long de la chaîne logistique

Nous considérons alors de manière distincte le contrat régissant la relation d'approvisionnement qui lie OEM et PRODU (nommé contrat 1 ou « contrat aval ») et celui liant le PRODU à son fournisseur FAB (contrat 2 ou « contrat amont »). Les paramètres étudiés sont alors différenciés en fonction d'un indice faisant référence au contrat auxquels ils se rapportent.

3.2.1. Impact des variations du taux de flexibilité amont et aval (α_1, α_2)

Le tableau (Tableau 4.7) synthétise les résultats issus des simulations réalisées afin d'étudier l'incidence de la variation du taux de flexibilité α de chacun des contrats sur l'ensemble de la chaîne logistique considérée. Ces simulations sont obtenues après confrontation de la chaîne à une fluctuation de la demande de β = +75% (correspondant à une variation globale de la demande de 20%)

Mesures \ Variation α		Variation du taux de flexibilité amont (α_2)				Variation du taux de flexibilité aval (α_1)		
Paramètres	Contrat1	HG_1= 4				HG_1= 4		
		α_1 = 10%				α_1 = 20%	α_1 = 30%	α_1 = 40%
	Contrat2	HG_2 = 5				HG_2 = 5		
		α_2 = 20%	α_2 = 30%	α_2 = 40%	α_2 = 50%	α_2 = 20%		
Aléa de la demande		+ β% = + 75%				+ β% = + 75%		
OEM	Coûts (u.m)	679091	679091	679091	679091	214797	178477	172919
	Fiabilité (%)	60.62	60.62	60.62	60.62	98.28	98.41	99.01
PRODU	Coûts (u.m)	407908	386810	360541	340280	1057986	1102556	1194393
	Fiabilité (%)	85.70	93.53	94.08	94.08	37.79	49.57	50.79
FAB	Coûts (u.m)	47080	67995	72602	89975	63517	63517	63517
	Fiabilité (%)	94.74	90.57	90.45	90.35	94.68	94.68	94.68
GLOBAL	Coûts (u.m)	1134080	1133896	1112235	1109347	1336301	1344551	1430830
	Fiabilité (%)	80.35	81.57	81.68	81.71	76.91	80.89	81.49

Tableau 4.7 : Impact des variations des taux de flexibilité amont et aval (α_1, α_2)

Etude de la variation du taux de flexibilité amont α_2

Nous pouvons déduire des expérimentations que l'évolution du taux de flexibilité amont α_2 entraîne un accroissement de la performance globale de la chaîne aussi bien en terme financier qu'en terme de fiabilité. On constate une franche diminution des coûts globaux, notamment lors d'une variation de α_2 allant de 30% à 40%. En analysant les indicateurs de performance locale, nous constatons une stationnarité des coûts de OEM, α_1 est en effet invariant dans les différents scénarios, et α_2 n'a pour le moment aucun impact sur OEM, qui négocie son contrat avec PRODU sans aucune visibilité sur les possibilités d'approvisionnement de ce dernier.

Une flexibilité amont élevée est avantageuse à l'ensemble de la chaîne

Le taux de service de OEM est stationnaire et assez faible (60%), dû à une multiplication de ruptures chez OEM générées par une amplitude forte de la variation de la demande et des approvisionnements restreints par la clause α_1 = 10%.

PRODU quant à lui voit ses coûts d'adaptation diminuer et son taux de service s'améliorer avec l'accroissement de α_2. Néanmoins, en acceptant un α_2 élevé, FAB se trouve pénalisé aussi bien dans la maîtrise de ses coûts que dans son aptitude à satisfaire le besoin de son client. La performance globale de la chaîne ne s'en trouve pas impactée, en raison du faible poids relatif des coûts FAB dans la chaîne.

Etude de la variation du taux de flexibilité aval α_1

Nous observons ici un phénomène contrasté par rapport à la précédente analyse. Considérant un α_2 constant à 20%, l'augmentation du taux de flexibilité aval α_1 conduit à une dégradation du coût global.
Une observation plus fine des phénomènes nous permet de faire les constats suivants : OEM tire profit de l'augmentation du taux de flexibilité en diminuant ses coûts, du fait d'une meilleure souplesse d'adaptation de ses commandes, lui évitant d'endosser des coûts de stockage inutiles.
PRODU voit ses coûts s'accentuer en raison de sa position centrale dans la chaîne. Il subit d'une part la « pression » de la demande variable émanant de OEM, et se doit d'anticiper le besoin de son client par un lissage de production, du fait d'une capacité de production

restreinte. Etant contraint, d'autre part, par le taux de flexibilité α_2 négocié avec son fournisseur, PRODU ne peut propager la variation de la demande au niveau de son propre plan d'approvisionnement ; il se trouve dans l'obligation d'anticiper son besoin en composants et consentir ainsi des coûts de stockage de composants supplémentaires. Ainsi, PRODU subit un *double surcoût* de stockage de produits finis et de stockage de composants.

Les observations précédentes confirment qu'un déséquilibre des taux de flexibilité portés aux contrats du fait d'une contractualisation locale « de client à fournisseur » peut dégrader la performance globale de la chaîne logistique considérée. En effet, la négociation d'un taux de flexibilité élevée lors d'une contractualisation entre OEM et PRODU n'a de réelle utilité que si la flexibilité amont négociée entre PRODU et FAB est de même valeur. La corrélation de flexibilité permet en effet à l'acteur goulet de mieux équilibrer ses flux entrants et sortants.

Une flexibilité aval n'est utile que si la flexibilité amont est corrélée en conséquence

A l'issu de cette analyse, nous pouvons conclure sur l'intérêt pour la chaîne de stabiliser les activités des partenaires au plus près du client final, et à transférer les risques d'une variation de marché aux fournisseurs de rangs éloignés. Cette stratégie qui peut s'avérer payante d'un point de vue du coût global représente néanmoins une solution augmentant la vulnérabilité de la chaîne : l'incapacité d'un fournisseur à absorber une variation se traduira par l'apparition et une propagation de ruptures tout au long de la chaîne. Il est, en définitive, nécessaire de corréler les taux de flexibilité α_1, α_2.

3.2.2. Impact des variations des horizons gelés amont et aval (HG_1, HG_2)

Après avoir étudié l'impact des taux de flexibilité sur la performance, nous avons réalisé un nouveau jeu d'expérimentations afin d'observer, dans une même logique, l'incidence de la longueur des horizons gelés sur le comportement de la chaîne étudiée. Le tableau (Tableau 4.8) synthétise les principaux résultats issus des simulations. Au regard des résultats de la section précédente, les taux de flexibilité amont et aval sont corrélés afin d'écarter tout dysfonctionnement lié à ces paramètres et d'étudier exclusivement les effets générés par HG_1, HG_2.

Mesures \ Variation HG		Variation de l'horizon gelé amont (HG_2)			Variation de l'horizon gelé aval (HG_1)	
Paramètres	Contrat1	α_1 = 30%			α_1 = 30%	
		HG_1= 4			HG_1= 14	HG_1=12
	Contrat2	α_2 = 30%			α_2 = 30%	
		HG_2= 8	HG_2=10	HG_2= 12	HG_2 = 10	
Aléa de la demande		t = 16 (Fluctuation ponctuelle +1490)			t = 16 (Fluctuation ponctuelle +1490)	
OEM	Coûts (u.m)	63094	63094	63094	287959	162596
	Fiabilité (%)	99.70	99.70	99.70	79.02	89.31
PRODU	Coûts (u.m)	168210	250662	329712	149796	153573
	Fiabilité (%)	95.81	88.15	80.65	95.89	97.55
FAB	Coûts (u.m)	19017	20506	21040	16125	18619
	Fiabilité (%)	99.89	99.99	99.84	99.89	99.79
GLOBAL	Coûts (u.m)	231304	313756	392806	437755	316169
	Fiabilité (%)	98.47	95.95	93.40	91.60	95.55

Tableau 4.8 : Impact des variations des horizons gelés amont et aval (HG_1, HG_2)

Etude de la variation de l'horizon gelé amont HG_2

L'augmentation de l'horizon gelé amont occasionne une dégradation de performance de l'ensemble de la chaîne. Les coûts de OEM restent stationnaires vu l'invariance des paramètres HG_1 et α_1 = 30%. Les coûts de PRODU s'accroissent avec l'allongement de l'horizon gelé de FAB. En effet, si un horizon gelé de longueur faible permet à PRODU de modifier ses approvisionnements plus fréquemment, un horizon gelé de grande longueur fige de manière plus importante les productions et livraisons engagées par le fournisseur FAB, obligeant parfois PRODU à différer une modification de commande. FAB n'est en effet plus touché par les variations de la demande durant un certain temps uniquement, la transmission des commandes au fournisseur FAB n'estt que *différée*, obligeant ce dernier à y répondre par un lissage de charge et un recours intensif aux heures supplémentaires qui s'avère plus coûteux (Figure 4.10).
En conclusion, il est nécessaire pour le maillon amont de ne fixer qu'un HG utile lui permettant de stabiliser ses activités. Un allongement inconvenant de HG peut s'avérer devenir une mauvaise stratégie car le maillon amont s'interdit de coller au plus prêt à la variation réelle du client.

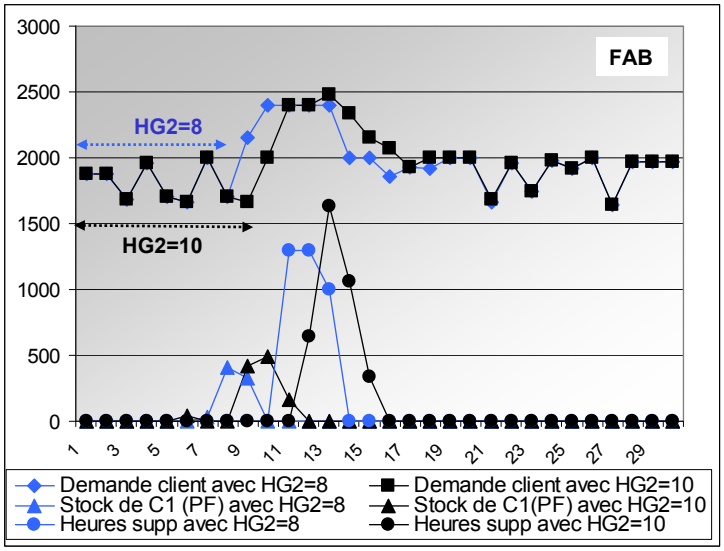


Figure 4.10 : Impact de la variation amont HG_2 sur FAB

Etude de la variation de l'horizon gelé aval HG_1

L'observation des coûts globaux montrent qu'avec la diminution de la longueur de l'horizon considéré (HG_1), la performance de la chaîne s'en trouve améliorée (les coûts d'adaptation sont diminués). Sans grande surprise, OEM consent davantage de coûts si la longueur de HG1 est augmentée. L'acteur PRODU, quant à lui, voit ses coûts diminuer, du fait d'un horizon gelé lui permettant de se protéger des variations de la demande. Toutefois, un phénomène insidieux pour la chaîne apparaît lorsque HG1 est élevé, nous le qualifions de *rigidité de planification*.
En effet, un HG1 élevé exigé par le premier rang de fournisseur PRODU rigidifie la planification des activités de OEM (sur la longueur de l'horizon) amenant ce dernier à anticiper ses besoins et fournir davantage d'efforts d'adaptation. Aussi sa performance s'en trouve pénalisée et se répercute considérablement sur la performance globale.
Un client aspirant à s'allier à des fournisseurs s'attend à améliorer sa souplesse et sa réactivité. Si d'emblée le fournisseur impose une lourde contrainte en terme de HG la performance globale de la chaîne logistique se dégrade.

Nous pouvons dire que la multiplication d'horizons gelés au long de la chaîne, chez chaque fournisseur de chaque rang génère une rigidité de planification qui engendre, en définitive, une dégradation de la performance globale de la chaîne. Il est donc nécessaire de rechercher un compromis de paramétrage de HG.
Adopter HG (HG_1 ou HG_2) est certes nécessaire dans une certaine mesure pour stabiliser les activités en interne, néanmoins le fournisseur souhaitant s'inscrire dans une logique de synergie globale, est incité à prodiguer de la souplesse en diminuant son HG participant ainsi à la réduction des coûts globaux.
En améliorant leurs temps de réaction, les fournisseurs peuvent faire bénéficier leurs clients de cette souplesse qui s'avère bénéfique à l'ensemble de la chaîne et négocier en retour une distribution des gains globaux.

4. Etude du contrat Q/He : Engagement sur horizon

Par un contrat de ce type, le client s'engage à s'approvisionner auprès du fournisseur à hauteur d'une quantité minimum Q définie sur un horizon d'engagement noté He. Ce mode d'approvisionnement offre au fournisseur une bonne visibilité sur le volume global d'activité que le client lui procure sur l'horizon He, sans lui garantir pour autant une stabilité des commandes d'une période à l'autre. Afin d'étudier les avantages et inconvénients d'un tel contrat, nous débutons l'analyse en nous centrant sur la relation client-fournisseur avant de l'étendre à une chaîne triadique

Remarques préalables
Les deux paramètres Q et He caractérisant le contrat étudié ici ne peuvent être dissociés l'un de l'autre. On ne saurait en effet attribuer arbitrairement une valeur d'engagement Q sans se référer à la prévision de la demande sur un horizon donné. Pour lier ces deux paramètres, nous considérons une quantité d'engagement Q égale à la somme des demandes prévisionnelles définies par période sur l'horizon d'engagement He, majorée ou diminuée d'un certain pourcentage ρ de Q.

Il est nécessaire de corréler les paramètres (Q, He)

Le paramètre ρ permet d'exprimer la politique de contractualisation du client en fonction de sa perception des variations futures du marché : il peut préférer sécuriser son activité en s'engageant sur une quantité Q au-delà des besoins prévisionnels (valeur positive de ρ) ; il peut a contrario décider de limiter ses stocks en s'engageant sur une quantité Q inférieure à ses besoins prévisionnels (valeur négative de ρ), quitte à commander sporadiquement les quantités manquantes.

La quantité Q sur laquelle porte l'engagement peut s'exprimer par la relation :

$$Q = (1 \pm \rho).\sum_{t=1}^{He} Q_t$$

où Q_t est la demande prévisionnelle pour la période t.

En règle générale, le choix de la valeur de ρ traduit une perception du marché à la hausse ou à la baisse.
Par ailleurs, la connaissance du volume d'activité minimum que promet un client au fournisseur au travers d'une contractualisation de ce type, notamment lorsque celle-ci est exprimée sur un intervalle de temps relativement long (anticipation des besoins), peut encourager le fournisseur à vouloir optimiser ses coûts de production. Celui-ci peut alors rechercher un juste équilibre entre le dimensionnement de sa capacité nominale interne et

l'ajustement de sa capacité additionnelle via des heures supplémentaires ou une sous-traitance.
Ainsi nous considérons, dans la suite de notre expérimentation, deux stratégies que peut suivre le fournisseur dans la gestion de sa capacité de production :

- *Le fournisseur n'a pas les moyens de modifier sa capacité nominale (stratégie 1) :* Dans ce cas de figure, nous considérons que les coûts de dimensionnement de capacité nominale sont tels qu'ils ne sont pas couverts par les gains inhérents à l'augmentation du volume d'activité (retour sur investissement long et difficile) ; c'est le cas d'une production fortement mécanisée. Dans un tel cas, le fournisseur préfère avoir recours de manière sporadique à une capacité additionnelle sans avoir à modifier ses moyens de production.

- *Le fournisseur a les moyens de modifier sa capacité nominale (stratégie 2) :* Une fois la contractualisation terminée, la connaissance anticipée de la demande permet au fournisseur d'adapter sa capacité de production nominale en conséquence (achat de machines polyvalentes, embauche de personnels, …). En ajustant sa capacité nominale à la quantité Q d'engagement, le fournisseur peut à long terme développer son activité et restreindre à court terme le recours à une capacité additionnelle qui s'avère souvent plus coûteuse. Cette situation correspond à une activité de production faiblement mécanisée dont l'adaptation de la capacité consiste par exemple à embaucher des intérimaires au lieu de payer des heures supplémentaires.

4.1. Analyse de la relation client-fournisseur

L'engagement d'un client sur un horizon He, quant au volume d'activités qu'il génère chez un fournisseur, soulève des problèmes autres que ceux du contrat Q/t, que nous analysons au travers d'une nouvelle série de simulation. Nous rappelons que le OEM représente le client et PRODU représente le fournisseur.

4.1.1. Impact de (He, Q) en fonction des stratégies du fournisseur

Notre analyse se structure autour des deux stratégies évoquées plus haut. Pour chacune d'elles, nous évaluerons la performance des partenaires contractants confrontés à différents scénarios d'engagement (He, Q) et à une fluctuation de la demande à la hausse et à la baisse.

A l'instar de l'analyse entreprise pour le contrat Q/t, nous nous proposons d'évaluer l'impact de différentes valeurs pour les paramètres He et Q sur les performances locales (par partenaire) et globales (sur la chaîne).
Le profil de demande utilisé lors des expérimentations sur le contrat Q/He demeure le même que celui utilisé pour le contrat Q/t.

Nous considérons deux valeurs de l'horizon d'engagement He.
Pour He =12 nous avons $\sum_{t=1}^{He} Qt = 10620$ et pour He =14 nous avons $\sum_{t=1}^{He} Qt = 12680$
Par rapport à ces volumes d'engagement, nous considérons des marges relatives à la hausse (ρ=2%,20%,30%) et à la baisse (ρ=-2%,-20%,-30%).
Le tableau (Tableau 4.9) montre l'évolution des coûts d'adaptation des partenaires en fonction de la variation de ρ et He en dissociant les deux stratégies de gestion de capacité par le

fournisseur. Quant à la demande réelle, nous simulons des fluctuations d'amplitude β en considérant les valeurs suivantes :

- β = +35% représentant 10% de variation globale de la demande à la hausse
- β = +79% correspondant à 20% de variation globale à la hausse
- β = -40 % équivalent à 8% de variation globale à la baisse

Variation (He,Q) avec +ρ		Fluctuation de la demande à la hausse							
		Variation moyenne 10% (β = + 35%)				Variation moyenne 20% (β = + 79%)			
		Stratégie1		*Stratégie2*		*Stratégie1*		*Stratégie2*	
		Coûts OEM	Coûts PRODU	Coûts OEM	Coûts PRODU	Coûts OEM	Coûts PRODU	Coûts OEM	Coûts PRODU
ρ =+ 2%	He=12 Q =10820	45032	151047	45032	151047	206270	732027	206270	732027
	He=14 Q =12880	44060	156102	44060	104737	206270	732027	206123	732027
ρ=+20%	He=12 Q =12620	60052	274995	60052	129729	209726	749548	209726	221981
	He=14 Q =14680	57309	287910	57309	118521	208160	745272	208160	132332
ρ= +30%	He=12 Q =14620	122147	958093	122147	475490	238079	1024433	238079	269235
	He=14 Q =16680	104834	1005440	104834	468636	226558	942936	226558	201481

Variation (He,Q) avec -ρ		Fluctuation de la demande à la baisse			
		Variation moyenne 10% (β = - 40 %)			
		Stratégie1		*Stratégie2*	
		Coûts OEM	Coûts PRODU	Coûts OEM	Coûts PRODU
ρ = - 2%	He=12 Q =10.420	3785	61888	3785	52189
	He=14 Q =12.480	12198	98055	12198	93680
ρ = -20%	He=12 Q =8620	0	43520	0	35509
	He=14 Q =10680	0	43520	0	27014
ρ= -30%	He=12 Q =6620	0	43520	0	29716
	He=14 Q =8680	0	43520	0	18790

Tableau 4.9 : Coûts d'adaptation avec différents (He, Q) et les deux stratégies fournisseur

Notons également que, dans le cadre de :

- *Stratégie 1 :* le fournisseur PRODU possède une capacité nominale CAPN indépendante de He et égale à 1100 heures. Un recours à une capacité additionnelle à hauteur de 220h maximum est accepté.

- *Stratégie 2 :* l'engagement Q du client sur un horizon He permet à PRODU d'évaluer de manière anticipée la charge de travail induite par OEM. Il peut ainsi dimensionner sa capacité de production CAPN en conséquence, limitant le recours à une capacité additionnelle CAPA. Dans ce cas, la valeur de CAPN en terme horaire se définit comme suit :
CAPN = (Q/He). ξ, avec ξ consommation horaire de production d'une unité de produit fini chez le fournisseur.

Adoption de la stratégie 1

Dans le cas d'une variation de la demande de +10% (β= +35%), et quel que soit le volume d'engagement (Q =10820, 12620, 14620), une valeur élevée de He (He =14) bénéficie au client OEM et pénalise le fournisseur PRODU du point de vue des coûts d'adaptation (Tab 4.9).

Plus l'horizon d'engagement est grand, plus le client possède une latitude de répartition des commandes

En effet, malgré une variation globale de la demande de 10%, la demande perçue par OEM reste inférieure à la quantité Q négociée au contrat. Ainsi, OEM ne s'engage pas trop tôt vis-à-vis du fournisseur dans la commande de produits, néanmoins l'engagement contracté l'oblige en fin d'horizon à ajuster sa commande de manière à honorer ses obligations.
Ce phénomène est observable sur la figure (Figure 4.11), représentant les variations de niveaux de stock dans le cas des scénarios (He =12, Q=10820) et (He =14, Q=12880).
Du fait d'un approvisionnement supérieur à son besoin sur la dernière période de He, OEM dispose de composants en stock en début d'horizon d'engagement suivant, et ajuste sa demande d'approvisionnement sur la / les première(s) période(s) en conséquence : ainsi, nous

observons ce phénomène sur la période t=13 pour le cas d'un horizon d'engagement He= 12. Sur He =14, l'engagement est facilement honorable sans nécessité de stockage.

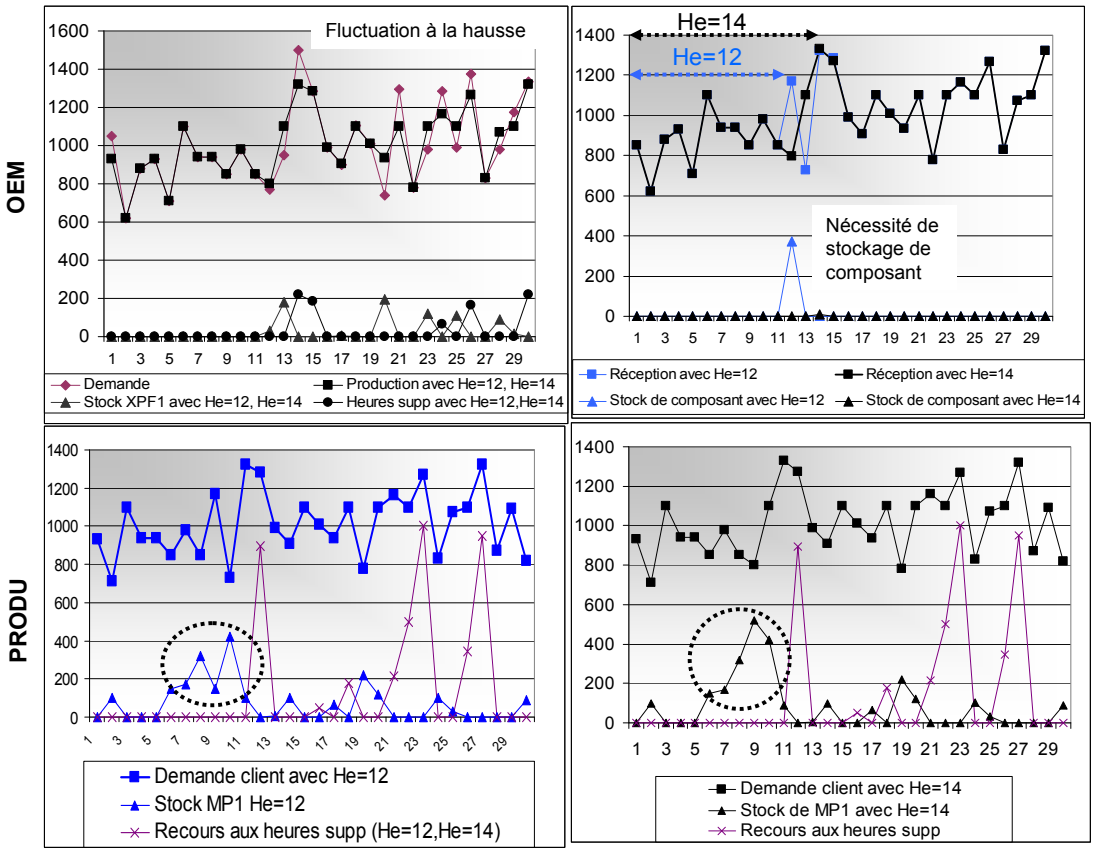


Figure 4.11 : Profils de OEM/PRODU avec la stratégie1, variation de la demande à la hausse 10%

Par ailleurs, le fournisseur PRODU engagé sur un horizon He de 14 périodes, du fait de l'incertitude de répartition des commandes de son client, va se trouver contraint d'anticiper et de stocker davantage, supportant ainsi des coûts de stockage de produits finis venant grever sa performance. (Figure 4.11)

Si nous considérons une variation de la demande globale de 20% à la hausse, l'amplitude de la variation devient telle que la demande dépasse l'engagement Q négocié entre OEM et PRODU. Dans ce contexte, l'allongement de la longueur de l'horizon He bénéficie toujours à OEM, lui conférant plus de flexibilité dans la répartition de ses commandes dans le temps.
L'acteur PRODU, profite également d'un He plus élevé (He =14) du fait que la variation de la demande de OEM est assez prononcée pour justifier d'un plan d'approvisionnement bien rempli permettant à PRODU d'écouler sa production par des livraisons tout au long de l'horizon He en évitant ainsi un stockage coûteux de produits finis.

Plus l'horizon d'engagement est grand, plus le fournisseur subit l'incertitude sur la répartition des commandes

En cas de diminution de la demande (Tableau 4.9), le fait de s'engager sur une quantité Q inférieure (ρ <0) à la demande moyenne sur He relâche la contrainte d'achat sur le client OEM pour l'aider à faire face à la diminution du marché par un moindre stockage de composants en fin de période d'engagement, jusqu'à enregistrer des coûts d'adaptation nuls (pour ρ = -20% par exemple).

Par ailleurs, pour les scénarios (He=12, Q=12420) et (He=14, Q=12480) l'allongement de He devient pénalisant pour les deux partenaires OEM et PRODU (Fig 4.13). Le client OEM soumis à une baisse de demande tente lui-même de baisser sa production ; le contrat l'oblige cependant à recevoir les quantités pour lesquelles il s'est engagé, indépendamment de son réel besoin, et à stocker les composants réceptionnés comme nous pouvons l'observer sur la figure (Figure 4.12).

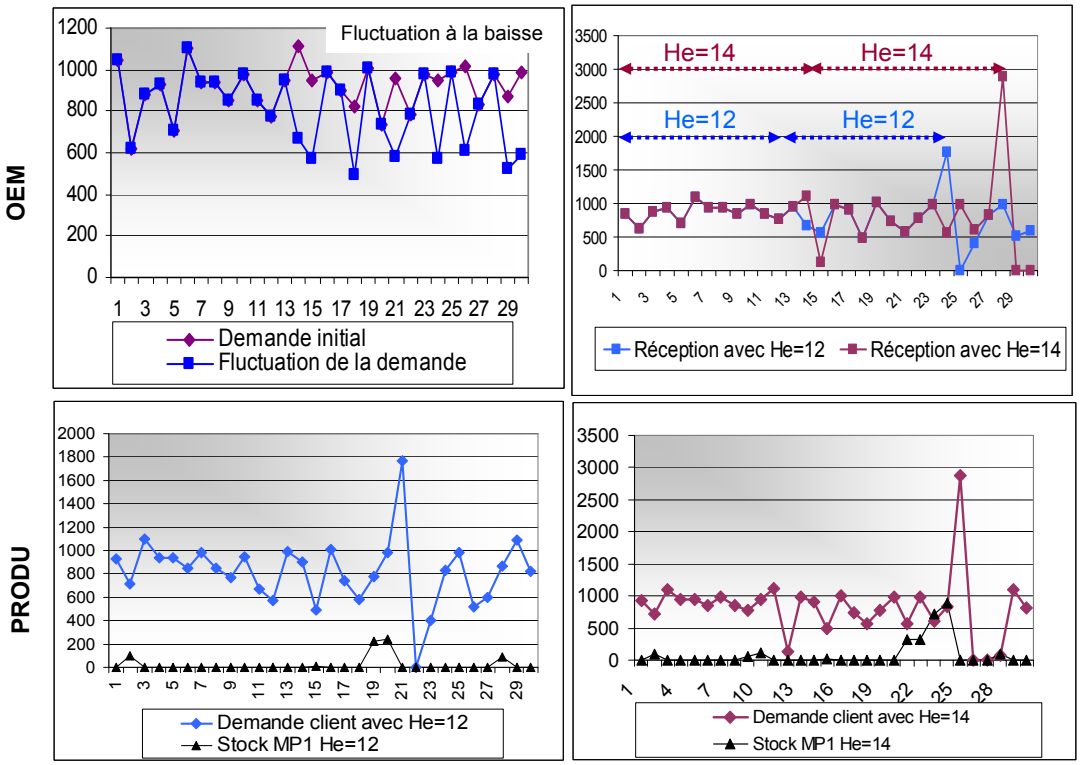


Figure 4.12 : Profils OEM/PRODU avec la stratégie 1, variation de la demande à la baisse 8%

En dépit de la tentative de OEM à faire baisser ses coûts interne en utilisant les surplus de stock en début d'horizon He, annulant ainsi les commandes auprès de PRODU (réceptions nulles), les coûts demeurent significatifs (Tableau 4.9).
La meilleure des situations dans le cas d'une évolution à la baisse de la demande perçue par OEM serait de s'engager sur une quantité minimale Q très basse (ρ = -20%, ρ = -30%) afin de s'affranchir des coûts de stockage des composants.

En définitive, nous avons pu montrer de manière expérimentale que, dans un contexte d'application de la stratégie 1 chez le fournisseur :

- L'allongement de He est bénéfique au client car celui-ci dispose d'une plus grande latitude de répartition des commandes dans le temps.

- L'allongement de He est pénalisant pour le fournisseur dans le cas où les quantités commandées par le client demeurent inférieures à l'engagement Q. Le fournisseur se confronte au *comportement opportuniste* du client qui retarde au maximum ses commandes pour ne pas recevoir de composants inutiles. Le fournisseur se trouve amené à anticiper et à conserver les quantités promises sans possibilité de livraison.

- L'allongement de He devient avantageux pour le fournisseur dans le cas où les quantités commandées par le client dépassent l'engagement Q. Le fournisseur subit certes une

surcharge de commandes, mais est assuré de la livraison des composants évitant ainsi le stockage de produits finis dans ses entrepôts.

- Le recours à un engagement Q élevé s'avère intéressant dans le cas d'une évolution de marché pressentie à la hausse. Il permet de faire bénéficier le client d'une plus grande souplesse de placement des commandes envers le fournisseur.
Toutefois, l'augmentation de Q n'implique pas forcément un gain de performance, la liberté de placement des commandes permet un approvisionnement au plus proche du besoin du client avec l'assurance de la disponibilité des composants; mais du fait de la limitation de la capacité de production chez le client, ce dernier se trouvera de toute façon contraint de déployer davantage d'efforts d'adaptation lorsque la demande est en hausse conséquente, ce qui indique des coûts importants observés.

- La diminution de la quantité d'engagement Q est avantageuse pour les deux partenaires en cas d'évolution de marché pressentie à la baisse. En effet, l'engagement Q relâché ne contraint aucun des partenaires.

Adoption de la stratégie 2

Il est important de souligner préalablement que le changement de stratégie n'a aucune incidence sur la performance du client, les résultats seront donc similaires à ceux de la stratégie 1 (Tableau 4.9). Mais le fait que le fournisseur procède à un redimensionnement de sa capacité nominale a une incidence sur ses coûts propres et donc sur les coûts globaux.

L'allongement de He représente en effet la visibilité d'un volume d'activité à plus long terme, permettant à PRODU d'envisager l'allocation d'une capacité nominale adaptée au besoin induit par la demande.
Que ce soit une demande à la hausse ou à la baisse (Tableau 4.9), les coûts de PRODU se trouvent améliorés de manière significative. En effet, lorsque l'estimation de la charge est à la hausse et qu'une capacité nominale plus élevée est allouée, il devient possible pour PRODU de répondre favorablement et de s'adapter à moindre coût aux fluctuations du marché à la hausse. Lorsque l'estimation de la charge est à la baisse, PRODU peut allouer une capacité nominale plus faible en collant au plus près à l'évolution du marché et évitant ainsi d'endosser des coûts de non utilisation des ressources.

Pour exemple, la figure (Figure 4.13) obtenue avec une variation globale de la demande de 10%, He =12, Q=10820 et He =14, Q=12880 montre que le fournisseur enregistre moins de coûts d'adaptation lorsque He = 14 qu'avec He =12.

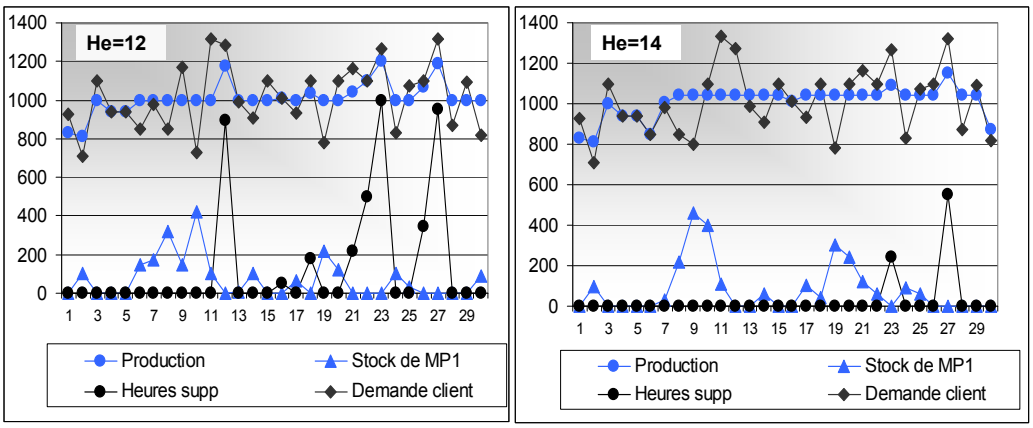


Figure 4.13 : Profils de PRODU avec la stratégie 2, variation de la demande à la hausse de 10%

En effet, l'estimation de la charge constatée par PRODU sur He =14 révélait un plus grand volume d'activité qui a conduit à recourir à une capacité nominale plus élevée (1020h par période contre 1000 h par période pour He=12). Le recours aux heures supplémentaires est d'ailleurs plus prononcé dans le scénario He =12, car la capacité nominale est faible pour lisser la charge. La visibilité sur les commandes sur He =14 procure à PRODU une estimation de la charge induite lui permettant de dimensionner en conséquence sa capacité nominale CAPN et répondre ainsi pertinemment aux commandes du client en évitant de recourir à une capacité additionnelle CAPA plus coûteuse.

Dans le contexte d'application de la stratégie 2, nous pouvons dire que :

- Des gains se profilent chez le fournisseur grâce au dimensionnement de capacité nominale au plus près de l'engagement (Tableau 4.9). Il faut toutefois préciser que les coûts d'adaptation mesurés dans le cas de la stratégie 2 ne tiennent pas compte des coûts de mise en œuvre de cette dernière. Si le coût de dimensionnement de la capacité nominale demeure inférieur au gain réalisé, il est donc avantageux d'adopter la stratégie 2. Dans le cas contraire, il est alors plus prudent pour l'entreprise de ne pas modifier sa capacité nominale et de recourir ponctuellement à une capacité additionnelle.

4.1.2. Impact de l'horizon gelé HG

Lors de l'étude du contrat Q/t, nous avions tenté de caractériser l'effet de l'horizon gelé sur le comportement des partenaires contractants. Nous souhaitons ici consolider cette analyse en vérifiant si la cohabitation d'un horizon gelé avec un horizon d'engagement ne provoque pas de phénomènes autres que ceux déjà observés. Ainsi, nous choisissons de simuler des variations de HG au sein du contrat Q/He dans la configuration (He =12, Q=10820) avec, pour aléa, une variation ponctuelle à la baisse en période t=8 et pour une valeur diminuant de 940 à 500 unités.

Variation du HG	Coûts d'adaptation en u.m	
	Coûts OEM (u.m)	Coûts PRODU (u.m)
Sans Horizon gelé	2403	13689
HG=5	5967	7511
HG=7	13095	6388

Tableau 4.10 : Les coûts d'adaptation de OEM/PRODU en présence de variation de HG

Il en ressort (Tableau 4.10) que la mise en œuvre d'un horizon gelé HG reste bien en faveur de PRODU, celui-ci voit ses coûts baisser avec l'augmentation de la longueur de cet horizon, alors que OEM s'en trouve pénalisé.

La figure (Figure 4.14) montre les différents HG testés et leurs conséquences sur les activités de planification de OEM.

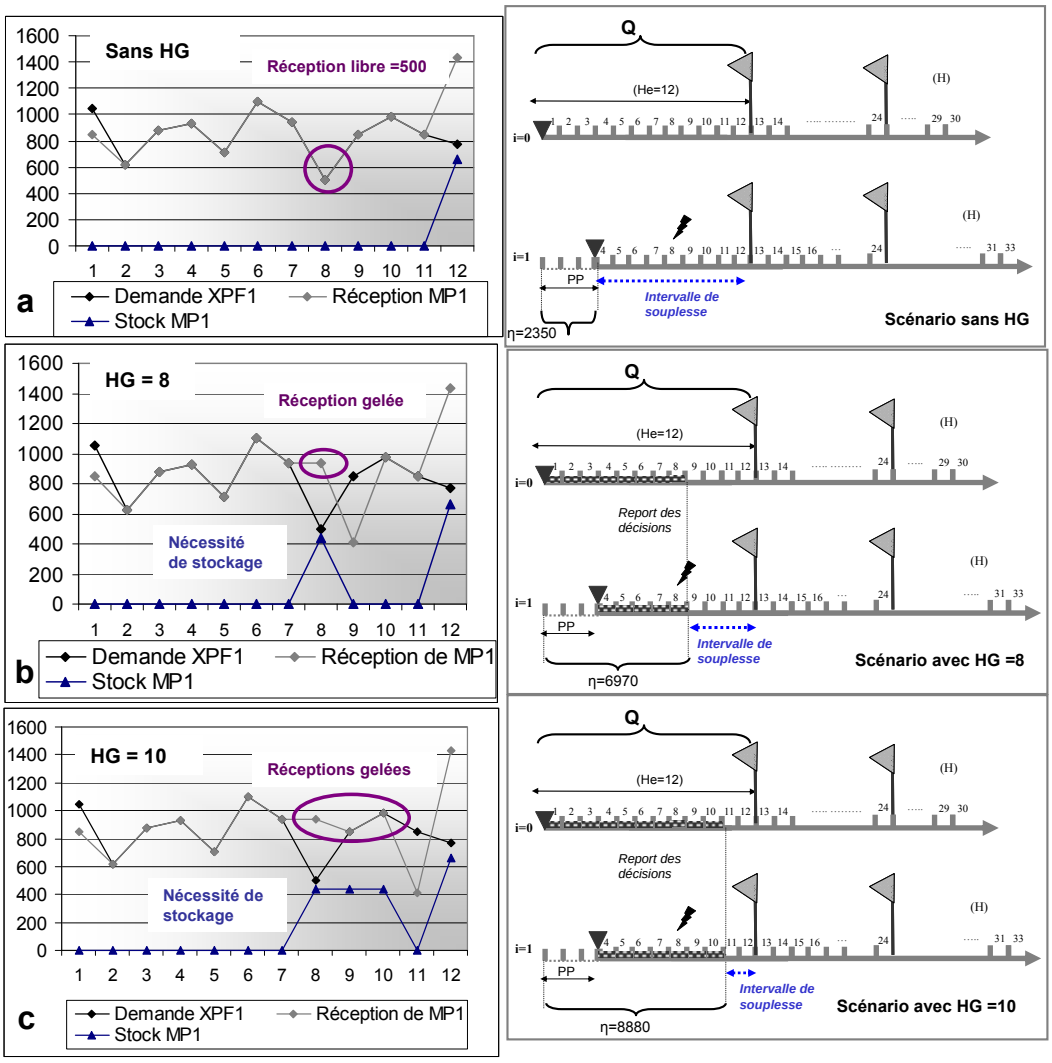


Figure 4.14 : Profils de OEM en présence de variation de HG

Lorsqu' aucun principe d'horizon gelé n'est appliqué chez PRODU (cas idéal pour OEM), la fluctuation à la baisse de la demande peut être traitée immédiatement par OEM et les réceptions en composants à t=8 chutent directement de 830 initialement prévues à 500 unités (Figure 4.14 a).

Avec l'augmentation de HG, il devient difficile pour OEM de répercuter la baisse sur ses approvisionnements. OEM devra honorer son engagement en réceptionnant les livraisons prévues sur HG, d'où l'apparition des périodes de stockage de composants avec HG=8 et HG=10 (Figure 4.14 b, Figure 4.14 c).

Un horizon gelé HG=10 est très pénalisant pour OEM qui se voit dans l'obligation d'accepter les livraisons du fournisseur sur tout l'horizon HG (pendant trois périodes consécutives) avant de pouvoir réduire ses commandes.

Les phénomènes observés ici sont conformes à ceux de l'analyse du contrat Q/t. Il est probable cependant que l'existence d'un horizon gelé réduise la marge de manœuvre de OEM qui ne dispose pas réellement de tout l'horizon d'engagement pour ajuster ses demandes d'approvisionnement à son besoin.

4.2. Extension de l'analyse à une chaîne triadique

Après avoir étudié le contrat Q/He dans le cadre d'une relation client-fournisseur, nous souhaitons étendre l'analyse à la chaîne triadique (FAB-PRODU-OEM), afin d'observer l'incidence du paramétrage des contrats (souvent négociés point à point) sur la performance de la chaîne logistique.
Pour illustrer l'impact des clauses des contrats Q/He entre partenaires de la chaîne sur la performance globale (Tableau 4.11), nous procédons à une analyse des paramètres aval He_1, Q_1 et amont He_2 et Q_2. La variation de la demande globale est à hauteur de 10% (équivalent à $\beta = +35\%$).

Mesures \ Variation He		Variation de l'horizon d'engagement amont (He_2)		Variation de l'horizon d'engagement aval (He_1)	
Paramètres	Contrat1	$HG_1 = 4$		$HG_1 = 4$	
		$He_1 = 12$, $Q_1 = 10800$		$He_1 = 12$, $Q_1 = 10800$	$He_1 = 14$, $Q_1 = 12700$
	Contrat2	HG2 = 5		HG2 = 5	
		$He_2 = 12$, $Q_2 = 24000$	$He_2 = 14$, $Q_2 = 27000$	$He_1 = 14$, $Q_1 = 27000$	
Aléa de la demande		+ β% = + 35%		+ β% = + 35%	
OEM	Coûts (u.m)	45080	45080	45080	44937
	Fiabilité (%)	100	100	100	100
PRODU	Coûts (u.m)	183277	182917	182917	183661
	Fiabilité (%)	99.19	99.19	99.19	99.19
FAB	Coûts (u.m)	4180	4300	4300	4240
	Fiabilité (%)	99.86	99.36	99.36	99.65
GLOBAL	Coûts (u.m)	232538	232298	232298	232838
	Fiabilité (%)	99.68	99.52	99.52	99.61

Tableau 4.11 : Impact des variations des horizons d'engagement amont et aval (He_1, He_2)

Etude de la variation de l'horizon d'engagement amont He_2 : Un horizon d'engagement amont He_2 élevé participe à l'amélioration de la performance globale de la chaîne. Les coûts de OEM sont évidemment similaires dans les deux scénarios, car nullement impactés par le contrat amont. PRODU voit ses coûts diminuer avec l'allongement de He_2, car il dispose ainsi d'une latitude de répartition des commandes lui conférant plus de souplesse avec la possibilité de commander en dernière période d'engagement. FAB s'en trouve pénalisé, car, obligé d'offrir la quantité d'engagement Q, il se trouve contraint de produire et de stocker des produits finis sans possibilité de livraison. Les coûts de la chaîne ne sont cependant pas influencés par les coûts de FAB, en raison du faible poids relatifs de ces coûts dans la chaîne. Il est à ce titre intéressant de transférer les risques au maillon amont à condition bien évidemment d'assurer un partage de gain ultérieurement, sans quoi aucun fournisseur n'acceptera d'assumer ces charges.

Etude de la variation de l'horizon d'engagement aval He_1: Nous retrouvons le phénomène observé dans le contrat Q/t, à savoir la dégradation de la performance de la chaîne lorsque les paramètres du contrat aval (entre OEM et PRODU) sont nuisibles au fournisseur PRODU. En effet, nous remarquons qu'avec He_1= 14, le fournisseur PRODU s'en trouvé pénalisé, alors qu'avec un He_1=12 les coûts PRODU se voient réduits et participent à la réduction des coûts globaux de la chaîne.
Nous pouvons expliquer ce phénomène par le fait que le fournisseur de rang 1, en l'occurrence, PRODU est une entité importante participant à la réalisation de la performance globale. Fixer d'emblée un horizon d'engagement élevé peut paraître profitable à OEM, mais nuirait considérablement à PRODU et, par effet de propagation, aux maillons amonts. Dans

une logique de performance globale, il s'avère donc qu'un He_1 aval faible est souhaitable pour stabiliser PRODU, suivi d'un He_2 amont élevé.

5. Etude des aléas de flux physique sous contrat Q/t et contrat Q/He

Au-delà de l'analyse réalisée jusqu'à présent, centrée sur l'étude de l'impact d'une demande variable sur les performances d'une chaîne logistique au sein de laquelle les approvisionnements sont régis par contrat, nous avons souhaité poursuivre nos observations en s'intéressant aux aléas pouvant survenir au niveau du flux physique. Cela revient à nous poser la question suivante :
Les contrats d'approvisionnement étudiés ont –ils un impact sur la performance lorsque le client et le fournisseur sont sujets à des perturbations au niveau du flux physique ? Ou ne sont- ils intéressants qu'en cas de fluctuation de la demande du marché ?

La situation la plus communément rencontrée en termes d'aléas sur le flux physique est l'incapacité d'une entreprise à fournir la quantité de produits demandée par ses clients. Les causes peuvent être multiples : réduction de capacité de production due à des pannes techniques, absentéisme non prévisible, retard de livraison au client, livraison d'une quantité inférieure à celle commandée, … Ces événements occasionnent des arrêts de production se traduisant à terme par l'apparition de manquants. Il se peut également que les aléas de production se manifestent par un nombre de rebuts important, suite à des contrôles qualité conduisant à la destruction des pièces non conformes.

5.1. Protocole d'expérimentation pour les aléas du flux physiques

Nous avons choisi de simuler les situations citées ci-dessous, en différenciant les cas où la perturbation se situe chez le client OEM ou bien chez le fournisseur PRODU. L'objectif est ici d'analyser la sensibilité des partenaires OEM, PRODU aux aléas de flux physique, lorsque leur politique d'approvisionnement est contrainte par des contrats de type Q/t et Q/He.

- Source d'aléa chez OEM : Nous distinguons trois types d'aléas possibles
  - *Aléa de production dû à une panne machine* : occasionne une baisse de production de produit fini et en conséquence des manquants envers le consommateur final.
  - *Aléa de production dû à des rebuts* : il occasionne une perte matière des produits finis et en conséquence des manquants envers le consommateur final
  - *Aléa d'approvisionnement dû à des problèmes de transport* : des pièces manquantes sont constatées à la réception des livraisons de PRODU, qui peuvent occasionner une baisse de production et des manquants envers le consommateur final.

- Source d'aléa chez PRODU :
  - *Aléa de production (panne machine ou rebuts)* : se matérialise par un manque à livrer de la part de PRODU, qui par propagation peut se transformer en aléa d'approvisionnement chez OEM.

Nos expérimentations sont ciblées sur la relation client-fournisseur. Nous considérons que les coûts d'adaptation des deux acteurs OEM et PRODU sont représentatifs de leur sensibilité face aux aléas de flux physique qui surgissent durant la phase opérationnelle du traitement de la commande.

Un aléa de 400 unités en production chez OEM et chez PRODU est simulé. Nous faisons l'hypothèse, qu'en cas de panne machine dans les ateliers de production, un délai de réparation de 2 périodes est requis. Le délai de livraison est égal à 3 périodes.

5.2. Aléa du flux physique sous contrat Q/t

Nous exécutons dans ce cadre une nouvelle série de simulation en observant l'impact du taux de flexibilité et de l'horizon gelé sur les performances de chaque acteur industriel. Le tableau (Tableau 4.12) regroupe les principaux résultats obtenus.

Aléa de flux physique \ Clauses du contrat Q/t			Variation du paramètre α		Variation du paramètre HG	
			HG =7		α =30%	
			α =15%	α =40%	HG=6	HG=8
Aléa de production chez OEM $\Delta^{CL} = 400$	Panne machine	Coûts OEM (u.m)	40619	40619	40619	40619
		Fiabilité OEM (%)	97.05	97.05	97.05	97.05
		Coûts PRODU (u.m)	5686	5686	5686	5686
		Fiabilité PRODU (%)	100	100	100	100
	Rebut des pièces	Coûts OEM (u.m)	101031	75957	76615	108129
		Fiabilité OEM (%)	91.10	93.87	93.54	90.55
		Coûts PRODU (u.m)	21487	46681	43748	17946
		Fiabilité PRODU (%)	98.98	96.48	96.79	99.48
	Problème de transport	Coûts OEM (u.m)	101031	92757	76615	108129
		Fiabilité OEM (%)	91.10	92.45	93.54	90.55
		Coûts PRODU (u.m)	13354	25105	34652	13478
		Fiabilité PRODU (%)	99.59	99.55	98.61	99.48
Aléa de production chez PRODU $\Delta^{FR} = 400$		Coûts OEM (u.m)	69191	56880	58350	58350
		Fiabilité OEM (%)	94.45	95.71	95.38	92.45
		Coûts PRODU (u.m)	49760	49760	49760	49760
		Fiabilité PRODU (%)	96.68	96.68	96.68	96.68

Tableau 4.12 : Impact de (HG, α) sur OEM/PRODU en présence d'aléas de flux physique

Aléa de production : Panne machine

En première observation, les coûts d'adaptation consécutifs à l'aléa de production (panne machine) survenu chez OEM n'est nullement impacté par la valeur des paramètres α et HG. Les coûts observés chez OEM et PRODU sont similaires, quels que soient les paramètres du contrat Q/t négociés. Ceci s'explique par le fait que, la panne machine survenue à la période t= 3 chez OEM occasionne un arrêt de production, les composants participant dans la fabrication du produit fini sont alors stockés jusqu'à ce que la ressource soit de nouveau opérationnelle (Figure 4.15).

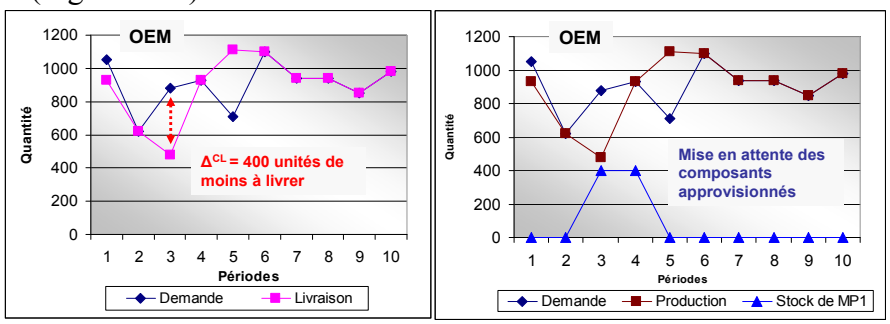


Figure 4.15 : Réaction de OEM face à une panne machine

Le besoin en composants chez OEM demeure inchangé suite à cet aléa, le plan d'approvisionnement adressé au fournisseur reste identique dans les différents scénarios de α et HG, ce qui justifie l'absence d'impact sur les coûts d'adaptation PRODU (nullement lié aux perturbations survenues chez le client).

Face à cet aléa de production de type panne machine, qui se solde par une simple mise en attente des composants, la réaction de OEM est indépendante des contrats d'approvisionnement qu'il s'agisse du contrat Q/t ou Q/He. La fiabilité du fournisseur ne se trouve nullement impactée par cet aléa (Fiabilité PRODU = 100%), en revanche, le client doit naturellement y remédier le plus rapidement possible pour éviter de dégrader sa propre fiabilité (Fiabilité OEM = 97.05%).

Aléa de production : Rebuts

Lorsque une mauvaise maîtrise de l'activité industrielle de OEM est synonyme de l'apparition de rebuts, les coûts d'adaptation varient aussi bien chez OEM que PRODU. Pour expliquer ces variations, nous détaillons quelques profils résultants chez le client (Figure 4.16)

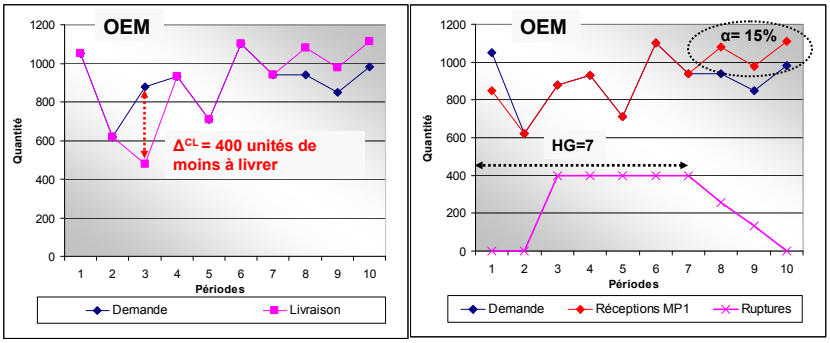


Figure 4.16 : Réaction de OEM face à des rebuts de production

Les rebuts chez OEM représentent une perte matière de produits finis et se traduisent par l'apparition de manquants pour le consommateur final du fait d'une quantité livrée inférieure à celle commandée (fiabilité faible entre 90%-93%). OEM se doit alors de fabriquer au plus vite les produits manquants, d'où la nécessité de recourir à de nouveaux approvisionnements. La réactivité de OEM n'est donc plus conditionnée exclusivement par les actions menées en interne mais également par l'aptitude de PRODU à livrer rapidement de nouveaux composants. Les paramètres HG et α contraignent alors la relation d'approvisionnement et en cas de rebut importants, un HG élevé et α petit peuvent s'avérer néfastes envers la performance.

Aléa d'approvisionnement : Problème de transport

Les problèmes de transports sont responsables de pertes matières constatées à l'arrivée des livraisons PRODU chez OEM. Suite à un tel aléa, OEM se trouve en difficulté et ne peut honorer entièrement la commande de son client final par manque de composants (perturbation du plan de livraison, Figure 4.17). Il s'agit alors pour OEM d'ajuster au plus vite son plan d'approvisionnement.

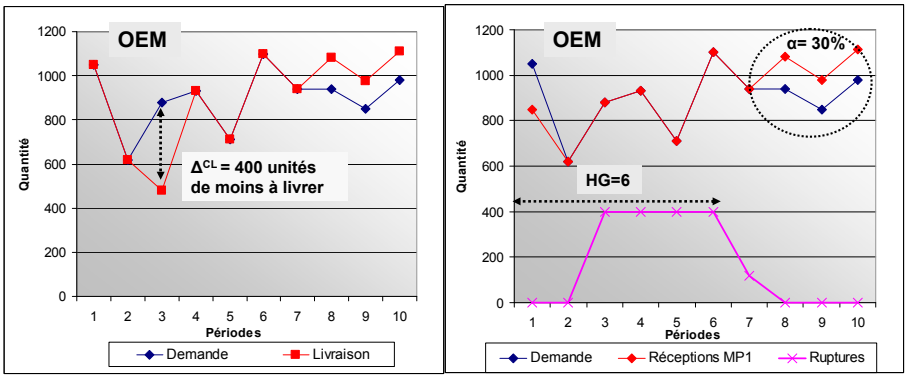


Figure 4.17 : Réaction de OEM face à des aléas de transport

En somme, les aléas par rebut de pièces et problème de transport sont proches d'une situation où la demande est fluctuante, puisque le plan d'approvisionnement adressé à PRODU est susceptible de subir des ajustements sous réserve de respect des contraintes liées à HG et α. Les tendances révélées au tableau (Tableau 4.12) renforcent celles observées dans le cas de fluctuation de la demande, à savoir, α est au bénéficie du client et HG au bénéficie du fournisseur.

Aléa de production chez le fournisseur

L'apparition d'un aléa de production chez PRODU se manifeste par un manquant de livraison chez PRODU et, par propagation, d'un aléa d'approvisionnement chez OEM. Nous remarquons que les coûts d'adaptation et la fiabilité du client et du fournisseur sont sensibles à la variation de (α, HG). Nous observons ce phénomène sur la figure (Figure 4.18).
Le client OEM (il n'est pas averti préalablement) constate le manque de composants (400 unités en moins) avec les livraisons de PRODU. Ceci engendre un arrêt de production chez OEM et un ajustement de son plan d'approvisionnement qui est contraint dans le temps par HG, et dans son amplitude par α.

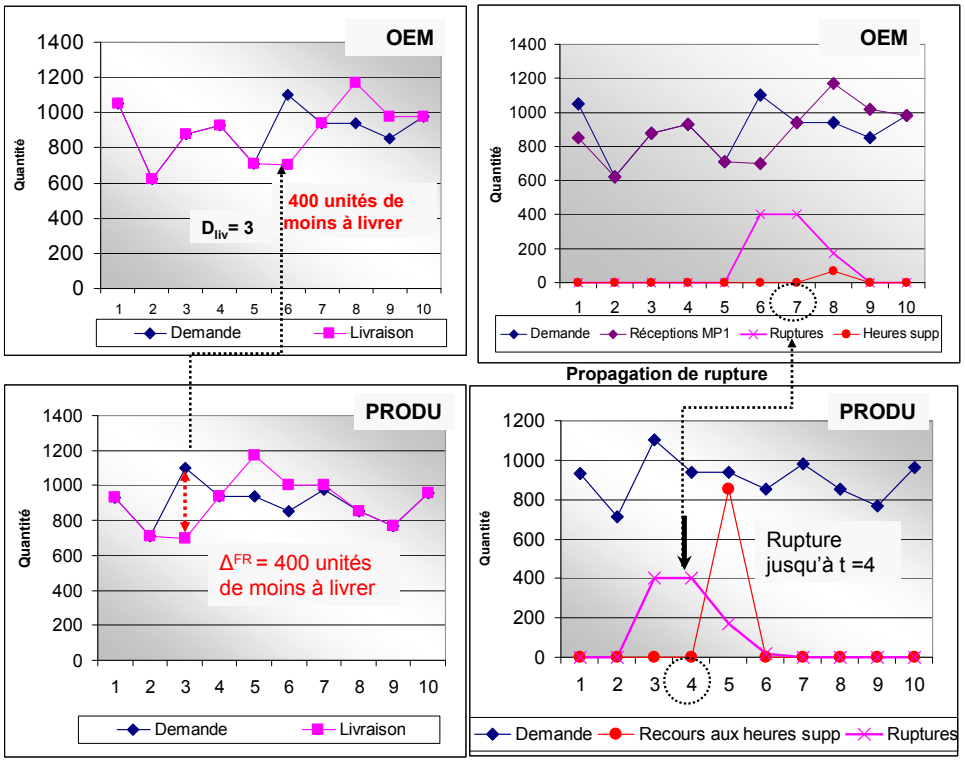


Figure 4.18 : Réaction du client face à un aléa d'approvisionnement

5.3. Aléa du flux physique sous contrat Q/He

Dans cette série d'expérimentations, une variation des paramètres du contrat Q/He est opérée. Les coûts d'adaptation des deux acteurs OEM et PRODU indiquent leur sensibilité face aux aléas du flux physique. Le tableau (Tableau 4.13) synthétise les résultats obtenus.

Aléa de flux physique \ Clauses du contrat Q/He			Variation du paramètre ρ		Variation du paramètre He	
			He = 12, HG=5		HG=7 , Q=13180	
			Q=11100	Q=11680	He =12	He =14
Aléa de production $\Delta^{CL} = 400$	Panne machine	Coûts OEM (u.m)				
		Coûts PRODU (u.m)				
	Rebut des pièces	Coûts OEM (u.m)	67953	73758	99938	95105
		Fiabilité OEM (%)	94.62	94.62	92.47	92.47
		Coûts PRODU (u.m)	19609	73866	84322	48614
		Fiabilité PRODU (%)	99.03	96.67	97.14	98.40
	Problème de transport	Coûts OEM (u.m)	70813	78508	97562	96993
		Fiabilité OEM (%)	94.62	94.62	92.47	92.47
		Coûts PRODU (u.m)	42634	108716	73574	53091
		Fiabilité PRODU (%)	97.66	96.15	97.21	98.12
Aléa de production chez PRODU $\Delta^{FR} = 400$		Coûts OEM (u.m)	58296	60672	94002	92706
		Fiabilité OEM (%)	95.95	95.95	93.02	93.02
		Coûts PRODU (u.m)	78675	144756	78675	56523
		Fiabilité PRODU (%)	95.26	93.77	95.26	96.61

Tableau 4.13 : Impact de (He, Q) sur OEM/PRODU en présence d'aléas de flux physique

L'observation faite au sujet de l'aléa panne machine chez OEM demeure valable dans le contrat Q/He. Cet aléa propre aux activités internes du client OEM engendre une baisse de performance qui ne peut en aucune manière être limitée par des clauses qui lient le client au fournisseur, absorber cet aléa est du seul ressort du client.

Aléa de production : Rebuts

Pour faire face aux rebuts de production, OEM doit réagir rapidement afin de fabriquer les quantités manquantes. De nouvelles commandes doivent être transmises à PRODU et la flexibilité offerte par le contrat Q/He donne à OEM la possibilité d'augmenter ses commandes, lui permettant ainsi d'absorber promptement l'aléa de production (Figure 4.19).

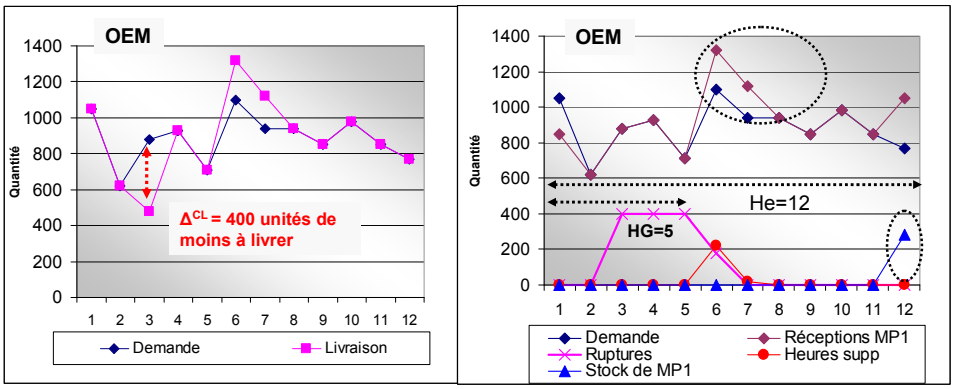


Figure 4.19 : Réaction du client face à des aléas de production (rebut de pièces)

L'apparition de rebuts et l'apparition d'aléas de transport chez OEM génèrent un besoin en composants qui peut être assimilé, du point de vue de PRODU au cas d'une fluctuation de la demande (le client élabore des plans d'approvisionnement différents en fonction des paramètres du contrat Q/He).

Nous constatons notamment, à l'instar de nos analyses sur la fluctuation de la demande que l'augmentation de l'horizon d'engagement He permet d'absorber les aléas à moindre coût.

Aléa d'approvisionnement : Manquants à la réception

Face à un aléa d'approvisionnement, le client OEM doit ajuster son plan d'approvisionnement, mais ne peut modifier ses commandes qu'au-delà de HG avec prise en compte de la clause Q. Le plan d'approvisionnement de OEM s'en trouvera révisé et nécessairement impacté par le paramétrage du contrat Q/He (Figure 4.20).

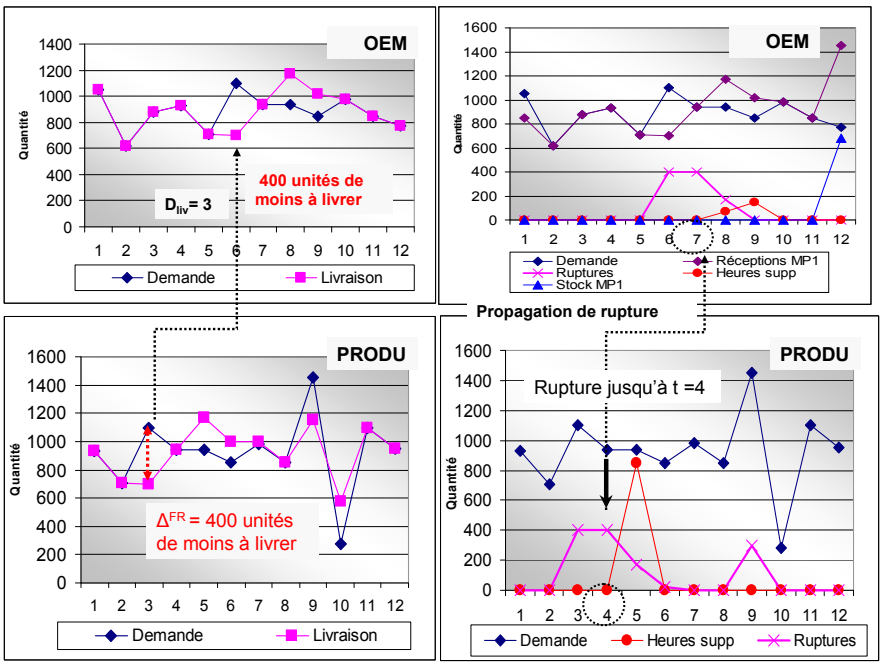


Figure 4.20 : Réaction du client face à un aléa d'approvisionnement

En définitive…

Les aléas du flux physique sont très divers et peuvent prendre leur origine chez le client ou chez le fournisseur, peuvent être dus à la production ou à l'approvisionnement et peuvent se propager d'un partenaire à l'autre avec le flux physique. Les simulations précédentes montrent bien, qu'en fonction de l'aléa, il peut y avoir ou non d'incidence sur la performance des acteurs.

Les paramètres des contrats d'approvisionnement (HG, α, Q, He), majoritairement bénéfiques pour pallier les incertitudes de fluctuations de la demande, s'avèrent également être utiles lorsque l'aléa du flux physique conduit à des pertes matières (rebut des pièces, aléas d'approvisionnement), générant une *révision des plans d'approvisionnement*, qui de fait se transforme en fluctuation de demande vis-à-vis du fournisseur. Sinon, lorsque ces aléas sont internes (phénomène susceptible de retarder la production sans pertes matières : panne machine, absentéisme), il peut y être remédié par des actions correctives menées en interne : constitution d'un stock de sécurité pour faire face aux imprévus, raccourcissement des délais de maintenance des machines, recours à des prestataires de maintenance efficaces…

6. Etude comparative des contrats Q/t et Q/He dans une relation client-fournisseur

Les simulations fournies dans les paragraphes précédents ont permis d'analyser l'incidence des paramètres (HG, α, Q, He) sur la performance locale et globale. A ce stade, nous tentons une analyse croisée des performances issues de l'application des deux contrats.

La comparaison des deux contrats demeure ardue, tant les deux contrats sont différents dans leurs fondements et dans les contraintes qu'ils imposent pour l'établissement des plans d'approvisionnement. Néanmoins, nous souhaitons ici étudier empiriquement la souplesse des décisions qu'offrent ces deux contrats face à une même demande de marché.

6.1. Les conditions initiales

Afin d'effectuer une comparaison, nous devons spécifier des conditions initiales comparables ; pour ce faire, nous procédons à la recherche de deux jeux de données initiaux générant une performance semblable ou proche pour les deux contrats.

Nous choisissons, d'une part, de réaliser l'analyse à l'échelle d'une relation client-fournisseur, afin de ne pas superposer des phénomènes liés à la multiplicité des contrats, qui rendrait difficile l'interprétation des résultats. Nous figeons d'autre part la valeur d'un certain nombre de données, pour que les contrats puissent être appliqués dans des situations comparables; ainsi, nous utiliserons pour les différentes simulations un même plan de demande, une même variation appliquée à cette demande et une même longueur de HG.

Nous décidons d'annuler les valeurs de α et de ρ. Ainsi, les performances générées par les deux contrats sont initialement similaires, dans un environnement identique avec des perturbations identiques, seul le caractère de flexibilité demeurant susceptible de varier ; les conditions initiales de comparaison nous paraissent alors propices.

Lorsque les contrats et les scénarios de simulation ont été paramétrés de manière à ce que leur comparaison devienne possible, l'unique variation porte donc sur le paramètre α du contrat Q/t et ρ du contrat Q/He.

6.2. Résultats comparatifs

Nous choisissons d'étudier le comportement des partenaires étudiés OEM et PRODU face à une variation de la demande initiale sur de multiples périodes. Nous adoptons une variation globale de la demande de 16% en moyenne (qui équivaut à β = + 60%). L'horizon gelé est fixé à 4 périodes.

L'adaptation de chaque partenaire à l'aléa génère des coûts d'adaptation en fonction du contrat adopté et de son paramétrage. Les résultats de simulation ne sont présentés que sous la forme d'un coût global. La figure (Figure 4.21) montrant l'évolution du coût global révèle une tendance à la baisse avec l'augmentation du taux de flexibilité α (contrat Q/t) contrairement à une hausse des coûts induite par l'augmentation de la valeur de ρ (contrat Q/He).

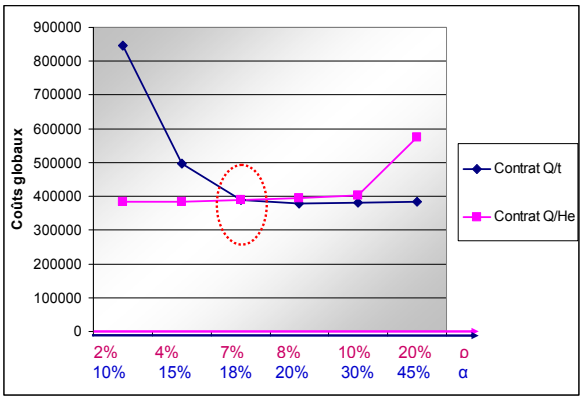


Figure 4.21 : Evolution des coûts globaux sous contrat Q/t et contrat Q/He

Nous pouvons expliquer ces phénomènes en nous appuyant sur les analyses faites dans les précédents paragraphes. En effet, l'augmentation de α s'avère bénéfique au client et pénalisante pour le fournisseur; mais, dans l'ensemble, la chaîne parvient à profiter de l'augmentation de α car il y a transfert de coût vers l'amont (coûts d'adaptation sont transférés au fournisseur) et par conséquence un rééquilibrage des coûts d'adaptation au niveau de la chaîne.
Pour le contrat Q/He, l'augmentation de ρ n'aide pas vraiment à l'acceptation d'une variation à la hausse, et donc s'avère peu utile en amenant des coûts supplémentaires pouvant pénaliser l'ensemble de la chaîne. Du fait d'une même variation de la demande pour chaque simulation, l'augmentation de ρ ne fera qu'accentuer le stockage de produits finis en dernière période de l'horizon d'engagement (effets de bords accentués).

De ces résultats certes empiriques se dégage cependant une observation intéressante. Dans certaines circonstances, en effet, le contrat Q/He propose des solutions pouvant être considérées comme proches de celles offertes par le contrat Q/t du point de vue des coûts d'adaptation. C'est le cas pour α = 18% et ρ = 7%. Cependant, si les performances peuvent être jugées comme comparables au plan financier, les comportements des partenaires diffèrent, eux, d'un contrat à l'autre. Nous nous proposons ici de décrypter les dissemblances de ces comportements.

Etude du comportement des partenaires

Dans le cas de contrats paramétrés avec α = 18% et ρ = 7%, le tableau (Tableau 4.14) détaille les performances propres à chaque acteur, ainsi que la performance globale de la chaîne logistique considérée. Une première observation permet de mettre en exergue la différenciation des coûts locaux au regard d'un coût global similaire.

Contrat	Performance globale		Performances locales	
			OEM	PRODU
Q/t	Coûts (u.m)	390440	181212	209228
	Fiabilité (%)	97.89	95.78	100
Q/He	Coûts (u.m)	389323	113888	275434
	Fiabilité (%)	99.26	98.86	99.66

Tableau 4.14 : Performance globale et locale à chaque partenaire sous Q/t et Q/He

Les différents graphiques qui suivent permettent d'étayer l'analyse des résultats issus du tableau (Tableau 4.14). Nous choisissons d'examiner les mécanismes d'adaptation de chaque

partenaire face à la même variation de demande, en fonction du contrat considéré. Nous nous intéressons à l'évolution du niveau de stockage de produits finis, de composants, et le recours aux heures supplémentaires.

Etude comportementale du client

Le contrat Q/He, comme le montre la figure (Figure 4.22) permet à OEM de disposer d'une certaine souplesse quant au placement de ses commandes, avec pour seul contrainte de respecter l'engagement total sur l'horizon He (en règle générale facilement honorable lorsque la fluctuation de la demande est à la hausse). Le stockage de composants et produits finis est rendu faible du fait de la flexibilité dont dispose OEM, lui permettant de commander au plus proche de ses besoins, quitte à recourir aux heures supplémentaires, ce qui demeure économiquement plus rentable que de faire un lissage de production amont et d'endosser son coût (compromis entre variables de décisions, § 3.1.1).

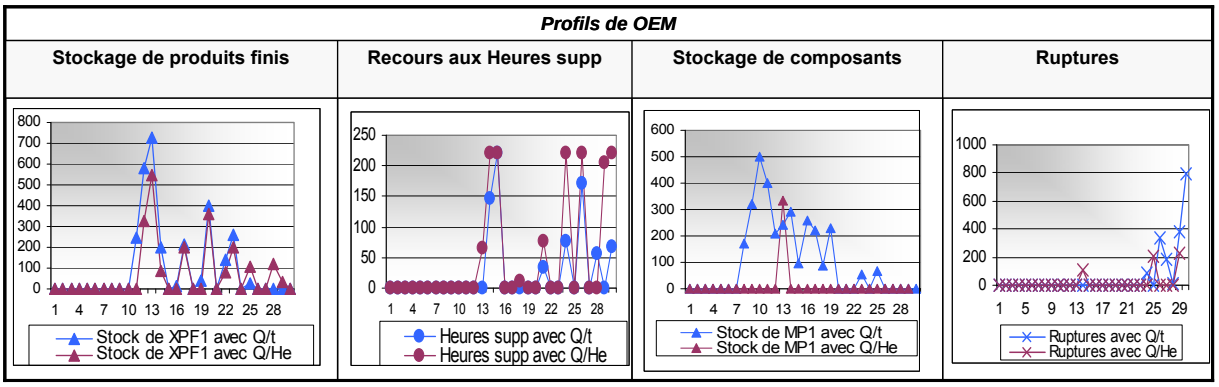


Figure 4.22 : Profils du client OEM sous Q/t et Q/He

Dans le cadre d'une contractualisation de type Q/t, le taux de flexibilité α limite les possibilités d'acceptation d'une variation à la hausse de la part de PRODU, obligeant OEM à anticiper ses besoins en composants et en conséquence de constituer des stocks. Un recours aux heures supplémentaires s'impose également pour faire face à l'accroissement de la demande, toutefois des ruptures apparaissent lorsque les possibilités de lissage amont et d'heures supplémentaires sont épuisées.

Le contrat Q/He s'avère donc le plus intéressant pour OEM. La flexibilité offerte permet en effet une meilleure adaptation du client aux variations de la demande, car celle-ci permet des réceptions en composants en flux tendus sans obligation de stockage. OEM dispose ainsi d'une marge de manœuvre suffisante pour satisfaire la demande finale avec le moins de ruptures possible. Ce contrat peut s'apparenter à un contrat de réservation de capacité qui offre, de la souplesse au fournisseur et lui assure de la sorte une disponibilité des approvisionnements.

Etude comportementale du fournisseur

Une analyse similaire est menée pour le fournisseur. La demande perçue par PRODU présente des variations de faible amplitude avec le contrat Q/t en comparaison des variations plus vives observées avec le contrat Q/He (Figure 4.23).
La mise en œuvre d'un contrat Q/He s'avère donc moins bénéfique au fournisseur. Le comportement parfois opportuniste du client engendre une forte variabilité des commandes à destination du fournisseur qui se trouve ainsi obligé de stocker davantage de produits finis de

manière anticipée et de recourir à davantage d'heures supplémentaires pour faire face aux variations subies.

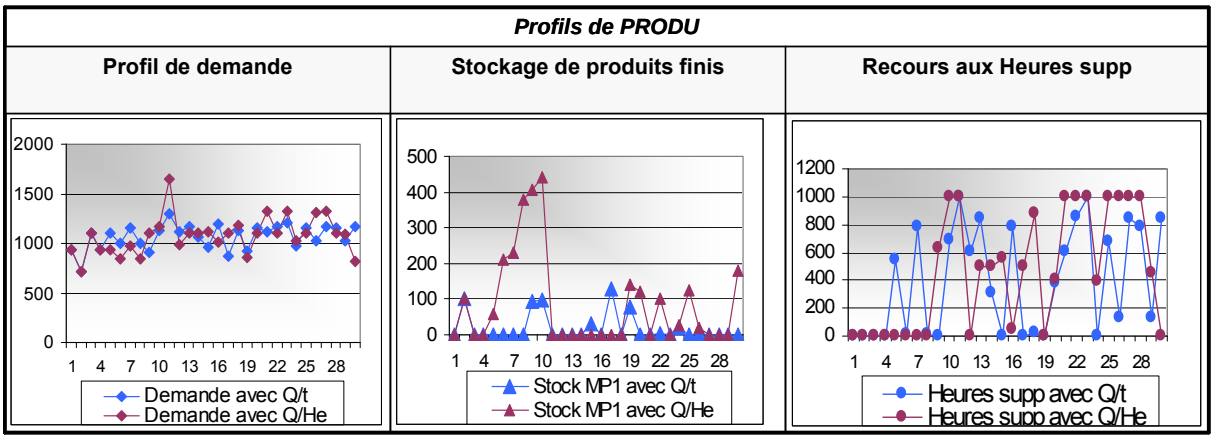


Figure 4.23 : Profils du fournisseur PRODU sous Q/t et Q/He

Le choix du contrat Q/t est donc bien plus profitable au fournisseur. La stabilité procurée sur les commandes permet une meilleure utilisation des moyens de production, et prévaut sur la connaissance anticipée d'une charge globale (fonction de la longueur de l'horizon d'engagement) telle que le permet le contrat Q/He. L'incertitude que génère ce dernier contrat sur les quantités de produits à fabriquer par période, représente un réel frein à l'atteinte d'un bon niveau de performance pour le fournisseur.

En définitive…

Nous pouvons déduire qu'à performance globale comparable, deux stratégies de contractualisation s'affrontent selon le jeu de pouvoir d'un partenaire sur l'autre. Ainsi, un client possédant une forte emprise sur son fournisseur pourra faire pencher la balance en faveur d'un contrat de type Q/He, ce dernier lui étant plus favorable. Si le pouvoir est équitablement réparti entre les deux partenaires, chacun cherchera à maximiser son profit, et le contrat Q/t s'avérant plus adéquat permettra de tendre vers une meilleure répartition des coûts sur l'ensemble des partenaires.

Synthèse & conclusion

Ce chapitre a présenté les résultats d'un ensemble d'expérimentations autour d'un cas d'étude issu du marché de la téléphonie mobile visant à cerner les avantages et inconvénients liés à la mise en œuvre de deux contrats d'approvisionnement (engagement sur des quantités par période et engagement sur des quantités par horizon).

L'idée directrice de ce chapitre fut de caractériser chacun des contrats d'approvisionnement au travers de l'étude de l'impact des clauses qu'ils comportent sur la performance. Face à différents aléas, nous avons interprété les parades des partenaires (stockage de produits finis, stockage de composants, lissage des commandes, recours aux heures supplémentaires). Dans la mesure du possible, nous avons étendu nos analyses au cas d'une chaîne triadique.

Sans prétendre à une analyse exhaustive des contrats étudiés, nous souhaitons ici dresser un bilan de nos principales observations, bien évidemment étroitement lié au cas d'étude et aux paramétrages considérés.
Interpréter ces conclusions comme une tendance généralisable à tous les cas de figure serait donc imprudent même si elles confortent les premières intuitions.

Le tableau (Tableau 4.15) propose une analyse qualitative de l'influence des différents paramètres des deux contrats étudiés sur la performance de chaque partenaire en fonction des évènements redoutés auxquels est confrontée la chaîne.

ER	Fluctuation de la demande										Aléa du flux physique									
	Demande à la hausse					Demande à la baisse					Aléa de production					Aléa d'approvisionnement				
Clause	Q/t		Q/He			Q/t		Q/He			Q/t		Q/He			Q/t		Q/He		
	HG	α%	HG	He	+ρ	HG	α%	HG	He	-ρ	HG	α%	HG	He	+ρ	HG	α%	HG	He	+ρ
Per_{cl}	-	+	-	++	++	-	+	-	--	++	-	+	-	++	++	-	+	-	++	++
Per_{fr}	+	-	+	--	--	+	-	+	--	--	+	-	+	--	--	+	-	+	--	--

ER: évènement redouté

Per_{cl} / Per_{fr} : Performance client/ fournisseur

+/- : Impact positif / négatif sur la performance

++/-- : Impact fortement positif / négatif sur la performance

Tableau 4.15 : Impact des clauses sur la performance des partenaires

Au bilan des expérimentations, nous pouvons à nouveau consolider le postulat de thèse énoncé au chapitre II, selon lequel chaque évènement redouté ER peut être pallié par une clause susceptible d'améliorer la performance du partenaire. En effet, un contrat s'avère être un bon moyen de coordonner l'activité des partenaires dans la chaîne logistique. Les différentes clauses contractuelles permettent, dans une certaine mesure, de protéger un partenaire contre certains risques, mais peuvent aussi bien en générer de nouveaux. Ces clauses peuvent ainsi entraîner une amélioration ou une dégradation de la performance selon la nature de l'événement redouté.

Ainsi, lorsque le partenariat est confronté à des évènements redoutés tels qu'une fluctuation de la demande (ER3.2) ou l'apparition d'un aléa de production perturbant les plans de livraison (ER1.3) ou des aléas d'approvisionnement (ER 1.1 et ER 1.2), l'horizon gelé HG est bénéfique au fournisseur et pénalisant pour le client. En effet, la clause relative à la définition d'un HG est par nature stabilisatrice des activités de planification pour le partenaire qui la met en oeuvre. Les effets d'un horizon gelé ne se manifestent alors que lorsque le client est susceptible de faire varier ses commandes à la suite d'une fluctuation du marché ou par des ajustements de son plan d'approvisionnement suite à des aléas de flux physique. La conséquence de HG est la prise en compte tardive des variations de la demande dans le plan d'approvisionnement élaboré par le client, de par l'impossibilité de renégocier les quantités demandées initialement.

L'avantage de la clause α du contrat Q/t face à une fluctuation de la demande à la hausse a été montré de manière expérimentale, la clause α est donc à impact positif sur le client et à impact négatif sur le fournisseur. Par ailleurs, la clause He s'est révélée être en faveur du client et constitue une gêne pour le fournisseur. L'étude comparative (§6), bien que difficile à mettre en œuvre du fait des contraintes différentes que les contrats définissent, a fait émerger, dans des conditions similaires de marché, de partenariat et d'aléas, que la clause Q du contrat Q/He spécifié par ρ fournit au client plus de souplesse dans le placement de ses commandes que la

clause α du contrat Q/t, laquelle encadre de manière stricte les variations de demande tolérées à chaque période, d'où l'impact fortement positif mentionné dans le tableau (Tableau 4.15).

En cas de demande à la baisse, il a été observé que le contrat Q/t est plus avantageux pour le client du fait de la liberté procurée quant à la révision de ses commandes à la baisse par période. Un contrat Q/He oblige en revanche à un engagement minimum Q inapproprié dans le cas d'un évènement redouté de fluctuation à la baisse, d'où un impact fortement positif sur la performance du client et du fournisseur lorsque le calcul de Q fait intervenir une valeure négative de ρ.
Pour ce qui est de He, son allongement devient pénalisant pour les deux partenaires lorsque le marché est à la baisse, plus cette contrainte d'engagement est relâchée meilleure sera la performance de la chaîne.

Au sujet des aléas de flux physique, deux cas de figure ont été distingués. S'agissant d'une part d'un aléa de production endogène au client (panne machine chez OEM), aucune perte matière n'est constatée mais uniquement une mise en attente des composants à assembler. Ce type d'aléa n'est nullement influencé par les paramètres que renferment les contrats d'approvisionnement. S'agissant d'autre part, des aléas de production (rebut de pièces), des aléas d'approvisionnement (problèmes de transport) et des aléas exogènes de production (chez le fournisseur), ceux-ci occasionnent des pertes matières et qui nécessitent en conséquence la révision du plan d'approvisionnement, conditionné par les clauses du contrat d'approvisionnement.
Les aléas perturbant le flux physique peuvent donc dans certaines circonstances s'apparenter au problème de fluctuation de la demande à la hausse, avec les mêmes tendances observées concernant les impacts sur la performance des partenaires.

Conclusion Générale

L'émergence des partenariats d'entreprise, comme réponse stratégique à la mouvance et à l'exigence des marchés, place la qualité des collaborations entre entreprises au cœur des préoccupations industrielles. Ces pratiques partenariales s'appuient sur le développement et l'usage des technologies de l'information et de la communication, mais également sur la mise en œuvre de contrats d'approvisionnement qui visent à réguler les flux physiques entre partenaires d'une chaîne logistique.

Les contrats d'approvisionnement en tant qu'outil de maîtrise de la performance constituent l'objet de notre recherche. En cours d'étude et de développement dans la littérature anglo-saxonne, peu traités dans la littérature francophone, souvent confondus avec le domaine juridique, les contrats d'approvisionnement ont suscité notre intérêt et alimenté notre questionnement sur la manière dont les entreprises construisent leurs engagements, sur les attendus de la contractualisation, sur la pertinence des clauses et leur impact sur la performance de la chaîne logistique.

Contributions scientifiques de nos travaux

Pour résumer les contributions scientifiques de nos travaux, nous reprenons nos deux questionnements initiaux.

Le premier relève plutôt du niveau stratégique: *En quoi les contrats d'approvisionnement sont-ils pertinents pour les acteurs d'une chaîne logistique ? Quelles sont les contraintes qu'ils imposent dans une relation d'approvisionnement ? Comment peuvent-ils contribuer à améliorer les performances des partenaires industriels?*

Le second relève plutôt d'un niveau tactique : *Comment la performance de la chaîne peut-elle être impactée par l'adoption d'un contrat d'approvisionnement plutôt qu'un autre ? A qui profite tel engagement d'approvisionnement plutôt qu'un autre?*

Nos analyses se sont attachées à répondre à ces interrogations. Les principales contributions des différents chapitres sont mentionnées ci-dessous:

…A l'issue du chapitre I

- Une analyse de la littérature scientifique a permis d'identifier les impératifs du SCM, les principales pratiques collaboratives et les domaines de performance les plus couramment étudiés; le peu d'études sur les contrats d'approvisionnement a été souligné.

- Une analyse structurée des pratiques collaboratives industrielles a été élaborée à partir des cas décrits dans des publications et ouvrages de consultants. Parmi ces références, certaines font état de contrats d'approvisionnement afin de cadrer la relation avec les fournisseurs.

…A l'issue du chapitre II

- Une catégorisation des motivations de contractualisation partenariale a été proposée.

- Une typologie des relations d'approvisionnement a été fournie sur la base des évènements redoutés qui découlent du contexte partenarial.

- Un cadre d'analyse support à la contractualisation a été élaboré pour faire face au déficit méthodologique constaté dans ce domaine. Il s'agit d'offrir une démarche instrumentée à tout décideur cherchant à identifier les clauses pertinentes de contractualisation au travers d'un calcul d'*utilité*. Le cadre d'analyse développé constitue une sorte d'outil d'aide à la priorisation des clauses d'approvisionnement profitables à chaque acteur contractant. Nous renforçons ainsi l'idée qu'un contrat d'approvisionnement n'est pas un stéréotype, mais doit au contraire être adapté au contexte de la collaboration.

- Ce cadre d'analyse a été succinctement confronté à deux cas industriels, l'un issu de l'industrie aéronautique et l'autre issu de l'industrie agro-alimentaire. Les résultats ont montré l'intérêt stratégique de recourir au cadre proposé afin de déterminer les clauses d'approvisionnement essentielles d'une relation partenariale.

…A l'issue du chapitre III

- Deux types de contrats d'approvisionnement ont été retenus en vue d'une analyse quantifiée de l'impact des clauses contractuelles sur la performance locale et globale : le contrat d'engagement sur des quantités commandées par période Q/t et le contrat d'engagement sur des quantités commandées sur un horizon d'engagement Q/He.

- Un modèle analytique a été proposé afin de simuler le processus de planification des activités de production, approvisionnement et livraison. Le modèle intègre la possibilité de recourir à une capacité additionnelle. Il se veut générique, pouvant être appliqué à chaque centre de décision d'une chaîne logistique et instancié à chaque occurrence de planification suivant le principe de l'horizon glissant. La singularité de notre modèle réside dans la prise en compte des contraintes issues des modalités contractuelles d'approvisionnement entre clients et fournisseurs.

- Une plateforme de simulation a été développée afin d'y implémenter le modèle de planification proposé et de mener différentes campagnes de simulation en vue d'évaluer l'impact des clauses d'approvisionnement sur la performance et la réactivité de la chaîne logistique face à différents types d'aléas.

…A l'issue du chapitre IV

- Un cas-type de chaîne logistique inspiré du secteur de la téléphonie mobile a été élaboré afin d'alimenter les données de la plateforme de simulation et de tester la performance des différents contrats étudiés.

- Un tableau de bord a été proposé autour de cinq indicateurs de performance (profit, coût, taux de service, indice de profondeur de rupture et indice d'ampleur de rupture) en référence aux domaines de performance issus du modèle SCOR.

- Les simulations, orientées vers la prise en compte de comportements partenariaux réalistes, ont permis de confirmer ou infirmer la pertinence, par partenaire, de l'usage des paramètres (HG, α, He, Q, ρ) des deux contrats étudiés, et ce en fonction de l'évènement redouté auquel se trouve confrontée la chaîne logistique (cf. synthèse et conclusion du chapitre IV).

Au bilan, nous proposons dans ce travail un cadre d'analyse à la fois qualitatif et quantitatif qui, une fois appliqué à un cas industriel déterminé, permettra d'évaluer les risques, les contraintes et les gains potentiels de performance découlant des accords partenariaux. Nous espérons ainsi par cette recherche « instrumenter » le processus de négociation à la base de la contractualisation entre partenaires d'une même chaîne logistique et permettre au décideur d'identifier et de paramétrer les engagements mutuels dans une collaboration efficiente. L'outil de simulation développé permet en cela de quantifier la valeur de certains paramètres associés aux clauses contractuelles et de juger de leur impact sur les performances locales et globale.

Limites de nos travaux

Du fait de la complexité (par le nombre des paramètres impliqués) des problèmes traités, notre recherche s'appuie sur des hypothèses nécessairement restrictives. Nous souhaitons ici en rappeler les principales.

- Au sujet du cadre d'analyse support à la contractualisation *:* L'échelle de mesure de la probabilité d'occurrence des évènements redoutés est celle préconisée dans les travaux de (Desroches et al., 2003). Ces valeurs n'étant pas dénuées de subjectivité, il y a là un facteur diminuant la pertinence des valeurs d'utilités calculées. Il est à ce titre important de souligner la nécessité de recourir à une expertise interne aussi fiable que possible pour définir une telle échelle de mesure et ainsi limiter le biais des résultats.

- Le cas d'étude support aux simulations : La configuration de la chaîne logistique considérée dans nos travaux est simplement linéaire et limitée à trois partenaires (donc deux contrats). La volonté de limiter la complexité du cas-type pour faciliter l'interprétation des résultats justifie ce choix. Toutefois, la modularité de la plateforme de simulation et son ouverture à une paramètrisation « fine » nous permettent d'entrevoir son application à des chaînes logistiques plus complexes.

- Le modèle de planification, en l'état, ignore la prise en compte de contraintes de transport ; celles-ci s'avèreraient d'autant plus importantes à considérer dans les cas de recours à la sous-traitance. En effet, la sous-traitance fait intervenir des flux physiques supplémentaires entre partenaires.

- Les perturbations de fluctuation de la demande et les aléas du flux physique simulés ne surviennent qu'une fois entre deux instances de planification. Ce choix intentionnel visait à permettre de dégager des tendances face à une perturbation bien identifiée et bien répertoriée dans le temps. Si les aléas se multiplient et sont

exécutés sur plusieurs instances de planification, des résultats complexes fusent en effet et l'interprétation des résultats s'avère confuse.

- Au sujet des résultats de simulation obtenus, ceux-ci sont certes tributaires du cas d'étude; néanmoins, la généricité du modèle et le paramétrage du simulateur autorise l'analyse de tout autre cas de chaîne logistique soumise à contrats d'approvisionnement.

Perspectives de recherche

Les limites identifiées laissent entrevoir plusieurs orientations possibles de nos travaux. Nous pouvons envisager de nouveaux scénarios de simulation, faire évoluer le modèle de planification et la plateforme de simulation. Nous énumérons ici les principales perspectives :

- Nous envisageons d'étendre au cas de la chaîne triadique l'analyse d'impact de l'hétérogénéité des contrats au long de la chaîne (Q/t – Q/t, Q/t – Q/He, Q/He – Q/t et Q/He – Q/He) ; des éléments ont déjà été obtenus et demandent à être approfondis.

- Les différentes expérimentations menées actuellement porte exclusivement sur l'impact d'un aléa de la demande ou du flux physique ; ceci afin d'éviter des effets croisés ne permettant pas une bonne compréhension des comportements de chaque acteur. Nous envisageons cependant d'étendre l'analyse en combinant les différents facteurs pouvant amener une dégradation des performances.

- Une autre politique de contrat d'approvisionnement a été identifiée, dont la logique d'engagement est basée sur une capacité de production, et non plus sur une quantité. De nouvelles investigations consisteraient à analyser les clauses contractuelles qui s'y rapportent, ainsi que les différents coûts y afférant, en vue de les intégrer dans le modèle de planification.

- Le cas d'étude utilisé pour nos analyses nous a permis de comprendre les principaux phénomènes, mais peut être jugé trop limitatif. Nous envisageons de multiplier les fournisseurs pour un même client et ainsi considérer des chaînes logistiques en réseau.

- Dans un contexte où les évènements redoutés sont multiples et fréquents (fluctuation de la demande et aléa du flux physique), il serait prudent de considérer dans le modèle un stock de sécurité chez chaque partenaire. Ceci permettrait d'absorber plus facilement les aléas de production dus à une panne machine. La localisation du stock (chez le fournisseur, chez le client ou dans des entrepôts externalisés) joue en effet un rôle important dans l'économie de la chaîne logistique et peut déboucher sur d'âpres négociations entre fournisseurs et clients.

- Nous pensons intéressant de pouvoir jouer sur l'horizon sur lequel le plan d'approvisionnement est renseigné. L'horizon de planification (fixé ici à 30 périodes) est actuellement figé, et nous envisageons d'en faire un paramètre d'analyse.

- L'horizon d'engagement He a été considéré par hypothèse inférieur à l'horizon de planification H. Nous nous interrogeons déjà sur les conséquences d'un horizon d'engagement He supérieur à l'horizon de planification !

Bibliographie

A

(Amrani-Zouggar et al., 2007) Amrani-Zouggar A., François J., Deschamps J.C, Bourrières J.P, 2007, Multi-echelon production planning process with no time coordination. MCPL 2007, Proceedings of 4th IFAC conference on Management and Control of Production and Logistics, Roumanie, pp.371-376.

(Amrani-Zouggar et al., 2008) Amrani-Zouggar A., Deschamps J.C, Bourrières J.P, 2008, Supply chain contract design according to industrial risks, APMS 2008, Proceedings of IFIP conference on Advances on Production Management Systems, Helsinki, Finland.

(Amrani-Zouggar et al., 2009a) Amrani-Zouggar A., Deschamps J.C., Bourrières J.P., 2009, Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique, Actes des JD-JN MACS 2009, 3èmes journnées doctorales/journées nationales, Angers, France.

(Amrani-Zouggar et al., 2009b) Amrani-Zouggar A., Deschamps J.C, Bourrières J.P, 2009, Supply chain planning under various quantity commitment contracts, INCOM 2009, Proceedings of IFAC symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Moscou, Russie.

(Amrani-Zouggar et al., 2009c) Amrani-Zouggar A., Deschamps J.C, Bourrières J.P, 2009, Supply chain reactivity assessment regarding two negotiated commitments: Frozne horizon and flexibility rate, APMS 2009, Proceedings of IFIP conference on Advances on Production Management Systems, Bordeaux, France.

(Anderson et al., 1999) Andersen B., Fagerhaug T., Randmñl S., Schuldmaier J., Prenninger J., 1999, Benchmarking supply chain management: finding best practices, Journal of Business & Industrial Marketing, Vol. 14, pp. 378-389.

(Angerhofer & Angelidies, 2000) Angerhofer B.J, Angelides M.C., 2000, System dynamics modelling in supply chain management research review, Proceedings of the 2000 winter simulation conference, Edited by Joines J.A, Barton R.R, Kang K., Fishwick P.A.

(Anupindi & Akella, 1993) Anupindi R., Akella R., 1993, An inventory model with commitments. Manuscript, USA: University of michigan.

(Anupindi & Bassok, 1999) Anupindi R., Bassok Y., 1999, Supply contracts with quantity commitments and stochastic demand. In: Tayu, S., Ganeshan R., Magazine, M.(Eds), Quantitative models for supply chain management.Kluwer Academic Publishers, pp.198-232.

(Arshinder et al., 2008) Arshinder A., Kanda A., Deshmukh S.G., 2008, Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions, Int. J. Production Economics, vol. 115, pp.316-335.

(Ayadi, 2006) Ayadi S., 2006, Le Supply Chain Management : Vers une optimisation globale des flux, Electronic Working Paper Serie, No. 2005-01.

(Ayers, 1999) Ayers J., Supply chain strategies, 1999, Information system management, Springer publication, CRC Press LLC, 535 Fifth Avenue, New York, NY 10017.

B

(Babiceanu & Chen, 2009) Babiceanu R.F., Chen F.F , 2009, Distributed and centralised material handling scheduling: Comparison and results of a simulation study, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol 25, pp.441- 448.

(Badell et al., 2005) Badell M., Pomero J., Puigjaner L., 2005, Optimal budgets and cash flow during retrofitting period in batch chemical industry, International Journal of Production Economics, vol.95, pp.359-372.

(Baglin et al., 2001) Baglin G., Bruel O., Garreau A., Greif M., Van delft C., 2001, Management industriel et logistique, Edition Economica.

(Barnes-Schuster et al., 1998) Barnes-Schuster D., Bassok Y., Anupindi R., 1998, Coordination and flexibility in supply contracts with options. Working paper, Graduate school of business, University of Chicago

(Barratt, 2004) Barrat M., 2004, Understanding the Meaning of Collaboration in the Supply Chain, Supply Chain Management: An International Journal, vol. 9, n° 1, pp.30- 42.

(Bassok & Anupindi, 1997) Bassok Y., Anupindi R., 1997, Analysis of supply contracts with total minimum commitment, IIE Transactions, vol.29, pp.373-381

(Bazet & de Terssac, 2001) Bazet I., Terssac G., 2001, Organisation et gestion de la production, sous la direction de Jacques Erschler et Bernard Grabot, chapitre 4, Editions organisation.

(Beamon, 1999) Beamon B.M, 1999, Measuring Supply Chain Performance, International Journal of Operations and Production Management, Vol. 19, No. 3, pp. 275-292

(Beirlein & Miller, 2000) Beierlein J.G, Miller C.A., 2000, Performance Measures and Measurement in Supply Chains in the Food System, Food Industry Report.

(Bensaou, 1999) Bensaou B., 1999, Portfolios of Buyer – Supplier Relationships : Sloan Management Review.

(Berinato, 2001) Berinato S., 2001, What went wrong at Cisco, CIO Magazine.

(Bernoulli, 1738) Bernoulli D., 1738, Evolution and economics under risk.

(Berrah, 1997) Berrah L., 1997, Une approche d'évaluation de la performance industrielle, modèle d'indicateur et techniques floues pour un pilotage réactif, Thèse de doctorat de l'INPG Grenoble.

(Biteau et al., 1991) Biteau R., Garreau A., Gavaud M., 1991, Dictionnaire des termes de gestion industrielle, Editions AFGI.

(Bitton, 1990) Bitton M., 1990, ECOGRAI: Méthode de conception et d'implantation de systems de mesure de performance pour organizations industrielles – Thèse de doctorat en automatique – Université Bordeaux1.

(Bogotaj & Bogotaj, 2007) Bogataja D. & Bogataja M., 2007, Measuring the supply chain risk and vulnerability in frequency space, Int. J. Production Economics, vol.108, pp. 291–301.

(Bonnefous, 2001) Bonnefous C., 2001, La construction d'un système d'indicateurs pertinents et efficace, dans Indicateurs de performance sous la direction de Chantal Bonnefous et Alain Courtois, Productique-Hermes, Paris.

(Botta-Genoulaz, 2005) Botta-Genoulaz V., 2005, Principes et méthodes pour l'intégration et l'optimisation du pilotage des systèmes de production et des chaînes logistiques. HDR, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon et Université Claude Bernard de Lyon 1.

(Bouquin, 2004) Bouquin H., 2004, Le contrôle de gestion, 2ème édition, Collection Que sais je, Presses Universitaire de France, Paris.

(Bourrières et al., 2005) Bourrières J.P, Grabot B., Mercé C., 2005, Pilotage des systèmes multisites de production : outils industriels et méthodes avancées. Techniques de l'Ingénieur, S7662.

(Bredstrom & Ronnqvist, 2004) Bredstrom D., Ronnqvist M., 2004, Supply Chain Optimization in Pulp Distribution using a Rolling Horizon Solution Approach.

(Bruel, 2008) Bruel O., 2008, Politique d'achat et gestion des approvisionnements, Edition Dunod, Paris.

C

(Cachon & larivière,1999) Cachon G., Larivière M.A., 1999, Capacity choice and allocation: strategic behaviour and supply chain performance, Management science, vol.45, pp.1091-1108.

(Caniels & Gelderman, 2004) Caniels M., Gelderman C.J., 2004, Buyer-supplier relationship development: empirical identification and quantification, Open University of the Netherlands.
(Cassandras & Lafortune, 1999) Cassandras C., Lafortune S., 1999, Introduction to discret event systems, Kluwer Academic Publisherts, Boston, MA.

(Catalan & Kotzab, 2003) Catalan M., Kotzab.H., 2003, Assessing the responsiveness in the Danish mobile phone supply chain, Inter national Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 33 No. 8, pp. 668-685.

(Chan & Burns, 2002) Chan J.W.K, Burns N.D., 2002, Benchmarking manufacturing planning and control (MPC) systems: An empirical study of Hong Kong supply chains, Benchmarking: An International Journal, Vol. 9 No. 3, pp. 256-277.

(Chan, 2003) Chan F. T. S., 2003, Performance Measurement in a Supply Chain, International Journal Advanced Manufacturing Technology, vol. 21, pp.534–548

(Chen & Krass, 2001) Chen Y.C., Krass D., 2001, Analysis of supply contracts with minimum total order quantity commitments and non-stationary demands, European Journal of Operational Research, vol.131, pp. 309-323.

(Chen et al., 2000) Chen F., Drezner Z., Ryan J., Simchi-Levi D., 2000, Quantifying the bullwhip effect in a simple supply chain: The impact of forecasting, lead times, and information, Management Science, vol 46, pp. 436–443.

(Choong et al., 2002) Choong S.T, Cole M.H., Kutanoglu E., 2002, Empty Container Management for Container-on-Barge (COB) Transportation: Planning Horizon Effects on Empty Container Management in a Multi-Modal Transportation Network, Transportation Research Part , pp. 423–438

(Chopra & Meindl, 2001) Chopra S., Meindl P., 2001, Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operations, Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, Inc. Chapter 1.

(Chopra & Sodhi, 2004) Chopra S. and Sodhi M.S., 2004, Managing risk to avoid supply chain breakdown, Sloan Management Review, Fall, pp. 53-61.

(Christopher 1992) Christopher M.L, 1992, Logistics and Supply Chain Management, Pitman Publishing, London.

(Christopher, 1998) Christopher M., 1998, Logistics and supply chain management – Strategies for reducing cost and improving service, Pitman publishing.

(Christopher, 2005) Christopher M., 2005, Logistics and Supply Chains management, Financial Times Prentice Hall

(Cohen & Roussel, 2005) Cohen Sh., Roussel J., 2005, Strategic Supply Chain Mangement, Published in Mc-Graw Hill.

(Corsten & Kumar, 2005) Corsten D., Kumar N., 2005, Do Suppliers Benefit from Collaborative Relationships with Large Retailers? An Empirical Investigation of Efficient Consumer Response Adoption, Journal of Marketing, vol. 69, n° 3, pp. 80-94.

(Cox, 1996) Cox A., 1996, Relational competence and strategic procurement management, Journal of purchasing and supply management.

D

(Das & Abdel-Malek, 2003) Das S.K., Abdel-Malek L., 2003, Modeling the flexibility of order quantities and lead-times in supply chains, Int. J. Production Economics, vol. 85, pp.171–181.

(Deejonckheere et al., 2004) Dejonckheere J., Disney S.M., Lambrecht M.R, Towill D.R., 2004, The impact of information enrichment on the Bullwhip effect in supply chains: A control engineering perspective, European Journal of Operational Research, vol 153, pp. 727–750

(Despontin-Monsarrat et al., 2004) Despontin-Monsarrat E., 2004, Aide à la décision pour une coopération interentreprises dans le cadre de la production à la commande. Thèse de doctorat de l'Université Paul Sabatier, Toulouse.

(Desroches et al., 2003) Desroches A., Leroy A., Vallée F., 2003, La gestion des risques principes et pratiques, Hermès Science publication, édition Lavoisier.

(Dietrich, 1991) Dietrich B.L., 1991, Taxonomy of discrete manufacturing systems, Journal of Operations Research, Vol. 39, n°6, pp.886-902.

(Doumeingts, 1984) Doumeingts G., 1984, Méthode GRAI : méthode de conception des systèmes en Productique. – Thèse d'état en Automatique, Université Bordeaux1.

(Ducq, 2007) Ducq Y., 2007, Evaluation de la performance d'entreprise par les modèles, Mémoire de HDR, Université Bordeaux1.

(Dudek & Stadtler, 2005) Dudek G. and Stadtler H., 2005, Negotiation-based collaborative planning between supply chains partners, European Journal of Operational Reseach, volume 163, Issue 3, p.668-687.

(Dupont, 2000) Dupont L., 2000, Gestion industrielle, Editions Hermès.

E

(Ellram, 1991) Ellram, L., 1991, Supply Chain Management: the industrial organisation perspective, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol.21. Iss.1, pp.13-22.

(Epstein & Manzoni, 1998) Epstein M., Manzoni J.F, 1998, Implementing corporate strategy: from. tableaux de bord to balanced scorcards, European Management Journal, vol 16, pp.199-203

F

(Faisal et al., 2006) Faisal M.N, Banwet D.K, Shankar R., 2006, Supply chain risk mitigation: modeling the enablers, Business Process Management Journal Vol. 12 No. 4, pp. 535-552

(Fenies, 2006) Féniès P., 2006, Une méthodologie de modélisation par processus multiples et incrémentiels: application pour l'évalusation des performances de la supply chain, Thèse soutenue à l'université Blaise Pascal – Clermont II.

(Fernie & Sparks, 2004) Fernie J., and Sparks L., 2004, Logistics and Retail Management: Insights into Current Practice and Trends from Leading Experts, Second Edition

(Fleischmann et al., 2000) Fleishmann B., Meyer H. et Wagner M., 2000, Advanced Planning dans Supply Chain Management and Advanced Planning, (ed) Stadtler H., Kilger C., Springer-Verlag, Berlin.

(Folan & Browne, 2005) Folan P., Browne J., 2005, A review of performance measurement: Towards performance management, Computers in Industry, pp. 663-680.

(Fontan et al., 2001) Fontan G., Merce C., Erschler J., 2001, Performance industrielle et gestion des flux, sous la direction Patrick Burlat et Jean-pierre Campagne, chapitre 3, Traité IC2 Information-Commande-Communication édition lavoisier.

(Forum Rhodia, 2002) Moussay J., Juin 2002, Les contrats-cadres d'achat 80 % de nos besoins. Mesures 746.

(François et al., 2005) François J., Deschamps J.C., Fontan G., Bourrières J.P, 2005, Modèles de macro-planification pour le pilotage des chaînes logistiques : étude autour d'un cas type. Revue e-STA.

(François, 2007) François J., 2007, Planification des chaînes logistiques : Modélisation du système décisionnel et performance, Thèse de doctorat à l'université Bordeaux1.

(Frascatore & Mahmoodi, 2007) Frascatore M.R., Mahmoodi F. 2007, Long-term and penalty contracts in a two-stage supply chain with stochastic demand, European Journal of Operational Research, vol.184, pp.147–156.

(Frayret, 2003) Frayret J.M., 2003, Le e-Collaboration dans les PME manufacturières : D'abord un défi de gestion, Montréal, cefrio.

(Frein, 1998) Frein Y., 1998, Evaluation de performance pour la conception de flux, Université d'été du pôle productique Rhône Alpes.

(Fynes et al., 2004) Fynes B., Voss C., De Burca S., 2004, The impact of supply chain relationship quality on quality performance, Int. J. Production Economics Vol 96, pp.339–354

G

(Galasso, 2007) Galasso F.,2007, Aide à la planification dans les chaînes logistiques en présence de demande flexible. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse.

(Ganeshan & Harrison,1995) Ganeshan R., Harrison P., 1995, An Introduction to Supply Chain Management, published at Department of Management Sciences and Information Systems, 303 Beam Business Building, Penn State University, University Park.

(Ganeshan et al., 1999) Ganeshan R., Jack E., Magazine M., Stephens P., 1999, A taxonomic review of supply chain management research, Quantitative models for supply chain management.

(Garrette & Donada, 1996) Garrette B., Donada C., 1996, Quelles stratégies pour les fournisseurs partenaires ? , Cahier de Recherche du groupe HEC, N°574, pp.1-18.

(Geary & Zonnenberg, 2000) Geary S., Zonnenberg, J.P. , 2000, What is means to be best in class, Supply Chain Management Review, Vol. 4 No. 3, pp. 42-8.

(Génin et al., 2005) Génin P., Lamouri S., Thomas A., 2005, Planification industrielle et ses limites, Techniques de l'ingénieur, AG5 115-2.

(Georgiadis et al., 2005) Georgiadis P., Vlachos D., Iakovou E., 2005, A system dynamics modelling framework for the strategic supply chain management of food chains, Journal of food engineering 70, pp.351-364.

(Gillet et al., 2007) Gillet F., Herry S., Midiladji E., 2007, Le management des risques dans les supply chain, Mémoire de recherche 3ème cycle, Master : Management des activités logistiques, ESC de Brest.

(Gilmour, 1999) Gilmour P., 1999, Benchmarking supply chain operations, International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 5 No. 4, pp. 259-266.

(Godard et al., 2002) Godard O., Henry C., Lagadec P., Michel-Kerjan E., 2002, *Traité des nouveaux risques.* Paris, Gallimard, coll. Folio-Actuel 100.

(Gourc, 1999) Gourc D., 6-10 Septembre 1999, Le management des risques en contexte projet : Quelles problématiques ?, Ecole d'Eté- Gestion scientifique du risque.

(Gunasekaran et al., 2004) Gunasekaran A., Patel C., McGaughey R.E, 2004, A framework for supply chain performance measurement, Int. J. Production Economics, vol.87, pp.333–347

H

(Hallikas et al., 2004) Hallikas J., Karvonen I., Pulkkinen U., Virolainen V.M, Tuominen M. 2004, Risk management processes in supplier networks, Int. J. Production Economics, vol. 90, pp. 47–58.

(Handfield & Straight, 2004) Handfield R., Straight S., 2004, How Mature Is your Supply Chain? The SCRD Capability Maturity Model, 89th Annual International Supply Management Conference.

(Handfield, 2004) Handfield R., 2004, Trust, power, dependence, and economics: can SCM research borrow paradigms? , Int. J. Integrated Supply Management, Vol. 1, No. 1, pp.3-32.

(Hanfield & Nichols, 1999) Handfield R., Nichols, E., 1999, Introduction to supply chain management, Prentic Hall, New Jersey.

(Hassid, 2008) Hassid O., 2008, La gestion des risques, Editions Dunod.

(He & Zhang, 2007) He Y., Zhang J., 2007, Random yield risk sharing in a two-level supply chain, Int. J. Production Economics. pp.769-781.

(Heeramum, 2003) Heeramum K., 2003, Création et capitation de la valeur dans la supply chain: développement d'un outil d'aide à la décision. Thèse de doctorat soutenue à CRET-LOG, Université Aix Marseille II

(Henig et al., 1997) Henig M., GerchakY., Emst R., Pyke D.F., 1997, An inventory model embedded in designing a supply contract, Management science, vol.43, pp.184-189.

(Hinton et al., 2000) Hinton M., Francis G., Holloway J., 2000, Best practice benchmarking in the UK, Benchmarking: An International Journal, Vol. 7 No. 1, pp. 52-61.

(Holweg et al., 2003) Holweg M., Disney S., Holmström J., Småros J., 2003, Supply Chain Collaboration: Making Sense of the Strategy Continuum.

(Huang et al., 2003) Huang G.Q, Lau J.S.K, Mak. K.L, 2003, The impacts of sharing production information on supply chain dynamics: a review of the literature, International Journal of Production Research, Vol. 41, No 7, pp.1483-1517.

J

(Jarillo, 1988) Jarillo, J.C., 1988, On strategic networks, Strategic Management Journal , vol. l9 (1), pp. 31–41.

(Jaruphongsa et al., 2004) Jaruphongsa W., Cetinkaya S., Lee CY., 2004, Warehouse space capacity and delivery time window considerations in dynamic lot-sizing for a simple supply chain, Int. J. Production Economics, vol. 92, pp. 169–180.

(Jin & Wu, 2007) Jin M., Wu S.D., 2007, Capacity reservation contracts for high-tech industry, European Journal of Operational Research, vol.176, pp.1659–1677.

(Jones & Riley, 1985) Jones T., Riley D., 1985, Using inventory for competitive advantage through Supply Chain Management, International Journal of Physical Distribution and Material Management, Vol.15, N°5, pp.16-26.

K

(Kaplan & Norton, 1992) Kaplan R. S. and Norton D. P., 1992, The balanced scorecard - Measures that drive Performance, Harvard Business Review, pp.71-79.

(Kok & Fransoo, 2003) Kok T.G., Fransoo J.C., 2003, Planning Supply Chain Operations: definition and comparison of planning concepts. In: Handbooks in OR & MS, edited by A.G. de Kok and S.C. Graves, Elsevier B.V., pp. 597-675.

(Kraljic, 1983) Kraljic P., 1983, Purchasing must become supply management, Harvard Business Review.

(Krueger & Uhlig, 2006) Krueger D., Uhlig H., 2006, Competitive risk sharing contracts with one-sided commitment, Int.J of monetary economics, vol 53, pp. 1661-1691.

L

(Lambert et al., 2004) Lambert D.M., Knemeyer A.M., Gardner J.T., 2004, Supply Chain Partnerships: Model Validation and Implementation», Journal of Business Logistics, vol. 25, n° 2, pp. 21-42.

(Lamouri, 2006) Lamouri S., 2006, Synchronisation des prises de décisions dans une chaîne logistique : robustesse et stabilité, Mémoire de HDR, Institut Supérieur de Mécanique de Paris.

(Le Run, 2003a) Le Run P., 2003, Mise en place de démarches collaboratives : généralités, Publié dans Technique de l'ingénieur AG5 230- 2.

(Le Run, 2003b) Le Run P., 2003, Mise en place de démarches collaboratives : cas industriel, Publié dans Technique de l'ingénieur AG5 231- 2.

(Lemettre, 2008) Lemettre J.F., 2008, Risque, information et organisation, Collection Presses Universitaires de sceaux. L'Harmattan.

(Li et al., 2004) Li J., Sikora R., Shaw M.J, Tan G.W, 2004, A strategic analysis of inter organizational information sharing, Decision Support Systems, Vol. 42, pp. 251-266.

(Liston et al., 2006) Liston P., Byrne P.J., Heavey C., 2006, Contract costing in outsourcing enterprises: Exploring the benefits of discrete-event simulation, Int. J. Production Economics, vol.110, pp. 97-114.

(Lohman et al., 2004) Lohman C., Fortuin L., Wouters M., 2004, Designing a performance measurement system: A case study, European Journal of Operational Research, vol.156, pp.267-286.

(Lorino, 2001) Lorino P., 2001, La performance et ses indicateurs. Elements de définition. Dans Indicateurs de performance sous la direction de Chantal Bonnefous et Alain Courtois, Productique-Hermes, Paris.

M

(Magalitta, 1997) Maglitta J. ,1997, Special DELL-ivery, Electronics Business Today.

(Mahmoudi, 2006) Mahmoudi J., 2006, Simulation et gestion des risques en planification distribuée de chaînes logistiques : Application au secteur de l'électronique et des télecommunications, Thèse présenté à l'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et l'Espace.

(Mazlan & Ali, 2006) Mazlan, R., Ali, K.N., 2006, Relationship between supply chain management and outsourcing, Conférence ICCO.

(Meindle, 2001) Meindle P., 2001, Basic concepts of supply chain management , Prentice Hall, chapter 1.

(Mentzer et al., 2001) Mentzer, J.T., DeWitt, W., Keebler, J.S., Min, S., Nix, N.W., Smith, C.D., Zacharia, Z.G., 2001,Defining supply chain management, Journal of Business Logistics, Vol. 22 No. 2, pp. 1-25.

(Mercé & Fontan, 2001) Mercé C., Fontan G., Hiérarchisation de la fonction planification, , 2001, Organisation et gestion de la production, Hermes Science, Traité IC2 Information-Commande-Communication, Chapitre 3, pp.51-88.

(Miccolis et al., 2003) Miccolis J.A., May 2003, Overview of enterprise risk management.

(Millart, 1998) Millart H.H, 1998, The impact of rolling horizon planning on the cost of industrial fishing activity, Computers Operational Research, Vol.25, N°10, pp.825-837.

(Miller, 2001) Miller T., 2001, Hierarchical operations and supply chain planning, Springer.

(Min et al., 2005) Min S., Roath A.S., Daugherty P.J., Genchev S.E., Chen H., Arndt A.D., Richey R.G. , 2005, Supply Chain Collaboration: What's Happening, International Journal of Logistics Management, vol. 16, n° 2, pp. 237-256.

(Moncska et al., 1998) Monczka R.M., Petersen K.J., Handfield R.B., Ragatz G.L., 1998, Success Factors in Strategic Supplier Alliances: The Buying Company Perspective», Decision Sciences, vol. 29, n° 3, pp. 553-577.

(Morana, 2002) Morana J., 2002, Le couplage supply chain management - tableau de bord logistique : une approche exploratoire, thèse d'université, Aix en Provence.

(Muckstadt et al., 2001) Muckstadt J.A, Murray D.H,. Rappold J.A, Collins D.A, 2001, Guidelines for Collaborative Supply Chain System Design and Operation, Information Systems Frontiers vol 3, pp.427-453.

N

(Neely et al., 2001) Neely A., Adams C., Crowe P., 2001, The performance prism in practice, Measuring Business Excellence, Vol. 5, No. 2, pp.6-12.

(Neiger et al., 2007) Neiger D., Rotaru K., Churilov L., 2007, Supply Chain Risk Identification with Value-Focused Process Engineering, Journal of Operations Management, vol.27, pp.154-168.

(Ningxiong, 2005) Ningxiong X., 2005, Multi-period dynamic supply contracts with cancellation, Computers & Operations Research, vol. 32, pp.3129–3142

P

(Paché & Splanzani, 2002) Paché G., Spalanzani A., 2002, La gestion des chaînes logistiques multi-acteurs : perspectives stratégiques, Grenoble, Presses universitaires de Grenoble.

(Parsons et al., 2003) Parsons D.J, Andrew J., Phelps S.R, 2003, Performance assessment of supply chain simulation, Simulation Dynamics, Inc. Internal working paper, Maryville, Tennessee

(Perrontin & Loubère, 1999) Perrotin R., Loubère J.M., 1999, Nouvelles stratégies d'achat Sous-traitance, coopération, partenariat. Edition d'organisation.

(Petit, 2008) Petit P., 2008, Toute la fonction Achats, Editions Dunod, Paris.

(Pirard, 2005) Pirard F., 2005, Une demarche hybride d'aide à la décision pour la reconfiguration et la planification stratégique des réseaux logistiques des entreprises multi-sites, Thèse de doctorat soutenue à FUCAM, Mons.

(Poirier & Reiter, 2001) Poirier C.C., Reiter S.E, 2001, La Supply Chain – Optimiser la Chaine logistique et le réseau Inter entreprises. Editions Dunod.

(Powell, 2004) Powell S., 2004, The challenges of performance measurement, Management decision, Vol.42, No. 8, pp. 1017-1023.

(Power, 2005) Power D., 2005, Supply Chain Management Integration and Implementation: A Literature Review, Supply Chain Management: An International Journal, vol. 10, n° 4, pp. 252-263.

R

(Ran et al., 1998) Ran B., Lee D.H, Shin S., Miaou S.P, 1998, A rolling horizon implementation for an analytical dynamic traffic assignment model, Transportation Research Board Annual Meeting.

(Rota, 1998) Rota K., 1998, Coordination temporelle de centres gérant de façon autonome des ressources. Application aux chaînes logistiques intégrées en aéronautique, Thèse de doctorat de l'ENSAE.

(Roy et al., 2006) Roy J., Landry S., Beaulieu M., Mars 2006, Collaborer dans la chaîne logistique : État des lieux, Cahier de recherche N° 06-01. HEC Montréal.

S

(Sahay & Maini, 2002) Sahay B.S. and Maini, A., 2002, Supply chain: a shift from transactional to collaborative partnership, Decision, Vol. 29, No. 2, pp. 67-88.

(Samaddar et al., 2006) Samaddar S., Nargundkar S., Daley M., 2006, Inter-organizational information sharing: The role of supply network configuration and partner goal congruence. European journal of operationa research, vol.174, pp.774-765

(Samuel et al., 2004) Samuel H.H., Sunl K.S., Wang, G., 2004, A review and analysis of supply chain operations reference (SCOR) model, Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 9, No. 1, pp. 23-29.

(Schilli & Dai, 2006) Schilli B., Dai F., 2006, Collaborative life cycle management between suppliers and OEM, Computers in Industry, vol. 57, pp.725–731

(Schmitz & Platts, 2003) Schmitz J., Platts K.W, 2003, Supplier logistics performance measurement: Indications from astudy in the automotive industry, International Journal of Production Economics, Vol 89, pp. 231–243

(Schneeweiss et al., 2003) Schneeweiss C., Zimmer K., Zimmermann M., 2003, The design of contracts to coordinate operational interdependencies within the supply chain, Int. J. Production Economics, vol. 92, pp.43–59.

(Serel et al., 2001) Serel D.A., Dada M., Moslowitz H,. 2001, Sourcing decisions with capacity reservation contracts, European journal of Operational Research, vol.131, pp.635-648.

(Seuring, 2002) Seuring S., 2002, Supply Chain costing – A conceptual framework, in Cost Management in Supply Chains, Seuring S., et Goldbach M., editors, Springer Physica – Verlag, pp.15-30.

(Shapiro, 1998) Shapiro J., 1998, Bottom-up versus top-down approaches to supply chain modelling in Quantitative Models for Supply Chain Management, Kluwer Acade¬mic Publishers, p. 739-759.

(Shapiro, 2001) Shapiro J., 2001, Modelling the supply chain Duxbury Thomson Learning 2001.

(Sharman, 1999) Sharman G., 1999, Supply chain management – Challenges for supply chains of the future, Presentation at Helsinki University of Technonolgy.

(Shi, 2004) Shi D., 2004, A review of enterprise supply chain risk management, Journal Of Systems Science And Systems Engineering,Vol. 13, No. 2, pp.219-244.

(Simatupang & Sridharan, 2004) Simatupang T.M., Sridharan R., 2004, A benchmarking scheme for supply chain collaboration, Benchmarking: An International Journal Vol. 11 No. 1, pp. 9-30

(Simchi-Levi et al., 2000) Simchi-Levi D., Kaminsky P., Simchi-Levi E., 2000, Designing and managing the supply chain, McGraw-Hill Higher Education.

(Simchi-Levi et al., 2002) Simchi-Levi D., Simchi-Levi, E., 2002, The effect of E business on supply chain strategy, Working Paper Series ESD-WP-2003-01.04 - ESD Internal Symposium.

(Simchi-Levi et al., 2003) Simichi-Levi D., Kamnisky P., Simchi-Levi E., 2003, Designing and managing the supply chain: Concepts, strategies and case studies, McGraw-Hill/ Irwin, New York, second edition.

(Simchi-Levi et al., 2007) Simchi-Levi D., 2007, Designing and managing the supply chain, Mcgraw-Hill College.

(Simpson, 1999) Simpson N.C, 1999, Multiple level production planning in rolling horizon assembly environments, European Journal of Operational Research , vol.114, pp. 15-28

(Soret al., 2008) Soret I., De Pablos C., Montes J.L., 2008, Efficient Consumer Response (ECR) Practices as Responsible for the Creation of Knowledge and Sustainable Competitive Advantages in the Grocery Industry, Issues in Informing Science and Information Technology, Vol 5.

(Speckman & Davis, 2004) Speckman R.E. and Davis E.W., 2004, Risky business: expanding the discussion on risk and the extended enterprise, International Journal of Physical Distribution & Logistics management, Vol. 34 No. 5, pp. 414-433.

(Stalk & Hout, 1990) Stalk G., Hout T., 1990, How time-based management measures performance, Planning Review 26, 1990.

(Steadtler & Kilger, 2001) Steadtler H., Kilger C., 2001, An overview in supply chain management and advanced planning, Springer.

(Steadtler, 2005) Steadtler H., 2005, Supply chain management and advanced planning – basics, overview and challenges, European Journal of Operational Research, volume 163, Issue 3, P.575-588.

(Steadtler, 2007) Steadtler H., 2007, A framework for collaborative planning and state-of-the-art, edition Springer-Verlag.

(Supply Chain Council, 2006) Supply Chain Operation Reference Model, www.Supply Chain.org

T

(Tahon & Frein, 2000) Tahon C., Frein Y., 2000, Document de synthèse du groupe de recherche en productique – thème 4 : Evaluation de Performances.

(Tangen, 2004) Tangen S., 2004, Performance measurement: from philosophy to practice, International Journal of Productivity and Performance Management, Vol. 53, No. 8, pp. 726-737.

(Taylor, 2003) Taylor D.A., 2003, Supply Chains: A Manager's Guide, Publisher: Addison Wesley.

(Tchernev, 1997) Tchernev N., 1997, La modélisation du processus logistique dans les systèmes flexibles de production. Thèse de doctorat en informatique, Université Blaise Pascal, Clermont II.

(Telle, 2003) Telle O., 2003, Gestion de chaînes logistiques dans le domaine aéronautique, Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace, Toulouse

(Thierry, 2003) Thierry C., 2003, Gestion de chaînes logistiques, Modèles et mise en œuvre pour l'aide à la décision à moyen terme, Mémoire HDR, Université Toulouse 2 Le Mirail.

(Thonemann, 2002) Thonemann U.W., 2002, Improving supply-chain performance by sharing advance demand information. European Journal of Operational Research, vol 142, p. 81-107.

(Towill, 1997) Towill D., 1997, The seamless supply chain – The predator's strategic advantage, International Journal of Technology Management, Vol.13, N°1, pp.37-56.

(Tsay et al., 1999) Tsay A.A., 1999, The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives, Management Science, Vol. 45 No. 10, pp. 1339-1359.

(Tseng et al., 2009) Tseng F.M, Chiu Y.J, Chen J.S, 2009, Measuring business performance in the high-tech manufacturing industry: A case study of Taiwan's large-sized TFT-LCD panel companies, International Journal of Management Science, vol. 37, pp. 686–697.

V

(Vallespir & Chapurlat, 2007) Vallespir B., Chapurlat V., 2007, Enterprise modelling and verification approach for characterizing and checking organizational interoperability, Proceedings of 12th IEEE Conference on Emerging Technologies and Factory Automation, Grèces

(Van Landeghem & Vanmaele, 2002) Van Landeghem H., Vanmaele H., 2002, Robust planning: a new paradigm for demand chain planning, Journal of Operations Managament, vol.9, pp. 01-12.

(Van Weele, 2005) Van Weele A., 2005, Purchasing and supply chain management, Thomson 4th edition, pp.157-166.

(Verfaillie, 2007) Verfaillie G., 2007, Concepts de base en décision et planification, Séminaire du 06/11/2007 à l'ONERA.

W

(Walker, 1998) Walker T., 1998, Developing a Preferred link, APICS Educational and Research Foundation Workshop Proceedings.

(Wong & Wong, 2008) Wong W.P, Wong K.Y., 2008 , A review on benchmarking of supply chain performance measures, Benchmarking: An International Journal, Vol. 15 No. 1, pp. 25-51.

X

(Xiaouhui et al., 2006) Xiaohuil W., Xiaobing Z., Shijil S., Cheng W., 2006, Study on risk analysis of supply chain enterprises, Journal of Systems Engineering and Electronics, vol .17, pp. 781-787.

Y

(Yazlali & Erhun, 2007) Yazlali, O., Erhun, F., 2007, Relating the multiple supply problem to quantity flexibility contracts, Operations Research Letters, vol. 35, pp. 767-772.

Z

(Zimmermann & Kohl, 2001) Zimmermann K., Kohl M., 2001, Project Scorecard, Comment continental gère une initiative de ECR, Vol.44, N°6, pp.36-40.

Annexes

Annexe 1. Les avantages d'une interface utilisateur centralisée

Annexe 2. Algorithme de simulation dynamique

Annexe 3. L'environnement de programmation VBA (Visual Basic pour Application)

Annexe 4. Synoptique des procédures programmées dans VBA

Annexe 5. Programmation d'un modèle sous Mosel

Annexe 6. Codes SQL de couplage entre la base de données et le solveur Xpress-MP

Annexe 7. Données approximatives sur les temps d'exécution d'une simulation

Annexe 1. Les avantages d'une interface utilisateur centralisée

La chaîne logistique simulée est constituée de trois centres de décision autonomes. Chaque centre de décision possède sa propre base de données et son modèle de planification. Le pilotage de l'ensemble de la chaîne logistique est ainsi distribué, seule l'interface est centralisée. Il n'est pas nécessaire d'ouvrir chaque base de données chez chaque acteur pour y modifier des paramètres, tout est commandé par l'interface. Trois tableaux principaux la constituent : Un tableau de paramétrage, un tableau de pilotage et un tableau de suivi.

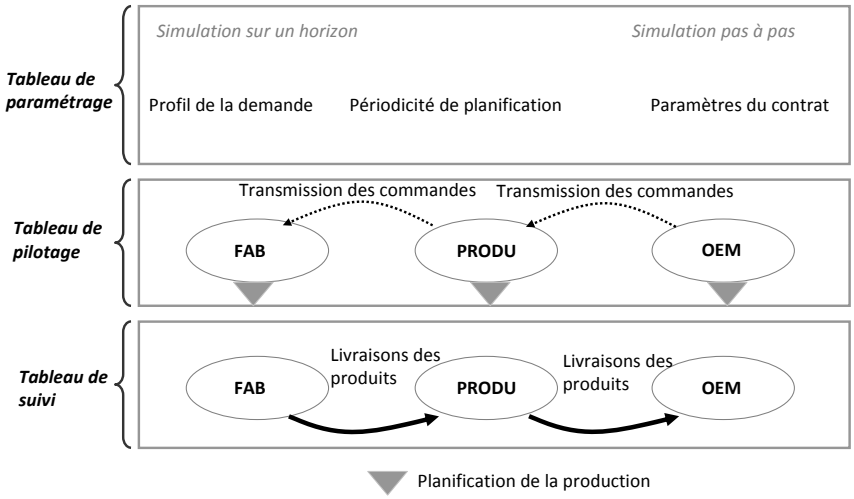


Figure a. 1 : Les différents tableaux de la plateforme de simulation

Dans la partie « tableau de paramétrage » il est possible de modifier les données en relation avec le plan de demande, la périodicité de planification et les paramètres concernant les contrats d'approvisionnement.

Il également possible de paramétrer le simulateur afin de dérouler :

- *Une simulation pas à pas* (d'une période à l'autre) : ce type de simulation est utile afin d'arrêter le simulateur à la période où l'on veut opérer un aléa

- *Une simulation sur un horizon donné :* si aucun aléa n'est prévu, un gain de temps conséquent est observé en adoptant la simulation avec horizon glissant. Les différentes procédures automatiques assurent l'enchaînement des étapes nécessaires.

Dans la section « Tableau de pilotage » l'utilisateur peut lancer le processus de calcul de la planification pour le premier maillon de la chaîne, la transmission des commandes vers les maillons en amont se faisant automatiquement. Cette partie de l'interface permet le pilotage de chaque acteur.
Dans la section « Tableau de suivi », l'utilisateur vient propager les livraisons effectives d'un maillon vers l'autre. En cas de nécessité de simuler un aléa de flux physique, il s'agira juste d'arrêter la simulation au niveau de l'acteur souhaité et simuler « une baisse de production » ou « un problème de livraison ».

Annexe 2. Algorithme de simulation

L'algorithme de simulation de la planification dynamique est donné.
A l'étape 1, l'instant de démarrage de la simulation (i=0), une génération du plan de demande du client est effectuée et la base de données de chaque acteur est mise à jour en fonction des valeurs de variables de décision issues du modèle d'optimisation. Le modèle de planification (noté M) est appliqué à chacun des acteurs de la chaîne logistique simulé (OEM, PRODU, FAB), et calcule à partir du plan de demande un plan de production, de livraison et d'approvisionnement.

L'étape 2 consiste à mettre à jour les bases de données avec le principe de l'horizon glissant. Si un aléa survient, il devient nécessaire de l'inclure dans la base de données avant de continuer la simulation. A la fin du calcul pour les trois acteurs, le compteur incrémente le pas de planification suivant, remet à jour les bases de données et relance les calculs.
A l'étape 3, des indicateurs de performance sont renseignés sur la base des résultats obtenus par la planification des activités de chaque acteur.

Algorithme de simulation dynamique

```
BEGIN
inc: pas de planification
' Etape1: Initialisation des bases de données OEM, PRODU, FAB
                For inc = 0 Do
                        Generate customer demand plan
                        Initialize databases
                        Apply M OEM
                        Transmit demand plan to PRODU
                        Apply M PRODU
                        Transmit demand plan to FAB
                        Apply M FAB
                End For
' Etape2:  Optimisation du modèle de planification de production avec principe d'horizon glissant

                While inc < 10                          ' inc : pas de planification
                        φ =1+ pp * inc                  ' φ : instant de planification
                        Update databasefor next planning
                        Integrate order disturbance
                        Apply M OEM
                        Transmit demand plan to PRODU
                        Workflow disturbance occurence
                        Apply M PRODU
                        Transmit demand plan to FAB
                        Workflow disturbance occurence
                        Apply M FAB
                        Disturbance occurence
                        Workflow disturbance occurence
                        inc ←— inc+1                    ' incrémenter le pas de planification
                Loop

' Etape3:  Évaluation de performance
        Calculate performance for OEM, PRODU, FAB
END
```

Figure a. 2 : Algorithme de simulation dynamique

Annexe 3. L'environnement de programmation VBA (Visual Basic pour Application)

Nous souhaitons montrer ici l'environnement dans lequel les différentes procédures ont été développées. Soit 'InterfaceSimulation' le projet VBA réalisé; ce dernier est subdivisé en trois modules. Chaque module renferme des procédures programmées relatives à un acteur de la chaîne. Module 1 pour l'acteur OEM, module 2 pour PRODU et module 3 pour FAB.

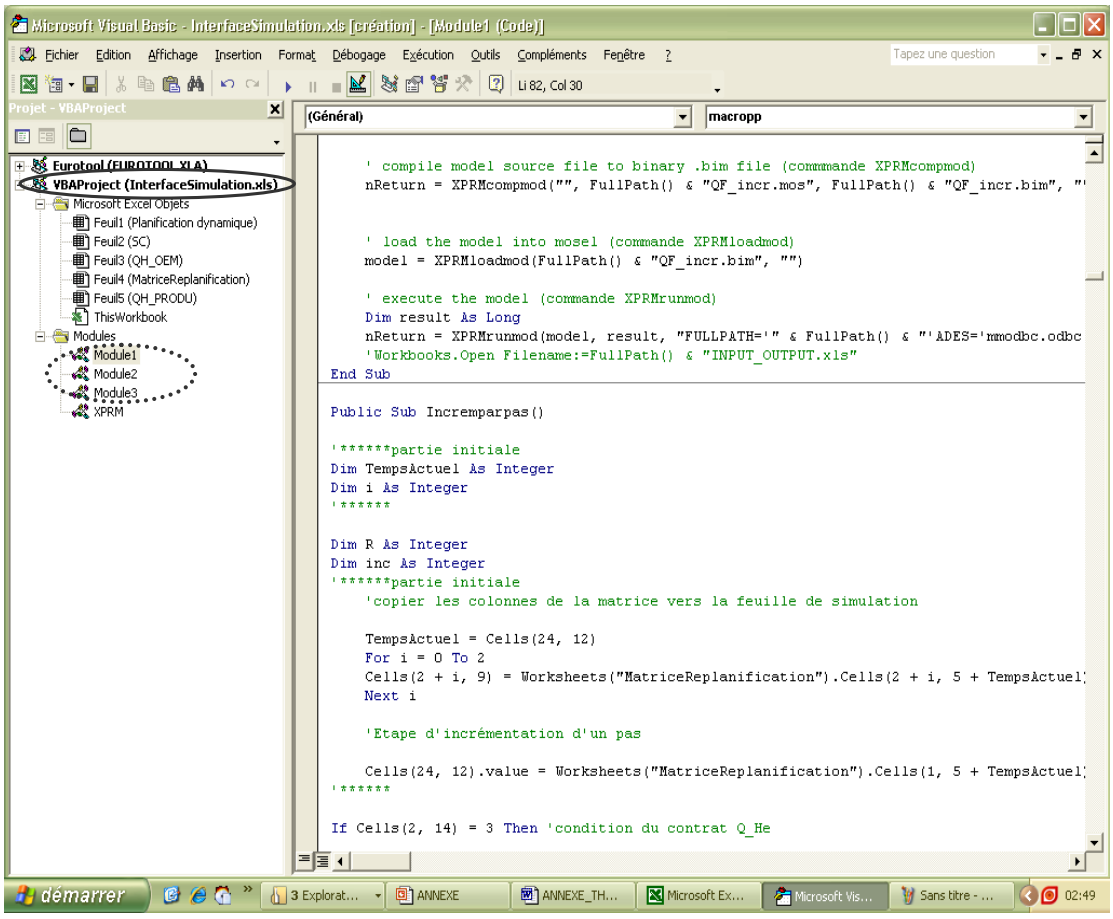


Figure a. 3 : Projet VBA pour l'interface de simulation

Les programmes sont en majorité codés sous VBA et parfois couplés avec des procédures programmées sous Mosel dans Xpress-MP.

Les procédures sont lancées à partir de clic sur des « boutons programmables » de l'interface de simulation. Des procédures de type (public sub) sont programmées à cet effet.

Annexe 4. Synoptique des Procédures programmées sous VBA

Au bilan, la plateforme de simulation développée a nécessité une soixantaine de procédures sous VBA pour faire fonctionner dynamiquement le modèle de planification de la production pour les différents contrats étudiés. Certaines procédures relatives au fonctionnement global ont été développées dans le module 1 de l'acteur OEM afin de ne pas alourdir le projet VBA avec un module supplémentaire. Ci joint un tableau synthétisant l'ensemble des fonctions développées et précisant le rôle de chacune d'elles dans le fonctionnement de la plateforme.

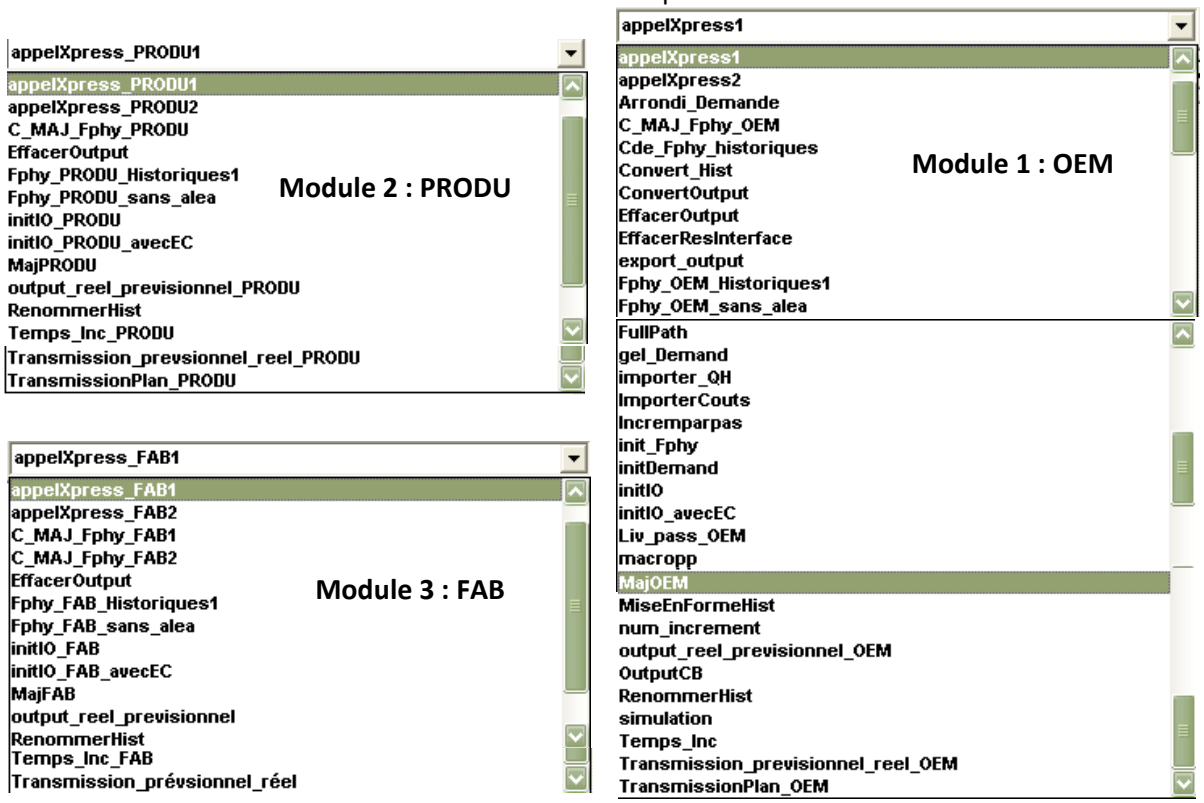


Figure a. 4 : Synoptiques des procédures programmées

Nom de procédure	*Rôle et fonction de la procédure*
appelXpress1	Appeler le solveur depuis VBA pour dérouler la planification à t=0 (planification statique)
appelXpress	Appeler le solveur depuis VBA pour dérouler la planification à partir de t=1 (planification dynamique)
Arrondi_Demande	Arrondir les valeurs de la demande, qui suite à une moyenne peuvent être des valeurs réelles
C_MAJ_Fphy_OEM	Mettre à jour le flux physique chez OEM en prenant les valeurs issues de l'historique réel, les copier dans INPUT pour qu'elles soient intégrées lors de la prochaine planification
Cde_Fphy_Historiques	Récupérer les valeurs réelles dans historique et lancer le calcul de performance a posteriori
Convert_Hist	Convertir le résultat dans historique en nombre (Xpress enregistre les résultats après planification en texte !)
ConvertOutput	Convertir le résultat dans OUTPUT en nombre (Xpress enregistre les résultats après planification en texte !)
EffacerOutput	Effacer les résultats de la planification après récupération des valeurs sur l'horizon passée et préparation des champs OUTPUT pour réceptionner les résultats de la prochaine planification
EffacerResInterface	Effacer l'affichage final du profit sur l'interface de simulation
export_Output	Emmagasiner les résultats d'un pas de planification dans le dossier de mise à jour des données pour les utiliser lors de la prochaine planification
Fphy_OEM_Historiques1	Exporter les résultats de l'historique de OEM vers un onglet historique 1 où sont préprogrammés des graphiques automatiques.
Fullpath	Mettre à jour le fichier de simulation dans le fichier en cours
Gel_Demand	Récupérer le plan de demande de l'instant de planification précédent avec gel des décisions sur l'horizon gelé et recomplètement de la demande sur les périodes restantes

Importe_QH	Importer les paramètres du contrat Q/He dynamiques depuis l'onglet de traitement du contrat Q/He
ImporterCoûts	Importer les coûts du fichier INPUT et les utiliser afin de calculer la valeur de la performance a posteriori
Incremparpas	Incrémenter d'un pas de planification en mettant à jour les niveaux des stocks, de ruptures et des réceptions réelles. Etablir une boucle conditionnelle si le contrat simulé est Q/H afin de mettre à jour les bornes des intervalles
Init_Fphy	Effacer les précédentes valeurs et mettre à jour les fichiers afin de recevoir les nouvelles données issues du prochain pas de planification
initDemand	Initialiser la demande en ramenant la colonne sur 30 périodes et préparer la base de données des acteurs afin de lancer la planification
initIO	Initialiser les fichiers Input/Output de OEM, afin de recueillir les résultats d'une nouvelle simulation
initIO_avecEC	Initialiser les fichiers Input/Output de OEM afin de recueillir les résultats d'une nouvelle simulation dans le cas où des encours de production existent à l'instant de démarrage t=0
macropp	Affecter les instants de replanification sur une matrice du temps réel et inscrire toute les données relatives au tableau de paramétrage dans les différents fichiers Input output des partenaires
Liv_pass_OEM	Calculer la somme des livraisons passées, copier les réceptions réelles chez l'OEM et les valider sur l'historique sur les périodes passées
MajOEM	Mise à jour des encours de l'OEM à chaque pas de planification avec des boucles conditionnelles sur la mise à jour des données en fonction du type de contrat à simuler
MiseEnFormeHist	Reconfigurer en ligne l'historique obtenu depuis XPRESS –MP sous forme de colonne, pour une meilleure visibilité et facilité de traitement
num_increment	Incrémenter (passer d'un pas de planification à un autre), lorsque la nouvelle période correspond à un instant de planification, et mise à jour des conditions initiales de chaque acteur
Output_reel_previsionnel_OEM	Transférer les données du plan réel vers le plan prévisionnel afin d'enclencher une nouvelle planification avec les valeurs réelles de la demande
OutputCB	Afficher le résultat de la simulation simultanément sur l'interface et dans les fichiers Input Output
RenommerHist	Le fichier historique recueille les données d'un pas de planification. Au prochain pas de planification il est nécessaire pour OEM d'effacer les précédentes valeurs afin de recueillir les nouveaux résultats de la planification ; d'où la nécessité de renommer les champs
Simulation	Simuler sur un horizon (et non plus pas à pas). Pour ce faire, une concaténation des différentes procédures est effectuée pour faire fonctionner l'outil
Temps_Inc	Comparer la valeur du temps actuel (qui représente la période en cours) avec l'instant de planification
Transmission_previsionnel_reel_OEM	Transférer les valeurs prévisionnelles de la planification vers le fichier flux physique, propager les aléas et inscrire les valeurs réelles
TransmissionPlan_OEM	Transformer les réceptions calculées chez OEM à un pas de planification donné en plan d'approvisionnement à transférer vers l'acteur PRODU
appelXpress_PRODU	Appeler le solveur depuis VBA pour dérouler la planification à t=0 (planification statique)
appelXpress_PRODU2	Appeler le solveur depuis VBA pour dérouler la planification à partir de t=1 (planification dynamique
C_MAJ_Fphy_PRODU	Mettre à jour le flux physique chez PRODU en prenant les valeurs issues de l'historique réel, les copier dans INPUT pour qu'elles soient intégrées lors de la prochaine planification
EffacerOutput	Effacer les résultats de la planification après récupération des valeurs sur l'horizon passée et préparation des champs OUTPUT pour réceptionner les résultats de la prochaine planification
Fphy_PRODU_Historiques1	Exporter les résultats de l'historique de PRODU vers un onglet historique 1 où sont préprogrammés des graphiques automatiques
Fphy_PRODU_sans_alea	Transférer les valeurs prévisionnelles de la planification vers le fichier flux physique. Si y'a pas d'aléa, retransférer les variables de décisions en l'état vers le module prévisionnel à nouveau. Un gain de temps est observé en évitant de recourir à la propagation des flux physiques
initIO_PRODU	Initialiser les fichiers Input/Output de PRODU, afin de recueillir les résultats d'une nouvelle simulation
initIO_PRODU_avecEC	Initialiser les fichiers Input/Output de PRODU, afin de recueillir les résultats d'une nouvelle simulation dans le cas ou des encours de production sont connus à l'instant de démarrage t=0

MajPRODU	Mise à jour des encours de PRODU à chaque pas de planification avec des boucles conditionnelles en fonction du type de contrat en cours de simulation
Output_reel_previsionnel_PROD	Transférer les données du plan réel vers le plan prévisionnel afin d'enclencher une nouvelle planification avec les valeurs réelles.
RenommerHist	Le fichier historique recueille les données d'un pas de planification. Au prochain pas de planification il est nécessaire pour PRODU d'effacer les précédentes valeurs afin de recueillir les nouveaux résultats de la planification, d'où la nécessité de renommer les champs
Temps_Inc_PRODU	Comparer la valeur du temps actuel (qui représente la période en cours) avec l'instant de planification de PRODU
Transmission_previsionnel_reel_PRO	Transférer les valeurs prévisionnelles de la planification chez PRODU vers le fichier flux physique, propager les aléas et inscrire les valeurs réelles
TransmissionPlan_PRODU	Transformer les réceptions calculées chez PRODU à un pas de planification donné en plan d'approvisionnement à transférer vers l'acteur FAB
appelXpress_FAB1	Appeler le solveur depuis VBA pour dérouler la planification à t=0 (planification statique)
appelXpress_FAB2	Appeler le solveur depuis VBA pour dérouler la planification à partir de t=1 (planification dynamique)
C_MAJ_Fphy_FAB1	Propager l'impact d'un aléa de flux physique chez le FAB. Une première procédure propage les réceptions de FAB vers PRODU
C_MAJ_Fphy_FAB2	La deuxième procédure de propagation de flux physique de PRODU vers OEM
EffacerOutput	Effacer les résultats de la planification après récupération des valeurs sur l'horizon passée et préparation des champs OUTPUT pour réceptionner les résultats de la prochaine planification
Fphy_FAB_Historiques1	Exporter les résultats de l'historique de OEM vers un onglet historique 1 où sont préprogrammés des graphiques automatiques
Fphy_FAB_sans_alea	Transférer les valeurs prévisionnelles de la planification vers le fichier flux physique. Si y'a pas d'aléa, retransférer les variables de décisions en l'état vers le module prévisionnel à nouveau. Un gain de temps est observé en évitant de recourir à la propagation des flux physiques
initIO_FAB	Initialiser les fichiers Input/Output de FAB, afin de recueillir les résultats d'une nouvelle simulation
initIO_FAB_avecEC	Initialiser les fichiers Input/Output de FAB, afin de recueillir les résultats d'une nouvelle simulation dans le cas ou des encours de production sont connus à l'instant de démarrage t=0
MajFAB	Mise à jour des encours de FAB à chaque pas de planification avec des boucles conditionnelles en fonction du type de contrat en cours de simulation
Output_reel_previsionnel	Transférer les données du plan réel FAB vers le plan prévisionnel afin d'enclencher une nouvelle planification avec les valeurs réelles
RenommerHist	A un prochain pas de planification il est nécessaire pour FAB d'effacer les précédentes valeurs afin de recueillir les nouveaux résultats de la planification, d'où la nécessité de renommer les champs
Temps_Inc_FAB	Comparer la valeur du temps actuel (qui représente la période en cours) avec l'instant de planification de FAB
Transmission_previsionnel_reel	Transférer les valeurs prévisionnelles de la planification chez FAB vers le fichier flux physique, propager les aléas et inscrire les valeurs réelles

Tableau a. 1 : Noms et rôles des procédures dans la plateforme

Annexe 5. Programmation d'un modèle sous Mosel

Le model une fois mis sous forme algébrique, nécessite une implémentation sous forme de code afin d'être traité par les systèmes informatiques.
Le langage MOSEL qui est langage de programmation dans l'outil d'optimisation XPRESS-MP, a été conçu afin d'être le plus proche des notations algébriques.
Pour implémenter un modèle, il est important de noter que lors de la déclaration des variables utilisées, les paramètres indépendants de l'exécution (tels que : les coûts, les valeurs d'horizons,….) ainsi que les paramètres dépendants de l'exécution (la mise à jour des niveaux des stocks, les valeurs des livraisons effectivement parvenues…) *sont à déclarer dans une section indépendante* de la section de déclaration des variables de décisions.

Model «Nom_du_modèle" Utilisation des modules (Xpress, excel, access,…)
Partie déclaration - Paramètres indépendants de l'exécution - Paramètres dépendants de l'exécution
Partie déclaration - Variables de décision
Partie lecture des données du fichier INPUT
Partie implémentation du modèle linéaire - Fonction Objectif - Contraintes du modèle - Contraintes contractuelles
Partie commande optimisation Maximize (profit)
Partie affichage des données résultants dans le fichier OUTPUT

Figure a. 5 : Organisation des déclarations dans MOSEL

Annexe 6. Codes SQL de couplage entre la base de données et le solveur Xpress-MP

Le couplage entre Xpress-MP et le tableur Excel, nécessite des commandes spécifiques en SQL, permettant de lire les données (Input) à partir du tableu et inscrire dans le tableur les résultats de l'optimisation (Output). Le module « mmodbc » permet de reconnaitre les subroutines nécessaires et d'accéder à des données externes à travers ODBC. Trois étapes sont nécessaires, une connexion au fichier de données, l'exécution des tâches programmées et déconnection du fichier de données.

Ci-joint un exemple de commandes SQL tirées de la documentation Dashoptimization fournie par l'éditeur du logiciel).

`SQLconnect, SQLdisconnect:`	Connect to a database / terminate the active connection.
`SQLexecute:`	Execute an SQL command.
`SQLreadinteger, SQLreadreal, SQLreadstring:`	Read an integer or real value, or a string from the database.
`SQLupdate`	Update the selected data with the provided array(s).

```
model "Duo input (2)"
 uses "mmodbc"

 declarations
  A5: array(range,range) of real
 end-declarations

! Use SQL statements to read the data
 SQLconnect('DSN=Excel Files;DBQ=data.xls')
 SQLexecute("select Index_i,Index_j,Value from MyDataTable", A5)
 SQLdisconnect

! Print out the data we have read
 writeln('A5 is: ', A5)

end-model
```

Figure a. 6 : Exemple de codage en SQL

Annexe 7. Données approximatives sur les temps d'exécution d'une simulation pour une instance de planification donnée

Étapes de simulation	*Temps d'exécution approximatif*	*Remarques*
Initialisation des fichiers Input Output OEM PRODU FAB	 3 sec 3 sec 3 sec	 Codes VBA
Paramétrer les données des acteurs, choisir les paramètres contractuels, la période de démarrage de simulation et la période de fin de simulation	60 sec	Commande manuelle
Répartir les paramétrages initiaux (depuis le tableau de paramétrage vers les bases de données des acteurs)	15 sec	Codes VBA
Lancement de la planification chez OEM (Xpress-MP)	1 sec	Codes Mosel
Transmission du plan d'approvisionnement s vers PRODU	10 sec	Codes VBA
Lancement de la planification chez PRODU (Xpress-MP)	1 sec	Codes Mosel
Transmission du plan d'approvisionnement s vers FAB	10 sec	Codes VBA
Lancement de la planification chez FAB (Xpress-MP)	1 sec	Codes Mosel
Mettre à jour le fichier Fluxphysique et propager les effets d'un aléa sur le maillon aval (de FAB vers PRODU)	5 sec	Codes VBA
Mettre à jour le fichier Fluxphysique et propager les effets d'un aléa sur le maillon aval (de PRODU vers OEM)	5 sec	Codes VBA

Tableau a. 2 : Temps approximatif d'une simulation