



# THÈSE

En vue de l'obtention du

## DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE ET DE L'UNIVERSITÉ DE TUNIS

**Délivré par :**

L'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse (INSA Toulouse)  
et l'Institut Supérieur de Gestion de Tunis (ISG Tunis)

**Discipline ou spécialité :**

Informatique et Génie Industriel (INSA Toulouse), Informatique de gestion (ISG de Tunis)

---

**Présentée et soutenue par :**

Omar KALLEL

*Le vendredi 30 mars 2012*

**Titre :**

**L'impact des relations contractuelles entre donneurs d'ordres et sous-traitants sur la performance d'une chaîne logistique équitable**

---

### JURY

<b>Président :</b>	Bernard GRABOT	Professeur à l'École Nationale d'Ingénieurs de Tarbes
<b>Co-directeur :</b>	Lionel DUPONT	Professeur à l'École des Mines d'Albi-Carmaux
<b>Co-directeur :</b>	Khaled GHEDIRA	Professeur à l'Institut Supérieur de Gestion de Tunis
<b>Rapporteur :</b>	Abdelaziz BOURAS	Professeur à l'Université Lumière Lyon II
<b>Rapporteur :</b>	Moncef TAJINA	Professeur à l'École Nationale des Sciences Informatiques(Tunis)
<b>Examineur :</b>	Mekki KSOURI	Professeur à l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis



# Remerciements

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Tout d'abord, je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements et ma gratitude à mes directeurs de thèse, Mr. Khaled GHEDIRA, professeur à l'Institut Supérieur de Gestion (ISG) de Tunis et Mr. Lionel DUPONT, professeur à l'Ecole des Mines d'Albi-Carmaux pour leurs encadrements continus, pour les remarques constructives qu'ils m'ont fournies ainsi que pour leurs précieux conseils durant toute la période de mon travail. En dehors de leurs apports scientifiques, je n'oublierai pas aussi de les remercier pour leurs qualités humaines, leur hospitalité et leur soutien qui m'ont permis de mener à bien ma thèse de doctorat.

Je remercie également Dr Inès BEN JAAFAR qui a activement contribué à l'élaboration de ce travail. La qualité de ses conseils, ses compétences et son soutien dans la réalisation de ce travail m'ont été d'une aide précieuse.

Je n'oublierai pas de remercier Dr Amel BORGHI qui m'a aidé et encouragé dans les premiers pas de ce travail. Je la remercie également pour sa générosité et son amitié.

J'adresse mes remerciements aux membres du jury. Je remercie le professeur Bernard GRABOT qui a présidé ce jury. Je remercie le professeur Moncef TAJINA et le professeur Abdelaziz BOURAS d'avoir accepté d'être rapporteurs et d'avoir consacré du temps à examiner mon travail. Je remercie également le professeur le professeur Mekki KSOURI d'avoir accepté d'être examinateur de ma thèse.

Je tiens particulièrement à remercier mes parents Mustapha et Fatma, et ma femme Molka qui n'ont cessé de m'encourager et de me soutenir afin d'achever ce travail. Je ne pourrais leur exprimer toute ma gratitude et toute ma reconnaissance en quelques mots.

Je remercie également mes beaux parents Khalil et Ynès, et mami Fathia. De même, je remercie mes frères et beaux-frères : Mohamed (et sa femme Cyrine), Ibrahim (ta présence m'a été précieuse 'ya zain'), Refaat (et sa fiancée Emna) et Tasnim (Inchallah plein d'autres voyages).

Je remercie finalement les membres du laboratoire SOIE et les membres du centre génie industriel de l'EMAC. De même, je remercie tous mes amis (en particulier ceux que j'ai côtoyé sur Albi).

Omar KALLEL

# Table des matières

<b>Introduction Générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Chaînes logistiques &amp; Gestion des chaînes logistiques</b>	<b>6</b>
1.1 Introduction . . . . .	7
1.2 Chaînes logistiques . . . . .	7
1.2.1 Historique . . . . .	8
1.2.2 Exemple d'une chaîne logistique . . . . .	9
1.2.3 Définitions d'une chaîne logistique . . . . .	10
1.2.4 Structure de la chaîne logistique . . . . .	11
1.2.5 Les flux d'une chaîne logistique . . . . .	14
1.2.6 Chaîne logistique amont versus chaîne logistique aval . . . . .	16
1.3 La gestion de la chaîne logistique . . . . .	17
1.3.1 Définitions de la gestion des chaînes logistiques . . . . .	17
1.3.2 Les apports de la gestion des chaînes logistiques . . . . .	18
1.3.3 Les niveaux de décisions dans une chaîne logistique . . . . .	19
1.3.4 Processus des chaînes logistiques . . . . .	21
1.3.5 L'offre logicielle . . . . .	23
1.3.6 La coordination dans les chaînes logistiques . . . . .	25
1.4 Conclusion . . . . .	27
<b>2 Contrats &amp; Partage d'informations</b>	<b>28</b>
2.1 Introduction . . . . .	29
2.2 Les relations contractuelles . . . . .	29
2.2.1 Définition . . . . .	31

2.2.2	Enjeux des relations contractuelles . . . . .	31
2.2.3	Modalités des contrats . . . . .	33
2.2.4	Problème du vendeur de journaux . . . . .	39
2.2.5	Transfert financier selon le type de contrat . . . . .	40
2.3	Le partage d'information dans une chaîne logistique . . . . .	43
2.3.1	L'effet coup de fouet . . . . .	44
2.3.2	Les avantages attendus du partage d'information . . . . .	45
2.3.3	Types d'informations partagées . . . . .	48
2.3.4	Obstacles au partage d'information . . . . .	49
2.3.5	Enjeux et stratégies du partage d'information . . . . .	49
2.3.6	Les approches d'évaluation du partage d'information . . . . .	51
2.4	Conclusion . . . . .	52
<b>3</b>	<b>Contrats équitables dans un contexte de partage d'informations complet :</b>	
	<b>Approche analytique</b>	<b>53</b>
3.1	Introduction . . . . .	54
3.2	Relations contractuelles équitables . . . . .	55
3.2.1	Proposition d'une répartition équitable . . . . .	55
3.2.2	Exemple justificatif . . . . .	58
3.2.3	Définitions . . . . .	62
3.2.4	Approches de résolution selon la stratégie de partage d'information . . . . .	62
3.3	Contrat équitable dans une chaîne dyadique avec une demande aléatoire . . . . .	63
3.3.1	Modélisation mathématique . . . . .	64
3.3.2	Résolution analytique : Cas de la loi uniforme . . . . .	68
3.3.3	Résolution analytique : Cas de la loi normale . . . . .	70
3.4	Contrats équitables dans une chaîne convergente : un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants . . . . .	72
3.4.1	Modélisation mathématique . . . . .	73
3.4.2	Résolution analytique . . . . .	74
3.5	Conclusion . . . . .	77

<b>4 Contrats équitables dans un contexte de partage d'informations inexistant :</b>	
<b>Approche multi-agent</b>	<b>78</b>
4.1 Introduction . . . . .	79
4.2 Systèmes multi-agents . . . . .	79
4.2.1 Définitions . . . . .	79
4.2.2 Caractéristiques . . . . .	80
4.2.3 Classification des agents . . . . .	80
4.2.4 Méthodes de coopération . . . . .	81
4.3 Négociation . . . . .	82
4.3.1 Définition . . . . .	83
4.3.2 Approches . . . . .	83
4.3.3 Travaux connexes & positionnement . . . . .	84
4.4 Modèle de négociation multi-agent dans un contexte sans partage d'informations	86
4.4.1 Modélisation mathématique . . . . .	86
4.4.2 Le modèle . . . . .	87
4.4.3 Dynamique de la négociation . . . . .	89
4.5 Conclusion . . . . .	100
<b>5 Contrats équitables dans un contexte de partage partiel d'informations :</b>	
<b>Approche multi-agent</b>	<b>101</b>
5.1 Introduction . . . . .	102
5.2 Négociation multi-agent supervisée . . . . .	102
5.2.1 Le modèle M2 . . . . .	103
5.2.2 La dynamique multi-agent . . . . .	105
5.2.3 Raisonnement flou de l'agent équitable . . . . .	114
5.3 Négociation multi-agent guidée . . . . .	119
5.3.1 Le modèle M3 . . . . .	120
5.3.2 La dynamique multi-agent . . . . .	122
5.3.3 Raisonnement de l'agent équitable . . . . .	129
5.4 Conclusion . . . . .	134

<b>6</b>	<b>Validation expérimentale</b>	<b>136</b>
6.1	Introduction . . . . .	137
6.2	Critères d'évaluation de l'équité . . . . .	137
6.2.1	Le succès de la négociation . . . . .	138
6.2.2	La maximisation de la marge de la chaîne logistique . . . . .	138
6.2.3	Le critère d'équité moyenne(Fairness Average Criterion : FAC) . . . . .	139
6.2.4	Le critère du résultat individuel le moins inéquitable (The least Unfair Criterion : LUC) . . . . .	140
6.3	Implémentation & technologies utilisées . . . . .	140
6.4	Résultats . . . . .	141
6.4.1	Modèle M1 . . . . .	141
6.4.2	Modèle M2 . . . . .	144
6.4.3	Modèle M3 . . . . .	147
6.5	Etude Comparative selon les critères d'évaluation de l'équité . . . . .	149
6.5.1	Succès de la négociation . . . . .	149
6.5.2	Maximisation de la marge globale de la chaîne . . . . .	152
6.5.3	Le critère d'équité moyenne(Fairness Average Criterion : FAC) . . . . .	154
6.5.4	Le critère du résultat individuel le moins inéquitable (The least Unfair Criterion : LUC) . . . . .	155
6.6	Conclusion . . . . .	157
	<b>Conclusion Générale</b>	<b>158</b>
	<b>Bibliographie</b>	<b>163</b>

# Table des figures

0-1	Chaînes logistiques à trois niveaux . . . . .	2
0-2	Plan de lecture de la thèse . . . . .	5
1-1	Chaînes logistiques [Colin, 2003] . . . . .	8
1-2	Exemple d'une chaîne logistique - l'agroalimentaire [Lauras, 2004] . . . . .	10
1-3	Chaîne dyadique . . . . .	11
1-4	Chaîne série . . . . .	12
1-5	Chaîne convergente . . . . .	12
1-6	Chaîne divergente . . . . .	13
1-7	Chaîne réseau . . . . .	13
1-8	Les flux d'une chaîne logistique . . . . .	14
1-9	Les cinq modes de gestion des chaînes logistiques [Hoekstra et Romme, 1992] . . . . .	17
1-10	Les processus des chaînes logistiques [SCOR10.0] . . . . .	22
1-11	Informatisation de la Supply Chain [Raschas et Piekarek, 2001] . . . . .	24
2-1	Entreprises successives d'une Supply Chain [Gomez-Padilla, 2005] . . . . .	30
2-2	Typologie des contrats [Gomez-Padilla, 2005] . . . . .	34
3-1	Entreprise (C) avec un centre de production et un centre de distribution . . . . .	55
3-2	Division du travail sur 2 entreprises : un sous-traitant et un donneur d'ordres . . . . .	57
3-3	Evaluation des méthodes de calcul des taux de répartition . . . . .	61
3-4	Fonction des coûts fixes $FST(CN)$ . . . . .	66
3-5	Chaîne logistique convergente : Un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants . . . . .	73
4-1	Les concepts d'agents et leurs caractéristiques . . . . .	80

4-2	Modèle multi-agent[Kallel et al., 2008a]	87
4-3	Dynamique de négociation	90
4-4	STi.proposer1()	93
4-5	DO.proposer1()	95
4-6	STi.proposer()	96
4-7	DO.proposer()	98
5-1	Architecture multi-agent : M2	103
5-2	Dynamique multi-agent du modèle M2	106
5-3	Diagramme d'activités de l'étape 4 - M2	109
5-4	Diagramme d'activités de l'étape 5 - M2	111
5-5	Entrées et sorties de l'agent équitable	114
5-6	Evaluation d'une proposition	116
5-7	Stade de la négociation	116
5-8	Architecture multi-agent : M3	120
5-9	Dynamique multi-agent du modèle M3	123
5-10	Diagramme d'activités de l'étape 4 - M3	126
5-11	Diagramme d'activités de l'étape 5 - M3	127
5-12	Entrées et sorties de l'agent équitable (M3)	130
5-13	Evaluation de l'équité	131
5-14	Stade de la négociation	132
6-1	Succès de la négociation pour le modèle M1	150
6-2	Succès de la négociation pour le modèle M2	150
6-3	Succès de la négociation pour le modèle M3	151
6-4	Etude comparative du succès selon les différents modèles	152
6-5	Maximisation de la marge globale	153
6-6	Comparaison du critère d'équité moyenne sur quelques instances	154
6-7	Comparaison moyenne du critère d'équité moyenne	155
6-8	Comparaison du critère du résultat individuel le moins inéquitable sur quelques instances	156
6-9	Comparaison moyenne du critère du résultat individuel le moins inéquitable	156

# Liste des tableaux

3.1	Coûts du donneur d'ordres et du sous-traitant . . . . .	58
3.2	Capacités et coûts des sous-traitants . . . . .	76
3.3	Répartition de la demande selon un ordre croissant des coûts variables . . . . .	76
4.1	Variables utilisées dans les algorithmes . . . . .	91
4.2	fonctions utilisées dans les algorithmes . . . . .	91
5.1	Base des règles de l'agent équitable du modèle M2 . . . . .	117
5.2	Base des règles de l'agent équitable du modèle M3 . . . . .	134
6.1	Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 2 sous-traitants . . . . .	142
6.2	Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 3 sous-traitants . . . . .	143
6.3	Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 4 sous-traitants . . . . .	143
6.4	Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 5 sous-traitants . . . . .	144
6.5	Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 2 sous-traitants . . . . .	145
6.6	Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 3 sous-traitants . . . . .	145
6.7	Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 4 sous-traitants . . . . .	146
6.8	Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 5 sous-traitants . . . . .	146
6.9	Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 2 sous-traitants . . . . .	147
6.10	Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 3 sous-traitants . . . . .	148
6.11	Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 4 sous-traitants . . . . .	148
6.12	Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 5 sous-traitants . . . . .	149
6.13	Résultats de la maximisation de la marge globale selon les modèles multi-agents .	153

# Introduction Générale

Durant les cinq dernières décennies, nous avons assisté à une profonde mutation des stratégies d'entreprise. Cette mutation est principalement due au renversement du rapport entre l'offre et la demande, à la globalisation des marchés économiques et aux mutations techniques et technologiques. Cette évolution a obligé les entreprises à passer d'une politique peu collaborative à une politique où les entreprises créent de plus en plus de partenariats. Ces partenariats ont donné lieu à des réseaux d'entreprises appelés chaînes logistiques. Désormais, la chaîne logistique est la priorité stratégique des entreprises industrielles et commerciales. Elle recouvre l'ensemble des flux physiques, financiers et informationnels permettant à l'entreprise de satisfaire les besoins de ses clients.

Le concept de chaînes logistiques, considéré comme un levier stratégique, implique un effort de tous les acteurs du réseau dans le but d'avoir une meilleure rentabilité de la chaîne et celle de ses acteurs. Pour y arriver, les entreprises d'une même chaîne logistique collaborent dans le but d'instaurer des relations de partenariat durables. Ces relations sont généralement concrétisées par des contrats déterminant les modalités d'échanges physiques, financiers et éventuellement informationnels.

Dans ce cadre, nous nous intéressons dans cette thèse à des chaînes logistiques à trois niveaux (Figure 0.1).

Le niveau un est formé par un ensemble d'entreprises de production. Ces entreprises ont des structures relativement proches (petits producteurs, PME/PMI de façonnage ou de sous-traitance, etc.).

Le niveau deux est constitué d'une seule entreprise de distribution qui achète tout ou partie des productions du niveau un (central d'achat, gros donneur d'ordres, etc.)

Le niveau trois représente le marché qui génère une demande (déterministe ou suivant une loi de probabilité estimée).

Pour répondre à la demande, le donneur d'ordres (niveau 2) passe ses commandes chez les sous-traitants (niveau 1). Ainsi, des relations contractuelles doivent être instaurées entre le donneur d'ordres et les sous-traitants. Nous nous plaçons dans une logique de commerce équitable.

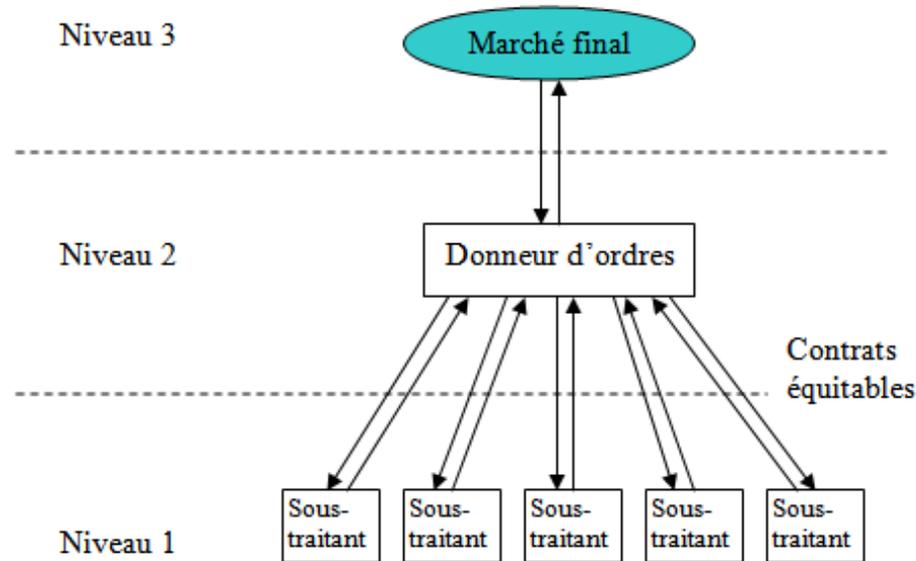


FIG. 0-1 – Chaînes logistiques à trois niveaux

Le principe du commerce équitable est d'établir des relations commerciales plus justes où la répartition des gains se fait de façon plus équitable. Le Velly [2006] parle de l'injustice du commerce conventionnel et la nécessité d'agir selon une rationalité matérielle. La rationalisation matérielle des relations commerciales passe aussi par l'instauration d'un partenariat durable.

Ainsi, nous nous intéressons à des relations contractuelles que nous appelons équitables. Nous définissons un contrat équitable comme une relation de partenariat durable qui spécifie les modalités d'échanges physiques, financiers et éventuellement informationnels de façon à garantir la juste rémunération à chaque partie contractante [Kallel et al., 2008a] [Kallel et al., 2008b]. Dans ce contexte, notre problématique concerne la mise en place de relations contractuelles équitables du type prix de gros. Le contrat prix de gros stipule qu'un prix est défini préalablement

et ne changera pas sur la durée du contrat quelque soit la quantité commandée [Cachon, 2003]. Plus précisément, nous nous intéressons aux échanges à instaurer entre les entreprises du niveau un (sous-traitants) et l'entreprise du niveau deux (donneur d'ordres) de façon à garantir l'équité. Ces échanges portent sur les flux physiques et financiers, mais incluent également les échanges informationnels. Les flux physiques représentent les quantités de produits échangés et les flux financiers représentent les transferts monétaires. Les échanges informationnels restent toutefois ambigus. En effet, la stratégie de partage d'information existante influe grandement sur les prises de décisions, ce qui peut affecter la performance de la chaîne traitée et celle de ses acteurs. De même, elle influe sur la manière de résoudre le problème.

Le plan de cette thèse sera le suivant (figure 0.2) :

Dans une première partie, nous présentons les concepts utilisés, l'état de l'art et nous positionnons nos travaux. Cette partie comporte les deux premiers chapitres.

Le premier chapitre présentera les concepts de chaîne logistique et de gestion de chaînes logistiques.

Le deuxième chapitre présentera les relations contractuelles et le partage d'information dans une chaîne logistique. Nous positionnons également nos travaux par rapport aux travaux existants.

Dans une deuxième partie, nous proposons une définition d'un contrat équitable. Nous proposons également une approche permettant de répartir les bénéfices de manière à établir un contrat équitable. Nous appliquons cette approche sur deux types de chaînes :

1. Dans un premier lieu, nous nous plaçons dans le cas d'une chaîne dyadique où il existe une seule entreprise de production. Dans ce cas, le problème peut être résolu de manière analytique, que la demande soit déterministe ou aléatoire.
2. Dans un deuxième lieu, nous nous plaçons dans le cas général de plusieurs entreprises de production. Dans ce cas, une résolution analytique est présentée dans un contexte de partage total d'information.

Cette partie sera présentée dans le troisième chapitre.

Dans une troisième partie, nous reprenons le cas général de plusieurs entreprises de production. Le problème se pose de manière différente selon le partage d'information existant. Dans

le cas d'un partage inexistant ou partiel, nous optons pour une approche multi-agent. Cette approche se justifie par :

- Le contexte de partage d'information : une résolution centralisée nécessite une connaissance totale des informations. D'où le besoin d'une approche distribuée.
- Le problème est fonctionnellement distribué : chaque acteur de la chaîne essaie d'optimiser sa propre fonction profit.
- La performance de la chaîne, d'un point de vue équité, résulte des comportements individuels des membres de la chaîne et de leurs interactions.
- Les caractéristiques communes entre les chaînes logistiques et les systèmes multi-agents : l'autonomie, la distribution, la communication, la coopération, etc.

Ainsi, nous présentons dans le quatrième chapitre un modèle multi-agent dans un contexte de partage d'information inexistant [Kallel et al., 2008b]. Ce modèle est une reproduction réelle de la chaîne. Chaque acteur de la chaîne est représenté par un agent négociateur (un agent donneur d'ordres et plusieurs agents sous-traitants). Une dynamique de négociation inspirée du contract-net réitéré est mise en place entre les agents afin d'établir des contrats prix de gros.

Dans le cinquième chapitre, nous présentons deux modèles multi-agents [Kallel et al., 2010a] [Kallel et al., 2011] dans le contexte de partage partiel d'information. Ces modèles intègrent en plus des agents négociateurs un agent équitable. Dans le premier modèle, cet agent aura le rôle d'un conseiller. Dans le deuxième modèle, il aura le rôle d'un dirigeant. L'objectif est d'arriver à établir des relations contractuelles de type prix de gros le plus proche de l'équitable.

Dans une quatrième partie, nous proposons des critères permettant d'évaluer les relations contractuelles équitables [Kallel et al., 2010b]. Par la suite, nous présentons les résultats expérimentaux des différents modèles multi-agent et une comparaison des résultats (analytique et multi-agent) selon les stratégies de partage d'information. Cette partie fera l'objet du sixième chapitre.

Ce manuscrit sera clôturé par nos conclusions et nos perspectives qui présenteront le bilan des différents travaux et contributions réalisés ainsi que les futurs travaux.

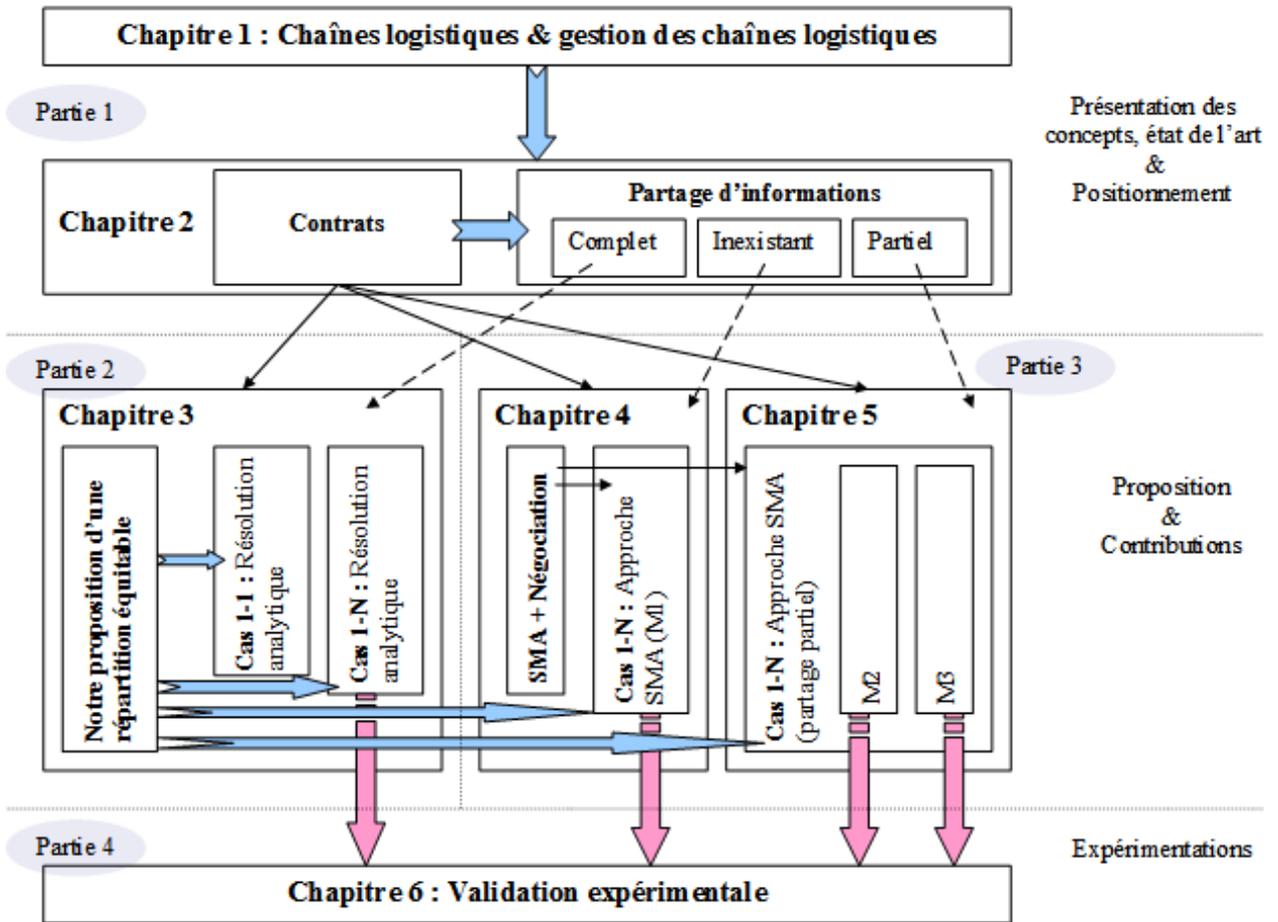


FIG. 0-2 – Plan de lecture de la thèse

# Chapitre 1

## Chaînes logistiques & Gestion des chaînes logistiques

### Sommaire

---

<b>1.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>7</b>
<b>1.2</b>	<b>Chaînes logistiques</b>	<b>7</b>
1.2.1	Historique	8
1.2.2	Exemple d'une chaîne logistique	9
1.2.3	Définitions d'une chaîne logistique	10
1.2.4	Structure de la chaîne logistique	11
1.2.5	Les flux d'une chaîne logistique	14
1.2.6	Chaîne logistique amont versus chaîne logistique aval	16
<b>1.3</b>	<b>La gestion de la chaîne logistique</b>	<b>17</b>
1.3.1	Définitions de la gestion des chaînes logistiques	17
1.3.2	Les apports de la gestion des chaînes logistiques	18
1.3.3	Les niveaux de décisions dans une chaîne logistique	19
1.3.4	Processus des chaînes logistiques	21
1.3.5	L'offre logicielle	23
1.3.6	La coordination dans les chaînes logistiques	25
<b>1.4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>27</b>

---

## 1.1 Introduction

Au fil des décennies, le marché économique a subi d'importants changements ce qui a nécessité la révision permanente des modes de gestion utilisés afin de permettre aux entreprises d'être compétitives face à ces changements considérables. En effet, à une époque où l'offre était inférieure à la demande, les entreprises avaient pour principal objectif de produire en masse dans le but de réduire le coût de production unitaire. Avec le renforcement de la concurrence et le changement du rapport offre demande, on a réalisé l'importance des critères coût, qualité, innovation et délai de livraison. Désormais, les entreprises se recentrent de plus en plus sur leur coeur d'activité tout en déléguant une partie de leur processus de travail à des prestataires spécialisés. De ce fait, des réseaux logistiques se sont créés et nous parlons désormais de chaînes logistiques. Ainsi, dans le contexte économique actuel, la concurrence n'est plus entre des entreprises individuelles mais entre des chaînes logistiques.

C'est dans cette optique que s'inscrivent nos travaux. De ce fait, ce premier chapitre sera consacré à la présentation des chaînes logistiques et la gestion des chaînes logistiques.

## 1.2 Chaînes logistiques

Une chaîne logistique représente un ensemble d'acteurs, où chacun est à la fois le client de l'acteur amont et le fournisseur de l'acteur aval, qui interagissent et enchaînent un certain nombre de processus de façon cohérente [Dupont, 2003]. Ainsi, le bien et/ou service proposé au consommateur final est le produit d'une collaboration entre entreprises indépendantes formant ensemble une chaîne logistique (Figure 1.1.).

Ce concept, considéré comme un levier stratégique, implique un effort de tous les acteurs du réseau logistique dans le but d'avoir une meilleure rentabilité de la chaîne et en conséquence de celle de ses acteurs. Ainsi, des liens de coopération forts doivent être instaurés entre deux entreprises successives d'une même chaîne logistique afin d'assurer une relation "gagnant-gagnant". Pour y arriver, les entreprises communiquent, coopèrent et négocient dans le but d'établir des relations de partenariat durables. Ces relations sont généralement concrétisées par des engagements contractuels déterminant les modalités d'échanges physiques, financiers et informationnels [Kallel et al., 2008a].

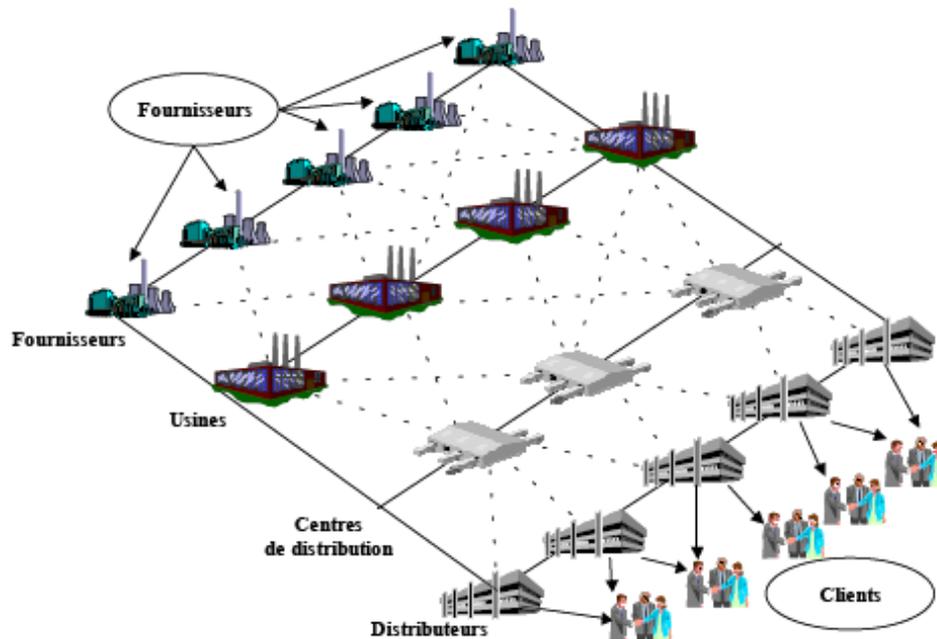


FIG. 1-1 – Chaînes logistiques [Colin, 2003]

Dans cette section, nous présentons l'évolution des modes de gestion vers les chaînes logistiques. Un exemple illustratif est mis en évidence avant de présenter deux définitions différentes du concept. Nous présentons aussi dans cette section les structures que peut avoir une chaîne logistique, les différents types de flux pouvant circuler entre les acteurs d'une chaîne et enfin, les côtés amont et aval d'une chaîne logistique.

### 1.2.1 Historique

Dans [Tan, 2001], les auteurs présentent l'évolution historique vers la gestion des chaînes logistiques (ou Supply chain management). Ils dégagent les principales phases suivantes :

#### Années 50 et 60

Dans un marché où l'offre était toujours satisfaite puisqu'elle était inférieure à la demande, la stratégie des entreprises était de minimiser les coûts de production. Ainsi, les producteurs avaient tendance à produire en masse dans le but de réduire le coût de production unitaire sans pour autant se préoccuper de la qualité du produit et de l'innovation.

## **Années 70**

Le Manufacturing Ressource Planning (appelé aussi Calcul des Besoins Nets) a été introduit. Il représente une méthode de planification de l'ensemble des ressources d'une entreprise. De plus, les gestionnaires ont réalisé l'importance des en-cours et leurs impacts sur le coût, la qualité, l'innovation et le délai de livraison. Ces critères ont été considérés comme les quatre murs "four walls" d'une entreprise.

## **Années 80**

A cette époque, la concurrence s'est renforcée, ce qui a obligé les entreprises à offrir des coûts plus bas avec une meilleure qualité et une plus grande flexibilité. De plus, le concept Juste à Temps (Just In Time), qui consiste à répondre à la demande au moment où elle se présente, a vu le jour. Par la suite, on a commencé à réaliser l'importance d'établir des partenariats entre fournisseurs et clients. Et c'est de cette idée que le concept de Supply Chain Management a émergé.

## **Depuis les années 90**

Les entreprises ont commencé à appliquer le concept de Supply Chain Management en créant des partenariats avec leurs fournisseurs et leurs clients. Des recherches académiques et professionnelles récentes ont montré la plus value de cette théorie. Cependant, le marché actuel présente encore des entreprises qui n'ont pas adapté ce mode de gestion.

### **1.2.2 Exemple d'une chaîne logistique**

Pour illustrer le concept de chaîne logistique, nous pouvons prendre l'exemple d'une industrie agroalimentaire (Figure 1.2.). Leur chaîne logistique [Lauras, 2004] fait intervenir de nombreux acteurs, à commencer par les fournisseurs de toutes les structures agricoles (engrais, semences, matériels, pesticides), les exploitants agricoles eux-mêmes (individuels ou collectifs), les entreprises de transformation des produits (grands groupes internationaux, producteurs locaux, etc.), le circuit de distribution (grossistes, grande distribution, etc.) et bien sûr le consommateur. A chaque stade interviennent également des sociétés de transport et de stockage.

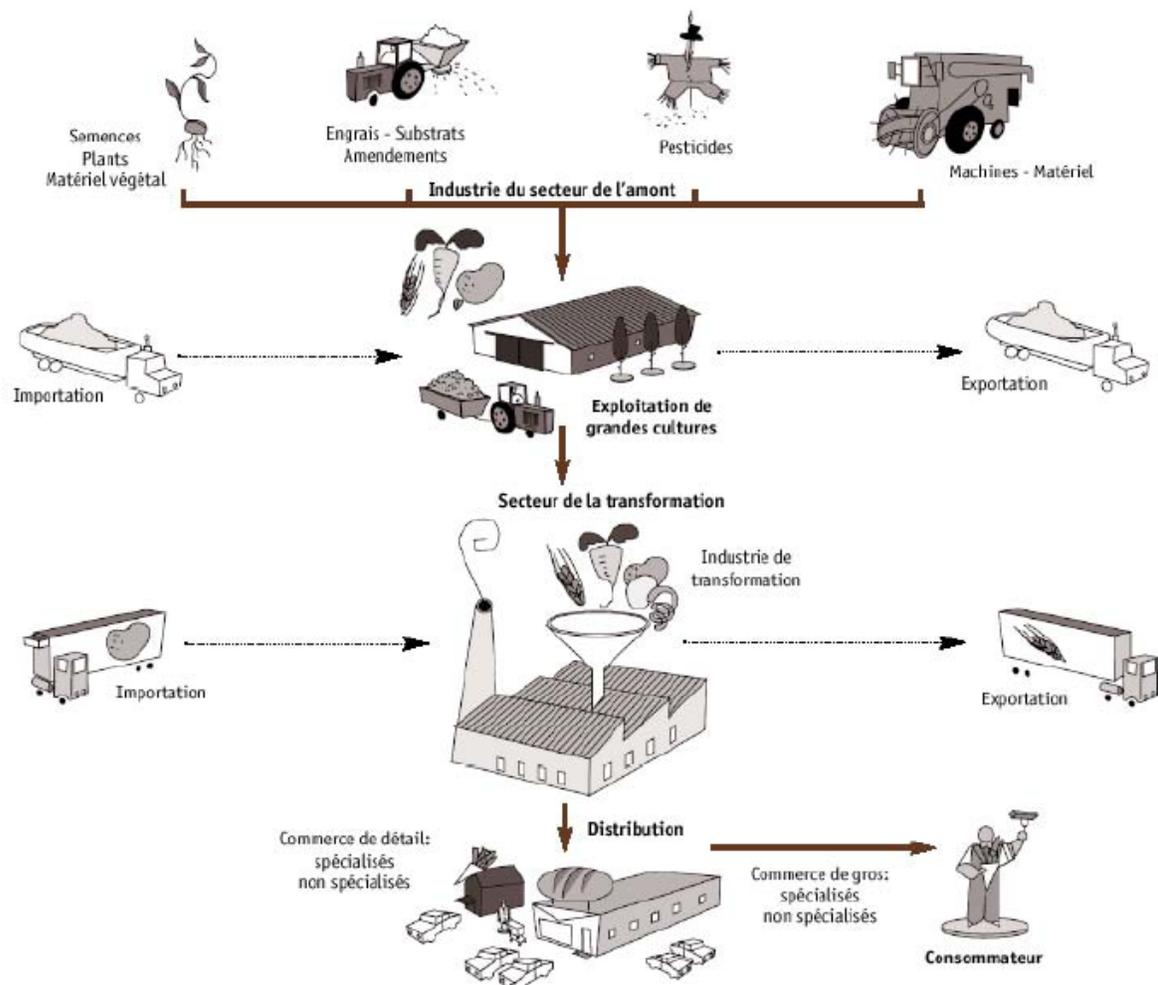


FIG. 1-2 – Exemple d’une chaîne logistique - l’agroalimentaire [Lauras, 2004]

Ce sont de très nombreuses interactions qui constituent cette chaîne logistique. Elles sont encore plus nombreuses, si nous considérons l’ensemble des filières de production possibles (pain, conserves, confiseries, etc.).

### 1.2.3 Définitions d’une chaîne logistique

Dans cette partie, nous définissons le concept de chaîne logistique ou Supply Chain. Plusieurs définitions existent dans la littérature et elles s’accordent toutes sur la finalité d’une chaîne logistique. Cependant, Thierry et Bel [2002] distinguent deux approches : celles qui définissent la chaîne logistique d’un produit et celles qui définissent la chaîne logistique d’une entreprise.

## Chaîne logistique d'un produit

"La chaîne logistique d'un produit fini se définit comme l'ensemble des entreprises qui interviennent dans les processus de fabrication, de distribution et de vente du produit, du premier des fournisseurs au client ultime" [Rota, 1998].

## Chaîne logistique d'une entreprise

"La chaîne logistique peut être considérée comme le réseau d'entreprises qui participent, en amont et en aval, aux différents processus et activités qui créent de la valeur sous forme de produits et de services apportés au consommateur final. En d'autres termes, une chaîne logistique est composée de plusieurs entreprises, en amont (fourniture de matières et composants) et en aval (distribution), et du client final" [Christopher, 1992].

### 1.2.4 Structure de la chaîne logistique

Dans l'étude des chaînes logistiques, il est impératif d'identifier et de caractériser les acteurs qui interagissent et coopèrent ensemble afin de constituer une chaîne logistique. Cet ensemble d'entreprises peut varier selon la chaîne étudiée. Croom et al [2000] identifient trois types de structures : dyadique, chaîne, réseau. Huang et al [2003] décomposent plus précisément ces structures en : série, divergente, dyadique, convergente et réseau. Dans cette section, nous présentons les différents types de structures d'une chaîne logistique [Huang et al., 2003][Mahmoudi, 2006].

#### Dyadique

Dans ce niveau, nous considérons deux entreprises, typiquement : un donneur d'ordre et un sous-traitant (Figure 1.3.), ou un fournisseur et un détaillant. Cette liaison dyadique constitue la liaison de base dans la chaîne logistique.

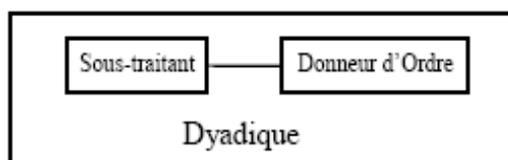


FIG. 1-3 – Chaîne dyadique

## Série

Dans une structure en série (Figure 1.4.), nous considérons une succession de structures dyadiques constituant ensemble une chaîne logistique. Croom et al. [2000] appelle ce type de structure chaîne et considère la chaîne comme un ensemble d'agents liés verticalement. Exp. : un fournisseur et un client, le fournisseur du fournisseur et le client du client.

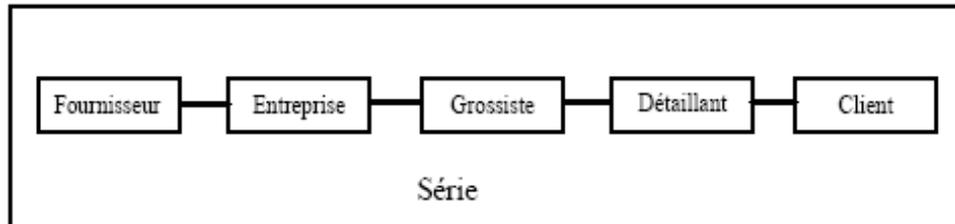


FIG. 1-4 – Chaîne série

## Convergente

Dans une structure convergente (Figure 1.5.), nous considérons une chaîne constituée d'un ensemble d'entreprises qui forment un réseau d'approvisionnement. Nous trouvons ce type de structure principalement dans le domaine manufacturier où une entreprise reçoit des pièces de diverses provenances.

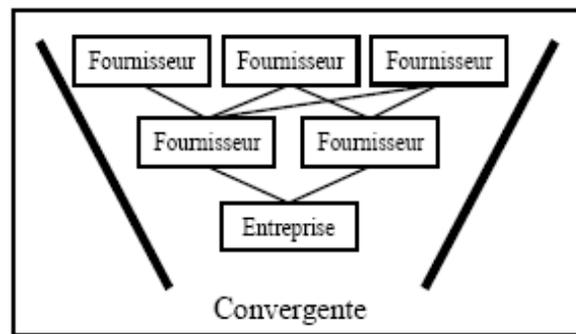


FIG. 1-5 – Chaîne convergente

## Divergente

Dans une structure divergente (Figure 1.6.), nous considérons une chaîne constituée d'un ensemble d'entreprises qui forment un réseau de distribution. Ce type de structure est adéquat

au fonctionnement des entreprises qui choisissent souvent de faire un positionnement des stocks dans des centres de distributions et un éclatement ensuite vers des détaillants ayant une capacité de stockage limitée.

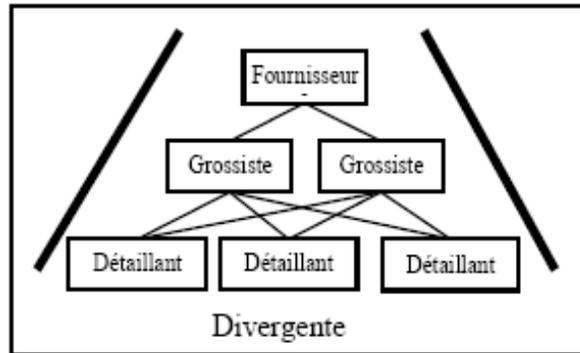


FIG. 1-6 – Chaîne divergente

## Réseau

Dans ce type de structure (Figure 1.7.), nous considérons des chaînes logistiques plus étendues et plus complexes. En effet, ce type de structure considère à la fois l'aspect approvisionnement et l'aspect distribution. De ce fait, le nombre d'acteurs impliqués est plus grand et la chaîne logistique considérée est plus étendue et plus complexe.

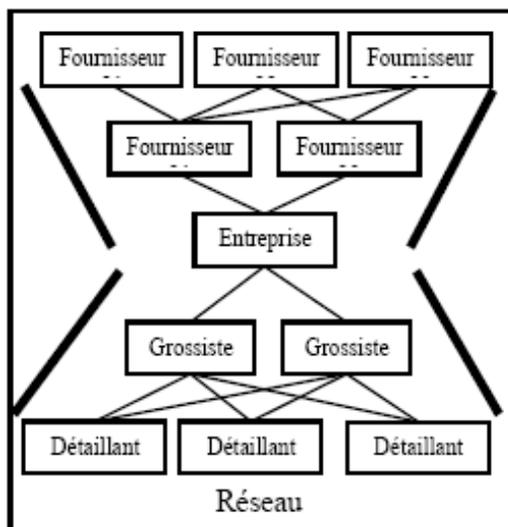


FIG. 1-7 – Chaîne réseau

## 1.2.5 Les flux d'une chaîne logistique

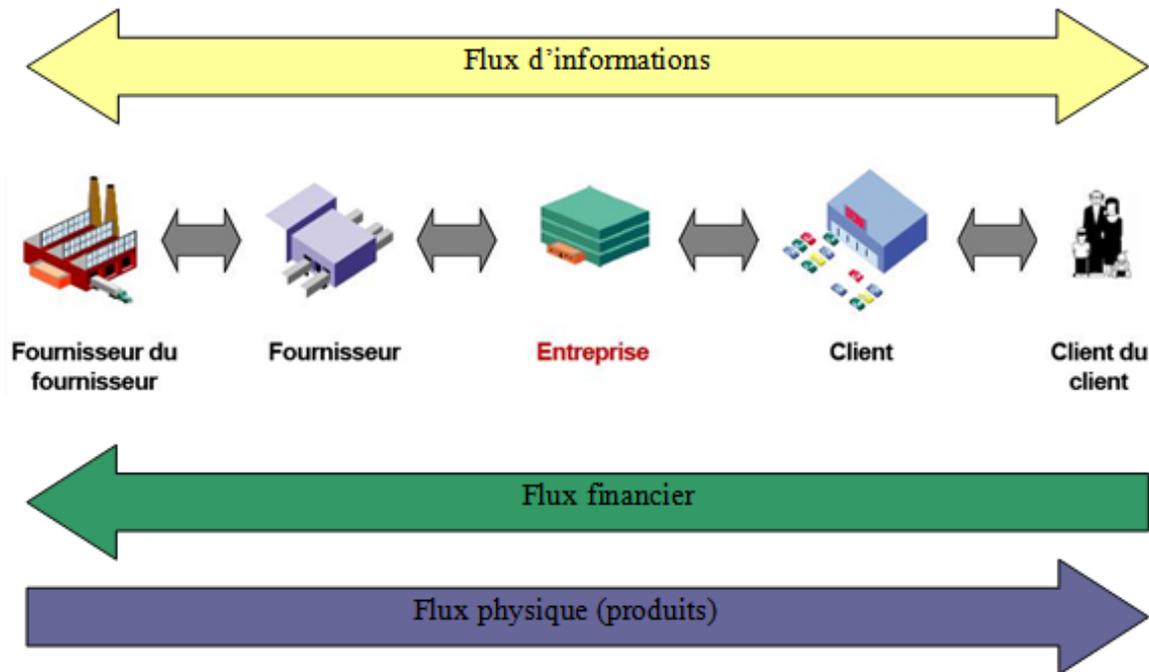


FIG. 1-8 – Les flux d'une chaîne logistique

Trois catégories de flux circulent entre les acteurs d'une chaîne logistique (Figure 1.8.) : flux d'informations, flux physiques et flux financiers. Ces flux font généralement l'objet d'un contrat de partenariat stipulant les droits et les obligations de chaque partie contractante [François, 2007]. En effet, un contrat définit la relation de partenariat entre deux entreprises successives d'une chaîne logistique, précisant la nature des différents flux et les modalités de livraison qui doivent être échangés entre les partenaires. Les contrats seront présentés avec plus de détails dans le deuxième chapitre.

### Les flux informationnels

Avant l'apparition des chaînes logistiques, l'échange informationnel était quasi inexistant entre les entreprises participant à un même réseau de fabrication d'un produit ou d'un service. Le concept de chaîne logistique implique une collaboration étroite entre les acteurs d'un même réseau d'entreprises. Cette collaboration ne se manifeste pas uniquement par l'échange de produits ou d'argent mais également par l'échange d'informations telles que : le niveau de stock,

la demande, le délai d'approvisionnement, la variance du délai, le délai de livraison, etc. Cet échange permet aux diverses acteurs de la chaîne d'optimiser leur processus de travail en terme de temps, coût et qualité. Par exemple, une connaissance même prévisionnelle sur la demande permet de réduire certains coûts de stocks et de gagner en délai de livraison.

Le flux d'information est de plus en plus rapide grâce aux progrès des TIC [François, 2007]. Par contre, le besoin de confidentialité et le sentiment d'insécurité quant à l'échange même des informations (divulgaration ou utilisation frauduleuse) et aux informations échangées (erronées ou périmées) est une contrainte quant au développement des flux informationnels entre les acteurs de la chaîne logistique.

### **Les flux physiques**

Le flux physique est constitué par le mouvement des marchandises transportées et transformées depuis les matières premières jusqu'aux produits finis en passant par les divers stades de produits semi-finis. Il justifie l'organisation d'un réseau logistique, c'est-à-dire les différents sites avec leurs ressources de production, les moyens de transports pour relier ces sites et les espaces de stockage nécessaires pour pallier les aléas. En bref, l'écoulement du flux physique résulte de la mise en oeuvre des diverses activités de manutention et de transformation des produits quel que soit leur état. Le flux physique est généralement considéré comme étant le plus lent des trois flux [François, 2007].

### **Les flux financiers**

Le flux financier concerne toute la gestion budgétaire des entreprises : ventes des produits, achats de composants ou de matières premières, mais aussi des outils de production, de divers équipements, de la location d'entrepôts, du salaire des employés, etc. Le flux financier est généralement géré de façon centralisée dans l'entreprise dans le service financier ou comptabilité, en liaison toutefois avec la fonction production par les services achats et le service commercial. Sur le long terme, il correspond aussi aux investissements lourds tels que la construction de nouveaux bâtiments et de lignes de fabrication. Encore s'agit-il d'échanges avec des organismes bancaires extérieurs au réseau d'entreprises [François, 2007].

### 1.2.6 Chaîne logistique amont versus chaîne logistique aval

Dans la littérature, les chaînes logistiques ont quelques autres qualifications [Humez, 2008].

Nous parlons par exemple de chaîne de valeur pour insister sur le fait que l'objectif d'une chaîne logistique est de maximiser la valeur totale générée à chaque maillon de la chaîne. Gérer une chaîne logistique revient donc à gérer une chaîne de valeur et l'accent est mis sur la valeur ajoutée des processus [Jansson et al., 2001].

Le terme order-delivery chain existe aussi. Il met l'accent sur les processus de la chaîne mis en oeuvre depuis la commande jusqu'à la livraison [Jahnukainen et al., 1996].

Le terme Demand-Supply Chain, utilisé par [Hoover et al., 2001], met en avant la conduite de la chaîne par le client et non par le fournisseur. Ce terme regroupe d'un côté la Demand Chain et de l'autre la Supply Chain. Ainsi, la chaîne logistique peut être considérée de manière fragmentée, avec une partie amont et une partie aval séparées par ce qui est communément appelé le point de découplage.

Le point de découplage est le point de démarcation entre d'un côté la Demand Chain (partie de la chaîne logistique basée sur la commande client) et de l'autre côté la Supply Chain (partie basée sur la planification). Selon la position du point de découplage dans la chaîne, nous distinguons les 5 stratégies classiques (Figure 1.9.) [Hoekstra et Romme, 1992].

La partie aval de la chaîne logistique constitue la Demand Chain (DC). Elle est définie par [Hoover et al., 2001] comme la chaîne d'activités qui communique la demande depuis le marché jusqu'au fournisseur. Ce réseau complexe aide les entreprises à comprendre, gérer et finalement à créer la demande du consommateur [Langabeer et Rose, 2001]. Le concept de DC inclut pleinement le consommateur final [Fouin, 2008].

Partant de cette définition, la Supply Chain (SC), qui constitue la partie amont, englobe toutes les activités impliquées dans l'exécution de la demande en fournissant le produit et/ou le service sur le marché [Humez, 2008].

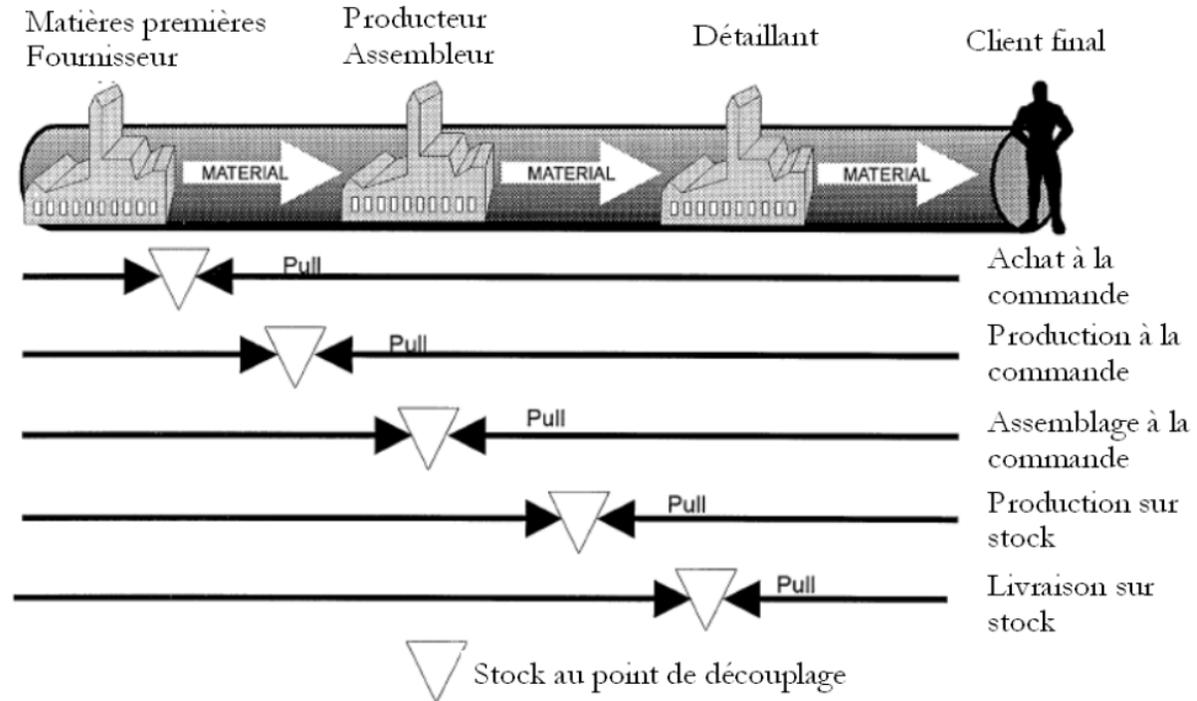


FIG. 1-9 – Les cinq modes de gestion des chaînes logistiques [Hoekstra et Romme, 1992]

### 1.3 La gestion de la chaîne logistique

La gestion des chaînes logistique est apparue en 1982 [Cooper et al., 1997]. La gestion des chaînes logistiques vise à améliorer la gestion des différents flux physiques, informationnels et financiers au sein des membres d'une même chaîne.

Dans cette section, nous présentons quelques définitions de la gestion des chaînes logistiques, ses apports, ses niveaux de décisions et ses processus. Nous présentons également l'offre logicielle, et enfin, les techniques utilisées pour assurer une coordination de la gestion des chaînes logistiques.

#### 1.3.1 Définitions de la gestion des chaînes logistiques

Plusieurs définitions existent dans la littérature ;

Selon Cooper et Ellram [1993], la gestion de la chaîne logistique est "une philosophie intégrative pour gérer le flux total d'un réseau de distribution du fournisseur au client final, la

coordination plus grande de processus et des activités commerciales, à travers le réseau entier et non seulement entre quelques partenaire de réseau".

Selon Tixier et al [1996], "la gestion de la chaîne logistique est l'ensemble des activités ayant pour but la mise en place, au meilleur coût, d'une quantité de produits, à l'endroit et au moment où la demande existe. Elle concerne donc toutes les opérations déterminant le mouvement des produits, telles que la localisation des usines et entrepôts, l'approvisionnement, la gestion physique des encours de fabrication, l'emballage, le stockage et la gestion des stocks, la manutention et préparation des commandes, les transports et tournées de livraisons".

Stadtler [2000] définit la gestion de la chaîne logistique comme "la tâche d'intégration des unités organisationnelles au long d'une chaîne logistique et de coordination des flux physique, d'information et financiers pour satisfaire des demandes clients dans le but d'avoir une compétitivité améliorée dans l'ensemble d'une chaîne logistique".

Selon le [CSCMP, 2011] "La gestion de la chaîne logistique englobe la planification et la gestion de toutes les activités impliquées dans l'approvisionnement, la conversion, et toutes les activités de la gestion de la logistique. Surtout, il comprend également la coordination et la collaboration avec des partenaires, qui peuvent être des fournisseurs, intermédiaires, fournisseurs de services tiers, et des clients. En substance, la gestion de la chaîne logistique (supply chain management) intègre la gestion de l'offre et la demande au sein et entre les entreprises".

Toutes ces définitions s'accordent sur l'intégration des processus des différentes entreprises participant ensemble à la création d'un bien ou d'un service afin d'assurer une meilleure offre avec un moindre coût dans le but de mieux satisfaire à la fois les demandeurs (clients) et les offrants (entreprises). Oliver et Webber [1982] discutent des avantages potentiels de l'intégration des approvisionnements, de la fabrication et de la distribution.

### **1.3.2 Les apports de la gestion des chaînes logistiques**

De nombreux travaux montrent les apports d'une gestion efficace des chaînes logistiques. Nous pouvons identifier [Taratynava, 2009] :

- Des apports sur la coordination

Le fait d'appartenir à une chaîne logistique permet à une entreprise d'avoir une relation plus proche de ses partenaires [Cooper et Ellram, 1993] [Guinipero et Brand, 1996]. Ceci conduit à une meilleure coordination des processus d'approvisionnement, de fabrication et de distribution. Cette coordination assure un partage des informations, des compétences et des risques.

- Des apports financiers

Une gestion efficace de la chaîne logistique permet des améliorations significatives au niveau financier. En effet, sans avoir recours à des licenciements ou à une diminution de l'efficacité, la gestion d'une chaîne logistique permet une réduction des coûts [Guinipero et Brand, 1996] [Harrington, 1999] comme les coûts de stockage, de gestion, d'administration et d'autres. Cette réduction des coûts permet de donner aux entreprises un avantage concurrentiel [Harrington, 1999] et d'améliorer leurs marges bénéficiaires [Alber et Walker, 1997].

- Des apports opérationnels

Les apports opérationnels au niveau d'une chaîne logistique sont divers. Une meilleure gestion des stocks : [Guinipero et Brand, 1996] [Harrington, 1999] [Higginson et Alam, 1997] constatent une réduction des niveaux de stock. [Alber et Walker, 1997] [Cooper et Ellram, 1993] observent une amélioration de la rotation des stocks ce qui diminue les ruptures de stock. [Guinipero et Brand, 1996] constatent une amélioration de la productivité opérationnelle. Un temps de cycle plus court est observé [Alber et Walker, 1997] [Cooper et Ellram, 1993].

- Des apports sur le service clientèle

Augmenter la satisfaction des clients finaux est un des objectifs et des apports de la bonne gestion d'une chaîne logistique [Alber et Walker, 1997]. En effet, la réduction des coûts et le partage des compétences et des informations permettent de proposer un produit de qualité meilleure avec un moindre coût. De plus, la gestion d'une chaîne logistique apporte une fiabilité des livraisons, un meilleur service après-vente et une rapidité de réaction aux changements [Higginson et Alam, 1997].

### **1.3.3 Les niveaux de décisions dans une chaîne logistique**

Les problématiques traitées dans la gestion des chaînes logistiques concernent généralement trois niveaux de décisions : le niveau stratégique, le niveau tactique et le niveau opérationnel.

Chacun de ces niveaux est lié à un aspect temporel différent. En effet, le niveau stratégique concerne les décisions qui sont prises sur le long terme. Le niveau tactique concerne les décisions qui sont prises pour le moyen terme. Le niveau opérationnel concerne les décisions qui sont prises sur le court terme.

### **Le niveau stratégique**

Le niveau stratégique appelé aussi Strategic Management par [Croom et al., 2000] regroupe toutes les décisions qui portent sur le long terme pouvant aller de six mois à plusieurs années. Dans ce niveau, il s'agit de déterminer les orientations stratégiques que va adopter la chaîne logistique sur plusieurs années. Ces orientations peuvent être sujettes à des révisions pour réagir face aux changements des tendances et aux aléas du marché.

Selon [Pirard, 2005], les problématiques stratégiques de la gestion des chaînes logistiques peuvent être classifiées en 3 catégories :

- La (re-) configuration des chaînes logistiques

Ce type de problèmes met l'accent sur la structure de la chaîne logistique à adopter dans le but d'atteindre des avantages concurrentiels. Les problématiques traitées peuvent concerner les localisations des installations, le choix des politiques de dimensionnement des capacités, le choix des politiques d'approvisionnement et de distribution dans la chaîne.

- Les types de relations entre donneurs d'ordre et fournisseurs :

Cette catégorie de problèmes cherche à déterminer les modalités à adopter entre partenaires d'une même chaîne logistique. En effet, elle concerne les relations à établir entre deux entités successives dans la chaîne logistique. Ces relations sont généralement concrétisées par des relations contractuelles déterminant les différents types de flux échangées entre les deux entités (généralement donneurs d'ordres et fournisseurs ou sous-traitants). C'est dans ce cadre que s'inscrit notre recherche.

- Le positionnement du point de découplage :

Cette catégorie cherche à déterminer le point de découplage. Ce point sépare la chaîne logistique en deux parties : une partie orientée vers le client, et une partie basée sur la planification.

Cette séparation a pour objectif de déplacer le stock au plus près du client afin de diminuer le risque de ruptures ou de détention de stocks.

### **Le niveau tactique**

Le niveau tactique regroupe toutes les décisions pouvant aller d'une ou deux semaines à quelques mois. Dans ce niveau, il s'agit de prendre les décisions à moyen terme qui vont avec les orientations stratégiques de la chaîne logistique. Ce type de décisions s'intéresse à la gestion flux entre les différentes entités de la chaîne.

Rota [1998] donne quelques exemples des problèmes qui peuvent se rattacher à la gestion de la chaîne logistique sur le moyen terme :

- La coordination entre deux installations liées par des relations client/fournisseur.
- La coordination entre le niveau de stock et la fonction de distribution.
- L'importance du flux d'information et les transformations qu'il subit le long de la chaîne.

### **Le niveau opérationnel**

Le niveau opérationnel concerne les décisions à court terme de l'entreprise. Ce sont des décisions prises dans le quotidien afin d'assurer la bonne mise en place des décisions tactiques. Ce type de décisions est généralement pris par les chefs d'équipes dans le but de gérer les opérations quotidiennes d'une usine ou d'un centre de distribution de la meilleure manière pour réagir face aux aléas et pour bien répondre aux exigences des commandes.

#### **1.3.4 Processus des chaînes logistiques**

Le modèle SCOR (Figure 1.10.), classifie les activités d'une chaîne logistique en cinq grandes familles de processus [SCOR10.0] : Planification, Approvisionnements, Production, Distribution et Logistique inverse.



FIG. 1-10 – Les processus des chaînes logistiques [SCOR10.0]

### Planification (PLAN)

La planification est le processus qui permet de gérer conjointement la demande et les approvisionnements dans le but de développer un plan d'action. Ce plan d'actions s'étale sur les différents niveaux de la chaîne et prend en compte les approvisionnements, la production et les besoins en livraison. La planification s'étale généralement sur les trois niveaux de décisions : stratégique, tactique et opérationnel. Domscke et Scholl [2000] résume la planification en cinq phases : l'identification et l'analyse du problème de décision, la définition des objectifs, la prévision de futurs développements, l'identification et l'évaluation des solutions faisables et enfin la sélection des meilleurs solutions.

### Approvisionnement (SOURCE)

L'approvisionnement est le processus qui permet aux entités de la chaîne de s'approvisionner en biens ou en services afin de répondre à la demande prévisionnelle ou actuelle. L'objectif de chaque entité est de s'approvisionner dans le but de répondre à la demande de l'entité aval tout en essayant de garder les niveaux de stocks aussi bas que possible.

### Production (MAKE)

La production est le processus qui permet la transformation des produits vers un état fini dans le but de satisfaire la demande. Ce processus vise à contrôler le niveau des encours de

production, les temps de cycles, les excès de capacités, les goulots d'étranglement et les décisions de sous-traitance.

### **Distribution (DELIVER)**

La distribution est le processus qui s'occupe de la satisfaction de la demande en fournissant des produits finis ou des services. Ce processus inclut principalement la gestion des commandes, la gestion du transport et la gestion de la distribution.

### **Logistique inverse ou gestion des retours (RETURN)**

La gestion des retours est associée au retour ou à la réception de produits retournés pour diverses raisons : réparation, recyclage, récupération, etc. Ce processus s'intègre dans le service après-vente qui se focalise sur la gestion des flux logistiques du consommateur à la source.

#### **1.3.5 L'offre logicielle**

L'émergence des technologies Internet et EDI (Echange de Documents Informatisés) a apporté une plus value pour le Supply Chain Management. En effet, ces technologies permettent entre autres [Raschas et Piekarek, 2001] :

- Un échange de données informatisées sous un format standard (HTML → XML),
- Une meilleure circulation de l'information en terme de rapidité et de quantité entre les différentes unités de la Supply Chain,
- Un raccourcissement des délais,
- Une réduction des activités sans valeur ajoutée comme la ressaisie d'informations.

Ces technologies sont utilisées dans les différents progiciels qui existent sur le marché des progiciels du Supply Chain Management. Ce marché ne cesse d'augmenter en termes de chiffres d'affaires.

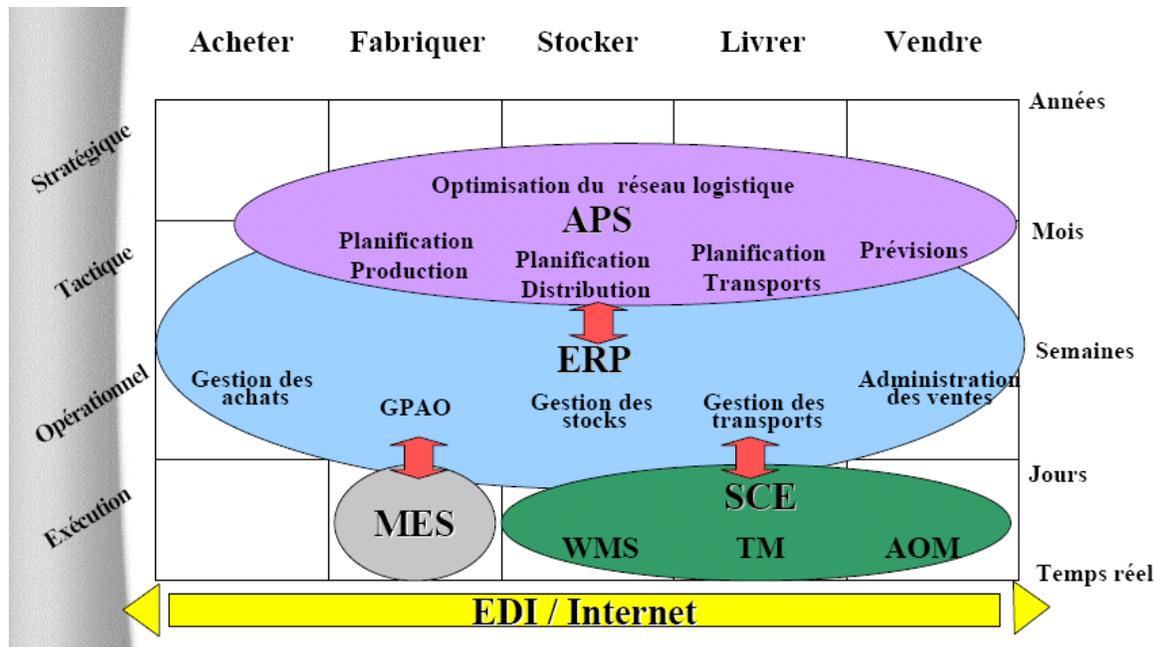


FIG. 1-11 – Informatisation de la Supply Chain [Raschas et Piekarek, 2001]

Nous pouvons identifier cinq grandes familles de progiciels [Raschas et Piekarek, 2001] (Figure.1.11.) :

**ERP** Entreprise Ressources Planning : il est considéré comme le roi des progiciels de Supply Chain Management. Il est constitué d'un ensemble de logiciels intégrant les principales fonctions nécessaires à la gestion des flux et des procédures de l'entreprise (comptabilité et finances, logistique, paie et ressources humaines, etc.) et utilisant des ressources communes (une base de données unique).

**APS** Advanced Planning System : c'est un ensemble de progiciels qui permettent d'optimiser la planification et la synchronisation des flux d'une chaîne logistique en tenant compte simultanément d'un grand nombre de contraintes (ressources, capacités, délais, coûts). Ces progiciels sont considérés comme la couche supérieure des ERP. Ils utilisent les bases de données des ERP.

**SCE** Supply Chain Execution : ces progiciels rationalisent la totalité du cycle de traitement des commandes (de sa connaissance à la livraison). Ils regroupent 3 fonctions : la gestion de l'entreposage, la gestion des transports et la gestion avancée des commandes.

**MES** Manufacturing Execution System : ces progiciels délivrent des informations pertinentes en temps réel sur l'exécution des ordres de fabrication dans le but de les contrôler depuis leur lancement jusqu'à l'obtention des produits finis et d'optimiser les activités de production.

**Dédiés** Cette famille constitue l'ensemble des progiciels dédiés à une ou plusieurs fonctions particulières comme les moteurs d'optimisation, les prévisions de ventes, la gestion de l'entrepôt, etc.

### 1.3.6 La coordination dans les chaînes logistiques

Une chaîne logistique est un ensemble d'acteurs qui tentent de coopérer afin d'arriver à des buts communs qui sont la survie et la compétitivité de la chaîne logistique dans un marché hautement concurrentiel. Toutefois, l'intérêt personnel prime toujours sur l'intérêt collectif. En effet, l'objectif principal d'une entreprise est la maximisation de son profit. Ceci passe généralement par une fonction d'utilité à optimiser. Cette fonction d'utilité représente le plus souvent le profit individuel de l'entreprise [Taratynava, 2009].

Différents travaux [Cachon, 2003] [Gomez-Padilla, 2005] ont démontré et constaté que les profits issus d'une optimisation locale sont généralement inférieurs à ceux issus d'une optimisation globale. De ce fait, différents mécanismes ont été proposés dans le but d'améliorer la coordination et se rapprocher de l'optimum global.

Une première approche consiste à se positionner dans un contexte de coordination totale. Ceci consiste à ramener un ensemble de décisions décentralisées (celles des différents acteurs) à une unique décision centralisée (concernant tous les acteurs). Différents mécanismes, qui se basent tous sur une information complète, ont été proposés. Nous pouvons entre autres citer :

- L'échange total d'informations :

Cette technique permet de ramener généralement un problème assez complexe à un problème plus simple à résoudre. Ainsi, une résolution analytique est généralement possible et nous pouvons donc aboutir à un optimum global.

- La formation de coalition :

Cette technique, généralement utilisée avec le paradigme multi-agent, permet de former des unions entre deux ou plusieurs entreprises dans le but de réduire les coûts, améliorer la performance, gagner en compétitivité et/ou augmenter les bénéfices [S. Sen et Airiau, 2006] [Anane et al., 2009].

Une deuxième approche consiste à se positionner dans un contexte de coordination en gardant néanmoins l’aspect décentralisé de la chaîne logistique. En effet, le résultat final est le produit d’un ensemble de décisions prises par l’ensemble des acteurs de la chaîne logistique. Différents mécanismes ont été proposés. Nous pouvons peut être citer [Taratynava et al., 2009] :

- Les contrats :

Les contrats est une forme de coordination qui comporte une dimension juridique permettant d’assurer les droits et les obligations de chaque partie. Les contrats représentent une politique de coopération qui consiste à définir au préalable (avant la réalisation de la demande) les modalités d’échanges physiques et financiers. Les parties contractantes se doivent de respecter les modalités spécifiées dans le contrat. Cette forme de coopération représente une garantie pour les parties contractantes. Plusieurs modalités contractuelles ont été proposées comme le contrat rachat, le contrat rabais, le contrat réservation de capacité, etc. Les contrats rachat et partage de revenu coordonnent efficacement la chaîne [Gomez-Padilla, 2005] [Giannoccaro et Pontrandolfo, 2004] [Cachon, 2003] [Cachon et Larivière, 2005]. Toutefois, dans le monde industriel, le contrat prix de gros reste le plus utilisé.

- L’échange d’informations :

L’échange d’informations est une forme de coopération entre entreprises d’une même chaîne logistique. En effet, quand l’échange d’informations est totale, le problème est généralement ramené à un problème trivial simple à résoudre. Néanmoins, les entreprises ont toujours de la réticence à dévoiler leurs informations. L’échange d’informations peut être asymétrique, incomplet ou imparfait. Lorsque le manque d’informations conduit à des situations sous-optimales, nous tentons de proposer des modalités d’échange d’informations permettant d’assurer une meilleure coordination de la chaîne logistique.

- VMI (Vendor Management Inventory ou inventaire géré par le fournisseur) :

Celle-ci représente une politique de coopération qui consiste à confier au fournisseur la gestion des stocks du producteur afin de faciliter et simplifier le processus de réapprovisionnement des produits. Cette méthode permet généralement de réduire les coûts et d'augmenter dans certains cas les profits des entreprises partenaires. Le VMI a été largement étudié dans la littérature ; elle a aussi fait ses preuves dans le monde industriel [Holmström, 1998] [Lapide, 2001] [Dong et Xu, 2002]. Toutefois, le VMI ne permet pas d'augmenter le profit des entreprises jusqu'au maximum réalisable dans une chaîne logistique totalement centralisée.

## 1.4 Conclusion

Les concepts de chaîne logistique (Supply Chain) et de gestion de ces chaînes (Supply Chain Management) apparaissent aujourd'hui comme des incontournables des systèmes de production et de distribution. Dans ce chapitre, nous mettons l'accent sur ces deux notions.

La chaîne logistique caractérise le système grâce auquel les entreprises amènent leurs produits et/ou leurs services jusqu'à leurs clients. Ce concept appuie ses fondements sur des interactions entre acteurs (appartenant à une ou plusieurs entreprises) d'une même filière [Lauras, 2004].

Le Supply Chain Management, pour sa part, vise à piloter ces chaînes en se focalisant particulièrement sur deux axes [Stadtler et Kilger, 2000] : l'intégration du réseau d'organisation et la coordination des différents flux. L'intégration du réseau consiste à piloter les relations entre les entités qui composent la chaîne logistique afin d'arriver à travailler ensemble. La coordination des différents flux consiste en un pilotage au niveau de chaque entité de la chaîne logistique dans le but d'une réalisation effective des objectifs.

Les relations dans une chaîne logistique sont des relations de partenariat durables. Ces relations sont généralement concrétisées par des relations contractuelles. Ainsi, dans le chapitre suivant, nous introduisons les relations contractuelles. Nous présentons également un état de l'art sur le partage d'information dans les chaînes logistiques.

# Chapitre 2

## Contrats & Partage d'informations

### Sommaire

---

<b>2.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>29</b>
<b>2.2</b>	<b>Les relations contractuelles</b>	<b>29</b>
2.2.1	Définition	31
2.2.2	Enjeux des relations contractuelles	31
2.2.3	Modalités des contrats	33
2.2.4	Problème du vendeur de journaux	39
2.2.5	Transfert financier selon le type de contrat	40
<b>2.3</b>	<b>Le partage d'information dans une chaîne logistique</b>	<b>43</b>
2.3.1	L'effet coup de fouet	44
2.3.2	Les avantages attendus du partage d'information	45
2.3.3	Types d'informations partagées	48
2.3.4	Obstacles aux partage d'information	49
2.3.5	Enjeux et stratégies du partage d'information	49
2.3.6	Les approches d'évaluation du partage d'information	51
<b>2.4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>52</b>

---

## 2.1 Introduction

Le concept de chaînes logistiques, considéré comme un levier stratégique, implique un effort de tous les acteurs du réseau logistique dans le but d'avoir une meilleure rentabilité de la chaîne et en conséquence de celle de ses acteurs. Ainsi, des liens de coopération forts doivent être instaurés entre deux entreprises successives d'une même chaîne logistique afin d'assurer une relation "gagnant-gagnant". Pour y arriver, les entreprises communiquent, coopèrent et négocient dans le but d'établir des relations de partenariat durables. Ces relations sont généralement concrétisées par des engagements contractuels. Les relations contractuelles feront l'objet de la première section de ce chapitre.

Les relations contractuelles déterminent principalement les modalités d'échanges physiques et financiers, elles peuvent aussi porter sur les échanges informationnels. Les échanges physiques représentent les quantités de produits échangés et les échanges financiers représentent les transferts monétaires. Quant aux échanges informationnels, ils restent ambigus dans une relation contractuelle. Le plus souvent, les modalités d'échange d'information sont ignorées dans une relation contractuelle. Et même, si le contrat stipule le mode de partage d'informations, il reste difficile de vérifier si les acteurs ont respecté leur engagement sur ce point. Toutefois, l'échange ou le partage d'informations reste un point très important dans une relation contractuelle et encore plus dans une chaîne logistique. La deuxième section de ce chapitre présentera le partage d'informations dans une chaîne logistique.

## 2.2 Les relations contractuelles

Le concept de chaînes logistiques, bien que considéré comme un levier stratégique à la fois dans le monde industriel et le monde académique, n'est pas l'unique mode de gestion utilisé dans le marché actuel. En effet, deux types d'économies co-existent : l'économie de marché et l'économie de chaîne logistique (ou économie de contrat).

Dans la première, à savoir l'économie de marché, une entreprise ne passe des commandes chez ses sous-traitants et/ou ses fournisseurs que lorsqu'il y a une demande du client final. Ainsi, il n'existe entre ces entreprises aucune relation durable.

Dans la deuxième, à savoir l'économie de chaîne logistique, les entreprises établissent des relations de partenariat durable dans le but d'assurer une meilleure rentabilité de la chaîne ainsi que celle de ses différents membres. Ces relations durables sont le plus souvent concrétisées par des contrats qui assurent des droits et des obligations aux différentes parties contractantes. Ainsi, dans une économie de chaîne logistique, des conventions contractuelles sont généralement finalisées entre des entreprises successives d'une même chaîne logistique (de niveau  $K$  et  $K+1$  comme représenté à la Figure.2.1.).

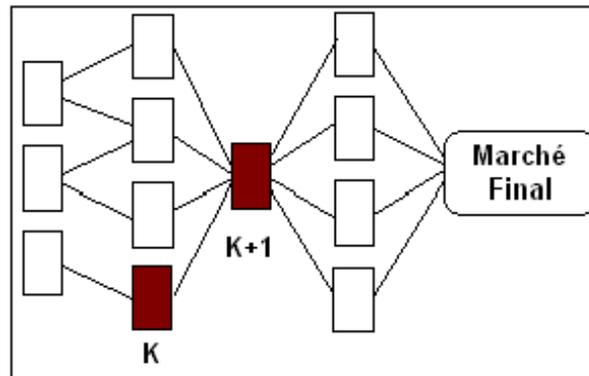


FIG. 2-1 – Entreprises successives d'une Supply Chain [Gomez-Padilla, 2005]

Ces engagements contractuels suscitent un intérêt croissant dans le monde industriel. En effet, différentes catégories d'entreprises optent pour ce type de relations puisqu'il procure des garanties et des avantages sur le long terme :

- Pour les entreprises qui subissent un marché hautement concurrentiel, un tel engagement contractuel est synonyme d'assurance et de survie.
- Pour les grandes entreprises à l'image des constructeurs automobiles, un tel engagement contractuel permet de faire des économies (d'échelles) auprès de ses sous-traitants et/ou ses fournisseurs.
- Pour les entreprises qui sont confrontés à un marché flexible, un tel engagement contractuel est synonyme de sécurité contre les phénomènes d'incertitude sur le marché.

Ces engagements contractuels suscitent aussi un intérêt croissant dans le monde académique. En effet, différents travaux se sont intéressés à ces relations contractuelles et à l'influence

qu'ils peuvent avoir sur la performance du réseau et de ses différents acteurs [Larivière, 2002] [Cachon, 2003] [Gomez-Padilla et al., 2005] [Duvallet et al., 2006].

L'objet de cette section est de définir la notion de contrat et de présenter ses différentes modalités.

### 2.2.1 Définition

Un contrat est défini comme :

"L'affirmation des droits et obligations de chaque partie pour des transactions, dans laquelle les parties affectées s'accordent à réaliser ou non des actes ou des services spécifiques" [Bannock et al.,2003].

### 2.2.2 Enjeux des relations contractuelles

Les conditions économiques qui pèsent sur les flux pécuniaires entre entreprises font généralement l'objet de contrats qui lient les parties prenantes. Ces contrats précisent l'ensemble des engagements pris par les entreprises dans une relation marchande. Ces engagements représentent pour chaque partie à la fois des devoirs et des droits portant sur un ensemble d'éléments jugés indispensables pour le bon déroulement de la relation. En règle générale, un devoir pour une partie représente un droit pour l'autre partie [Gomez-Padilla, 2005].

Les contrats présentent une dimension juridique. Un contrat est une convention, entre deux ou plusieurs personnes, ayant pour effet de créer entre elles une obligation légale (Dictionnaire en ligne de l'Académie Française, neuvième édition)<sup>1</sup>. En effet, cette dimension permet à un tiers (personne ou organisme) de régler les litiges sur la base des engagements pris par les entreprises au moment de la signature du contrat. Elle permet aussi pour chaque partie d'avoir une garantie vis à vis des comportements de la contrepartie. Le caractère incitatif des contrats oblige les parties contractantes à respecter leurs engagements et à éviter tout comportement opportuniste. En effet, les contrats stipulent généralement des pénalités en cas de défaillance à un (ou plusieurs) des engagements pris lors de la signature du contrat.

---

<sup>1</sup><http://www.academie-francaise.fr/dictionnaire/index.html>

D'un point de vue purement économique, les contrats déterminent le comportement de chaque entreprise compte tenu de ses objectifs de rentabilité (maximisation du profit). Les conditions économiques des échanges, traduites dans les contrats, déterminent les comportements des entreprises partenaires et donc l'efficacité de la coordination au niveau de l'ensemble de la chaîne logistique. En effet, le fait de s'engager à verser des montants financiers et à fournir et/ou commander des biens implique des prises de décisions, décisions qui seront exprimées et établies dans le contrat. Ces décisions sont prises dans le but d'atteindre certains objectifs fixés à l'intérieur de chaque entreprise. Le fait que les décisions établies de façon contractuelle satisfassent simultanément les deux entreprises correspond à une situation dite de "coordination" par certains auteurs, [Tsay, 1999] [Weng, 1999a] [Anupindi et Bassok, 2002] [Larivière, 2002] [Cachon, 2003]. Selon ces auteurs, si les décisions prises sont celles qui conviennent à la réalisation des objectifs de chaque entreprise, la coordination existe ; si par contre, ce qui est établi dans le contrat ne permet pas de réaliser l'objectif pour une des deux entreprises, il n'y a pas de coordination. Quand les entreprises se trouvent dans cette situation de non coordination, la "compliance" est forcée, c'est-à-dire les arrangements contractuels seront accomplis parce qu'ils sont inscrits dans le contrat, et non parce qu'ils satisfont les objectifs des deux entreprises simultanément. En effet, les termes d'un contrat (le prix ou les modalités financières par exemple) peuvent être acceptés par une entreprise même s'ils ne correspondent pas à la réalisation de ses propres objectifs. Dans ces situations, l'entreprise ne peut pas refuser les termes du contrat compte tenu de sa position et des conséquences néfastes pour elle comme la perte de réputation, l'exclusion d'un réseau plus large, etc [Gomez-Padilla, 2005].

Au-delà de l'existence d'une coordination entre deux entreprises, Gomez-Padilla [2005] s'interroge sur l'efficacité de cette coordination si elle a lieu. Gomez-Padilla [2005] entend par efficacité économique la réalisation d'un profit total maximum pour la chaîne logistique dans son ensemble. En d'autres termes, il faut étudier si les décisions prises individuellement par les entreprises contractantes sont compatibles (et donc coordonnent la chaîne) et correspondent à une maximisation du profit de la chaîne. En effet, quelque soit le type d'entreprise, leurs propriétaires cherchent généralement à maximiser leurs profits. Chaque entreprise cherche donc à ce que le contrat soit établi de façon à maximiser son propre profit.

Tous ces travaux menés et d'autres proposent des modélisations et des résolutions analy-

tiques [Cachon et Larivière, 2005] [Duvall et al., 2006] [Cachon et Kok, 2010]. Ceci implique une connaissance totale et parfaite des informations des différents acteurs de la chaîne logistique. Dans le monde industriel, le partage d'informations est soumis à de très grandes réticences. En effet, les entreprises adoptent des politiques de sécurisation de l'information dans le but de s'assurer de leur compétitivité et de leur survie. Différentes approches de partage d'informations sont adoptées dans les chaînes logistiques et la résolution d'un problème devrait tenir compte de ce mode de partage d'informations. Ainsi, nous nous distinguons des travaux menés par le fait que nous étudions les relations contractuelles (contrat prix de gros) dans différents contextes de partage d'informations. De plus, nous nous situons dans un contexte de chaîne logistique équitable. La section suivante abordera en détail le concept de partage d'information dans les chaînes logistiques et dans le chapitre suivant, nous présentons notre définition d'un contrat équitable et d'une chaîne logistique équitable.

La littérature concernant l'étude de contrats est très vaste. En effet, l'étude des contrats [Tirole, 1999] [Froehlichner et Vendemini, 1999] est un sujet qui concerne les sciences de gestion et les sciences humaines.

### **2.2.3 Modalités des contrats**

Plusieurs éléments peuvent influencer les relations contractuelles établies entre entreprises (figure 2.2.) : l'horizon de temps, le nombre de produits, l'échange d'informations, la demande, les coûts, la quantité par commande, la décomposition de la livraison, la flexibilité de la quantité et le type du contrat.

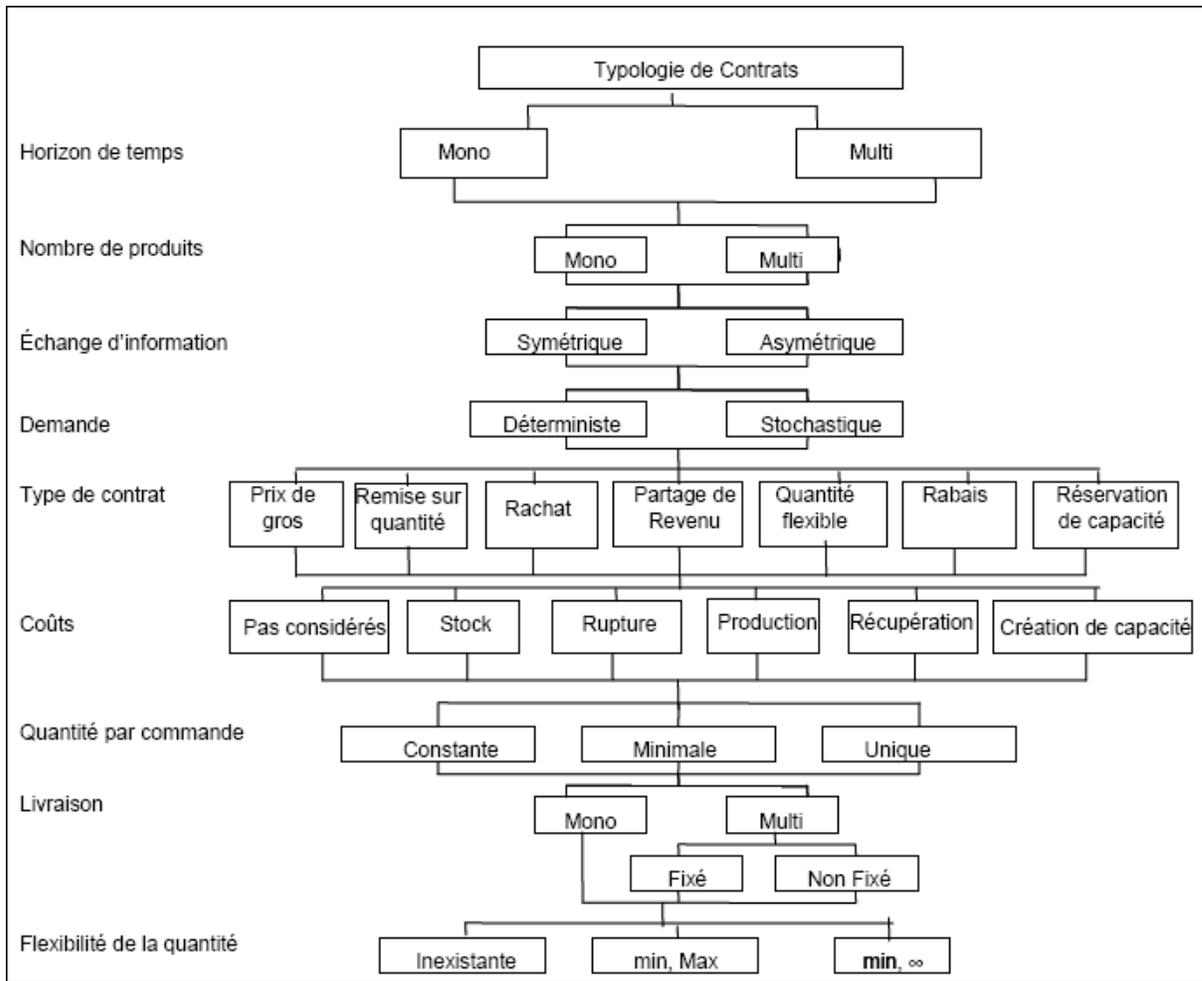


FIG. 2-2 – Typologie des contrats [Gomez-Padilla, 2005]

Cette section est fortement inspirée des travaux de Gomez-Padilla [2005].

### Horizon de temps

L'horizon de temps d'un contrat représente la durée sur laquelle le contrat considéré est valable. Ce critère peut être modélisé selon le nombre de périodes de deux façons :

- mono-période : le contrat est établi sur une seule période. Un exemple mono-période assez répondu dans la littérature est "le problème du vendeur de journaux".

- multi-périodes : le contrat est établi sur plusieurs périodes qui peuvent être limité (défini) ou illimité. Ainsi, les modalités convenues dans le contrat seront appliquées sur plusieurs périodes.

### **Nombre de produits**

Le nombre de produits représente la variété de produits qui sont échangés sur la durée d'application du contrat. Généralement, c'est un fournisseur ou un sous-traitant qui doit fournir un ou plusieurs produits à un donneur d'ordres. Nous distinguons deux catégories :

- mono-produit : les entreprises contractantes se mettent d'accord sur un seul produit. C'est dans ce sens que les recherches ont généralement été menées.
- multi-produits : les entreprises contractantes se mettent d'accord sur plusieurs produits à s'échanger sur la durée d'application du contrat.

### **Echange d'informations**

Dans une chaîne logistique, les entreprises contractantes ont généralement une réticence à partager leurs informations. Cependant, des recherches académiques et professionnelles récentes ont montré que l'échange d'informations ou la centralisation des informations permettait d'améliorer la rentabilité de la chaîne logistique ainsi que celle des différents membres qui la constituent.

Nous pouvons distinguer deux catégories d'échange d'informations :

- symétrique : un échange totale et/ou équitable d'informations est garanti entre les entreprises contractantes,
- asymétrique : dans ce cas, l'échange d'informations n'est pas équitable, c'est-à-dire que, soit seulement une des deux parties est disposée à partager ses informations, soit chaque partie garde ses informations.

## **Demande**

La demande représente le besoin des clients finaux concernant un bien ou un service. Cette demande, généralement inconnue, est un critère décisif pour la survie d'une chaîne logistique ainsi que celle des entreprises qui la constituent.

Dans la littérature, la demande est modélisée de deux façons :

- une demande déterministe : dans ce cas, il n'y a pas d'incertitude sur la demande prévue,
- une demande stochastique : dans ce cas, la demande prévue contient une incertitude qui peut être explicitement modélisée.

## **Coûts**

Les coûts représentent les dépenses d'une entreprise. Nous pouvons distinguer plusieurs types de coûts :

- stock : le stockage génère plusieurs coûts, et ce en fonction de plusieurs critères comme le type du produit, le volume, la valeur des stocks, et autres. Nous pouvons citer comme exemples de coûts générés par les stocks : le loyer d'entrepôts, les impôts locaux, le chauffage, l'assurance, etc.
- rupture : la rupture de stock génère un coût qui est associé à la demande non satisfaite.
- production : le processus de production génère des frais comme l'achat de matières premières, la main d'œuvre, le coût associé aux machines, le transport, etc.
- récupération : ce coût représente le coût de récupération des invendues.
- création de capacité : il est considéré comme le coût associé à la capacité qu'une entreprise s'engage à fournir.

## **Quantité par commande**

Sur la durée d'application d'un contrat, une ou plusieurs commandes peuvent être passées. La quantité de ces commandes peut être :

- constante : la quantité des commandes passées est constante et prédéfinie dans le contrat.
- minimale : la quantité passée par commande doit être au moins conforme à la quantité prédéfinie dans le contrat.
- non spécifiée : dans ce cas, la quantité commandée n'est conforme à aucune contrainte.

### **Décomposition de la livraison**

La quantité convenue dans le contrat peut être livrée selon deux façons :

- une seule expédition : une seule livraison sera effectuée pour le contrat convenu. Il y a ainsi une seule commande.
- plusieurs expéditions : dans ce cas, nous pouvons fixer le nombre de livraisons et la quantité par livraison.

### **Flexibilité de la quantité**

Pour ce critère, nous parlons de la flexibilité de la quantité à commander sur la durée du contrat. Trois situations ont été identifiées dans la littérature :

- aucune flexibilité : dans ce cas, les quantités spécifiées dans le contrat ne peuvent être modifiées.
- Min, Max : dans ce cas, les quantités peuvent varier selon un intervalle borné par une valeur min et une valeur max.
- Min,  $\infty$  : dans ce cas, les quantités doivent être au moins supérieures à une quantité minimale.

### **Le type de contrat**

Le flux financier est primordial dans une relation contractuelle. En effet, il constitue l'un des éléments de base de notre recherche. Dans la littérature [Cachon, 2003] [Gomez-Padilla et al., 2005] [Duvall et al., 2006], les types de contrat déterminent l'obligation financière d'une partie en

échange de biens ou services (flux physiques) de l'autre partie. Sept types de contrat ont été identifiés dans la littérature [Cachon, 2003] [Gomez-Padilla, 2005] :

- prix de gros : un prix est défini préalablement. Ce prix ne changera pas sur la durée d'application du contrat quelque soit la quantité qui sera commandée.
- remise sur quantité : comme le prix de gros, un seul prix sera appliqué sur les unités achetées. Cependant, le prix dépendra du nombre d'unités achetées. Ainsi, le prix sera dégressif selon la quantité échangée.
- rachat : le donneur d'ordres va payer un prix fixe par unité achetée, et en contre partie, le fournisseur va s'engager à lui rembourser une certaine somme pour chaque unité invendue.
- partage de revenu : le donneur d'ordres va payer un prix fixe par unité achetée et il va s'engager à donner un pourcentage des bénéfices engendrés par les transactions effectuées avec les clients finaux.
- quantité flexible : ce type de contrat ressemble au contrat de rachat sauf qu'on va fixer un pourcentage dans le contrat. Ainsi, le donneur d'ordres va payer un prix fixe par unité achetée, et en contre partie, le fournisseur s'engage à rembourser une certaine somme pour le minimum entre les unités invendues et le pourcentage spécifié dans le contrat.
- rabais : le donneur d'ordres va s'engager à payer un prix fixe par unité achetée. Le fournisseur lui proposera une remise pour les unités achetées au dessus d'un seuil fixé dans le contrat.
- réservation de capacité : le donneur d'ordres réserve une certaine quantité chez le fournisseur. Celui-ci s'engage à fournir cette quantité. Si la commande du donneur d'ordres est inférieure, il doit payer la totalité de la quantité réservée. Si elle est supérieure, le donneur d'ordres devra payer un supplément pour les unités supplémentaires achetées.

Notons que le contrat tarif binôme, traité dans plusieurs travaux [Ji et Yang, 2009] [Cachon et Kok, 2010], n'est pas mentionné dans la typologie présentée par Gomez-Padilla [2005]. Ce contrat stipule que le transfert financier est composé d'une partie fixe et d'une partie variable proportionnelle à la quantité achetée. La partie fixe représente une sorte de franchise et la partie variable dépend des commandes passées.

## 2.2.4 Problème du vendeur de journaux

Les contrats présentent un aspect temporel. En effet, la durée et les périodicités du contrat sont des éléments qui doivent être spécifiés lors de la signature du contrat. Deux horizons existent : mono-période et multi-périodes. Dans le cas mono-période, le problème est connu comme "le problème du vendeur de journaux".

Le problème du vendeur de journaux est un problème classique de recherche opérationnelle. L'exemple couramment présenté est celui d'un kiosque qui vend des journaux. Le vendeur du kiosque doit commander une quantité de journaux par jour. Si le vendeur commande une quantité trop importante, il risque de se retrouver à la fin de la journée avec des journaux invendus et qu'il ne pourra pas vendre le lendemain ; il aura donc perdu le montant qu'il a payé à son fournisseur pour les journaux invendus. Si par contre il commande une quantité trop faible, il aura certainement vendu tous les journaux à la fin de la journée, mais il n'aura pas fait autant de profit qu'il pouvait espérer s'il avait commandé d'avantage de journaux à son fournisseur.

Le problème de vendeur de journaux a été largement étudié. Nous citons ici quelques exemples de travaux. Ces travaux ont traité des chaînes dyadiques composées d'un donneur d'ordres et d'un fournisseur.

Larivière [2002] part de l'hypothèse que chaque agent a fait ses choix optimaux individuels, et il analyse les modifications qui peuvent améliorer la performance de la chaîne. Il centre son attention sur les incitations économiques. Il a analysé le contrat de prix de gros, rachat et quantité flexible.

Cachon [2003] a fait une analyse dans le même sens pour le contrat de prix de gros, rachat, partage de revenu, quantité flexible, rabais et remise sur quantité. Il s'est focalisé sur les mécanismes de coordination entre les agents.

Gomez-Padilla [2005] s'est intéressé à une coordination efficace de la chaîne où nous avons à la fois une maximisation individuelle (entreprises individuelles) et globale (chaîne). Padilla a étudié les contrats prix de gros, rabais, quantité flexible, rachat et partage de revenu.

### 2.2.5 Transfert financier selon le type de contrat

Dans cette partie, nous présentons l'espérance de la fonction transfert selon le type de contrat établi entre deux entreprises contractantes. Pour ce faire, nous commençons par présenter les fondements de la modélisation pour une chaîne logistique dyadique composée d'un donneur d'ordres qui répond à un marché final et d'un sous-traitant qui approvisionne le donneur d'ordres selon les modalités contractuelles établies.

La demande  $x$  sur le marché final suit une loi de fonction de densité  $f(x)$  et de fonction de répartition  $F(x)$ . Soit  $\mu$  l'espérance de la demande et  $\sigma$  son écart type. Pour répondre à la demande, le donneur d'ordres gère un stock par reapprovisionnement calendaire [Dupont, 1998] de niveau  $S$ .

Si  $x \leq S$  la quantité vendue est  $x$

Si  $x > S$  la quantité vendue est  $S$

La quantité vendue est une variable aléatoire dont l'espérance est :

$$V(S) = \int_0^S x f(x) dx + \int_S^{\infty} S f(x) dx$$

Le Transfert financier (noté  $T$ ) dépend du contrat adopté [Cachon, 2003] [Gomez-Padilla, 2005]. Les contrats présentés sont : le contrat "prix de gros", le contrat "quantité flexible", le contrat "rabais", le contrat "partage de revenu", le contrat "réservation de capacité" et le contrat "tarif binôme".

#### Contrat prix de gros

Le contrat dit "prix de gros" [Spengler, 1950] est le premier type de contrat étudié dans la littérature. Dans ce type de contrat, le prix unitaire  $w$  est fixé au préalable et ne change pas durant toute la durée du contrat et ce, quelle que soit la quantité commandée. Ainsi, le coût d'achat  $T(S, w)$  payé par le donneur d'ordres au sous-traitant est :

Si  $x \leq S$  :  $w.x$

Si  $x > S$  :  $w.S$

Soit en espérance :

$$T(S, w) = w \cdot \int_0^S f(x)dx + w \cdot S \int_S^\infty f(x)dx$$

Le contrat "remise sur quantité", traité dans [Tomlin, 2000], représente une variante du contrat "prix de gros". Dans ce type de contrat, le prix est dégressif en fonction de la quantité achetée.

### Contrat quantité flexible

Dans le type de contrat "quantité flexible" [Pasternack, 1985][Epen et Iyer, 1997][Tsay, 1999], le donneur d'ordres achète au sous-traitant(ou au fournisseur) à un prix  $w$ . Après réalisation de la demande, le sous-traitant rachète à un prix  $b(b < w)$  le minimum entre les invendus et un pourcentage  $\delta$  convenu lors de la signature du contrat. Ainsi, le coût d'achat  $T(S, w, b, \delta)$  payé par le donneur d'ordres au sous-traitant est :

$$\begin{aligned} \text{Si } x \leq (1 - \delta)S & : w \cdot x - b \cdot \delta \cdot S = w \cdot S - w \cdot (S - x) - b \cdot \delta \cdot S \\ \text{Si } (1 - \delta)S < x \leq S & : w \cdot x - b \cdot (S - x) = w \cdot S - w \cdot (S - x) - b \cdot (S - x) \\ \text{Si } x > S & : w \cdot S \end{aligned}$$

Soit en espérance :

$$T(S, w, b, \delta) = w \cdot S - w \cdot \int_0^S (S - x) \cdot f(x)dx - b \cdot \delta \cdot S \int_0^{(1-\delta)S} f(x)dx - b \cdot \int_{(1-\delta)S}^S (S - x) \cdot f(x)dx$$

Un autre type de contrat proposé dans la littérature adhère au même principe. C'est le type "Rachat" [Pasternack, 1985]. Dans ce contrat, le fournisseur ou sous-traitant rachète les unités invendues chez le donneur d'ordres à un prix convenu lors de la signature du contrat.

Bien que les deux modèles aient été traités séparément dans la littérature, nous ne considérerons qu'un seul. En effet, si le paramètre  $\delta$  du type "quantité flexible" prenait la valeur 1, nous aurons la même fonction transfert pour les deux types de contrat. Ainsi, nous considérons que le type "rachat" est un cas particulier du type "quantité flexible".

### Contrat rabais

Dans le type de contrat "rabais" [Taylor, 2002] [Cachon, 2003] [Duvallet et al., 2006], le donneur d'ordres achète au sous-traitant(ou au fournisseur) à un prix  $w$ . Ce dernier accorde au donneur d'ordres un rabais  $r$  pour les unités achetées au-dessus d'un seuil  $SR$  prédéfini dans le contrat. Ainsi, le coût d'achat  $T(S, SR, w, r)$  payé par le donneur d'ordres au sous-traitant est :

$$\text{Si } x \leq SR \quad : \quad w.x = w.SR - w.(SR - x)$$

$$\text{Si } SR < x \leq S \quad : \quad w.SR + (w - r).(x - SR)$$

$$\text{Si } x > S \quad : \quad w.SR + (w - r).(S - SR)$$

Soit en espérance :

$$T(S, SR, w, r) = w.SR - w. \int_0^{SR} (SR - x). f(x)dx - (w - r) \int_{SR}^S (x - SR)f(x)dx - (w - r). \int_S^{\infty} (S - SR). f(x)dx$$

### Contrat partage de revenu

Dans le contrat "partage de revenu" [Cachon et Larivière, 2005], le donneur d'ordres paye un prix fixe  $w$  (relativement bas) au sous-traitant(ou au fournisseur) et s'engage à lui reverser un pourcentage  $(1 - \Phi)$  sur les unités vendues à un prix  $P$ . Ainsi, le coût d'achat  $T(S, w, \Phi)$  payé par le donneur d'ordres au sous-traitant est :

$$\text{Si } x \leq S \quad : \quad w.x + (1 - \Phi)P.x$$

$$\text{Si } x > S \quad : \quad w.S + (1 - \Phi)P.S$$

Soit en espérance :

$$T(S, w, \Phi) = (w + (1 - \Phi). Pv). \int_0^S xf(x)dx + (w + (1 - \Phi). Pv). \int_S^{\infty} Sf(x)dx$$

### Contrat réservation de capacité

Dans le contrat réservation de capacité [Gomez-Padilla, 2005] [Cachon, 2003], le donneur d'ordres réserve une capacité  $R$  chez le sous-traitant(ou au fournisseur). En conséquence, il

doit lui payer un prix  $w_1$  par unité réservée, un prix  $w_2$  par unité réellement commandée de la capacité réservée et un prix  $w_3$  par unité commandée en plus. Ainsi, le coût d'achat  $T(S, R, w_1, w_2, w_3)$  payé par le donneur d'ordres au sous-traitant est :

$$\begin{aligned} \text{Si } x \leq R & : w_1.R + w_2.x = (w_1 + w_2).R - w_2.(R - x) \\ \text{Si } R < x \leq S & : (w_1 + w_2).R + w_3.(x - R) \\ \text{Si } x > S & : (w_1 + w_2).R + w_3.(S - R) \end{aligned}$$

Soit en espérance :

$$T(S, R, w_1, w_2, w_3) = (w_1 + w_2)R - w_2 \int_0^R (R - x) f(x) dx + w_3 \int_R^S (x - R) f(x) dx + w_3 \int_S^\infty (S - R) f(x) dx$$

### Contrat tarif binôme

Dans le contrat tarif binôme [Cachon et Kok, 2010], le donneur d'ordres paye deux parties : une première partie fixe  $F$  dès la signature du contrat et une deuxième partie qui, tel un contrat prix de gros, dépend de la quantité achetée au sous-traitant. Pour cette deuxième partie, le donneur d'ordres paye un prix  $w$  par unité achetée. Ainsi, le coût d'achat  $T(S, F, w)$  payé par le donneur d'ordres au sous-traitant est :

$$\begin{aligned} \text{Si } x \leq S & : F + w.x \\ \text{Si } x > S & : F + w.S \end{aligned}$$

Soit en espérance :

$$T(S, F, w) = F + w. \int_0^S x f(x) dx + w. S \int_S^\infty f(x) dx$$

## 2.3 Le partage d'information dans une chaîne logistique

Dans une chaîne logistique, l'incertitude provient du fait que le manque d'informations est une forme d'insécurité pour les membres de la chaîne. L'incertitude est due généralement au manque de communication entre les membres. En effet, chaque membre a une parfaite information sur lui-même mais n'a qu'une information partielle sur les autres.

Le partage d'information se présente de plus en plus comme une solution permettant d'améliorer la performance de la chaîne ainsi que de ses membres. En effet, ce mode de coopération permet de faire face aux aléas du marché, de réduire les coûts et de gagner en logistique.

Dans cette section, nous présentons, l'effet coup de fouet, les avantages attendus du partage d'informations, les types d'informations partagées, les obstacles au partage d'information, les stratégies de partage d'information et enfin, les approches d'évaluation de la valeur d'information [Mehrabikoushki, 2008] [Taratynava, 2009].

### **2.3.1 L'effet coup de fouet**

L'effet coup de fouet est un phénomène observé dans la gestion des chaînes logistiques. Ce phénomène est une conséquence du manque de partage d'information entre les acteurs de la chaîne. Cet effet représente l'amplification de la demande en remontant de l'aval vers l'amont dans une chaîne logistique. Ce phénomène a été nommé "The Bullwhip Effect" [Lee et al., 1997] [Baganha et Cohen,1998].

L'effet coup de fouet est un phénomène qui est du à des prises de décisions dans un environnement informationnel incomplet. Dans un tel environnement, les décideurs ont tendance à prendre des mesures préventives contre la fluctuation de la demande, le comportement incertain des clients, l'incertitude de l'environnement, etc.

Lee et al [1997] ont identifié principalement quatre causes à l'origine de l'effet coup de fouet :

#### **Mise à jour des prévisions de la demande**

Les entreprises tentent généralement de prévoir la demande future en se basant sur les commandes passées. Ainsi, un historique des commandes passées est généralement établi afin d'avoir approximativement une idée sur la tendance de la demande. Dans cette optique, un acteur d'une chaîne logistique ne connaissant pas la tendance de la demande du client final traite la commande passée d'un partenaire en aval comme une information sur la demande future. De ce fait, il rajuste ses propres prévisions sur la demande future et, en conséquence, rajuste ses commandes passées auprès de ses fournisseurs [Lee et al., 1997].

## **Groupage des commandes**

Une des causes de l'effet coup de fouet est le groupage de commandes [Lee et al., 1997]. En effet, certaines entreprises reçoivent les commandes de leurs clients périodiquement. Les cycles de ces commandes peuvent être répartis comme ils peuvent se croiser. Plus les cycles des commandes sont répartis plus l'effet coup de fouet est minimal. Par contre, quand les cycles des commandes se croisent, nous assistons à une amplification de l'effet coup de fouet. Ce dernier atteint son plus haut niveau quand tous les clients décident de passer leurs commandes en même temps.

## **Fluctuation des prix**

Les prix ne sont pas fixes sur toute l'année. Ils peuvent varier soit à la hausse ou à la baisse. Des perturbations dans l'environnement peuvent avoir des conséquences directes sur le coût marginal du produit ou du service proposé. D'un autre côté, des remises directes et des actions promotionnelles sont souvent accordées aux clients. Ces fluctuations présentent des conséquences sur le modèle d'achat du client qui ne respecte plus son modèle de consommation. En effet, quand le prix est bas, le client a tendance à acheter des grandes quantités. Par contre, quand le prix redevient normal ou subit une hausse, le client a tendance à ne pas acheter s'il a des réserves ou à acheter des petites quantités en attendant la baisse des prix [Lee et al., 1997].

## **Possibilité de pénurie de fourniture ("Rationing and shortage gaming")**

Quand un produit est rare, l'offre est généralement inférieure à la demande. Dans un tel environnement, le fournisseur a tendance à partitionner ses livraisons vers les clients. De leur côté, les clients, en connaissance de ce comportement, amplifient leurs commandes dépassant ainsi leurs besoins réels. Plus tard, quand le produit n'est plus rare ou quand la demande diminue, les commandes diminueront brusquement et plusieurs commandes seront annulées [Lee et al., 1997].

### **2.3.2 Les avantages attendus du partage d'information**

Les travaux qui démontrent l'apport du partage d'information dans une chaîne logistique sont assez nombreux. En effet, une bonne information au bon moment peut amener les entités

décideurs dans la chaîne logistique à prendre les bonnes décisions. Ceci affecte à la fois la performance et la compétitivité de la chaîne globale ainsi que la performance individuelle des différents membres.

Généralement, le partage d'information fournit des avantages primordiaux aux membres de la chaîne [Simatupang et Sridharan, 2001]. Au niveau stratégique, le partage d'information entre les membres permet une compréhension mutuelle de leurs avantages compétitifs et, dans la globalité de la chaîne, d'arriver à un point de départ collaboratif. Au niveau tactique, l'intégration de l'information aide les partenaires de la chaîne à diminuer l'incertitude de la demande et à faire face à la complexité des prises de décisions aux différents niveaux de l'horizon de la planification.

Toutefois, le partage d'informations ne présente pas que des avantages. Il peut aussi présenter certains risques comme les problèmes liés à la confidentialité des données ou entraîner des comportements opportunistes et malhonnêtes. Ces risques représentent les obstacles à une bonne stratégie de partage d'informations. Ces obstacles seront décrits dans la section 2.3.4.

Huang et al [2003] ont proposé, après une large étude bibliographique, cinq catégories d'indicateurs de performance liés à l'échange d'informations.

– Indicateurs liés au stockage

Les indicateurs liés au stockage concernent les différentes opérations et coûts liés aux stocks. Ces indicateurs ont fait l'objet de nombreuses publications. Nous pouvons citer comme indicateurs :

- ✓ Coûts de stockage [Li et al., 2001] [Wu et Cheng, 2008].
- ✓ Coûts de rupture du stock [Jia et al., 2007] [Tian et Huang, 2007].
- ✓ Niveau de stock [Zaojie et Guoying, 2007].
- ✓ Niveau de rupture [Laux et al., 2004] [Moyaux et al., 2007].
- ✓ Stock de sécurité [Weng, 1999b] [Hong-Minh et al., 2000].
- ✓ Coût de passation de commande [Chen et al., 2007] [Zhao et Qiu, 2007].

– Indicateurs liés au service client

Le service client est un élément très important pour la survie et la rentabilité d'une chaîne logistique. Les indicateurs étudiés entre autres :

✓ Taux de service [Li et al, 2006] [Swaminathan et al., 1998] : représente la disponibilité des biens et des services.

✓ Retard (tardiness) [Fleisch et Powell, 2001] : représente la qualité de livraison d'un produit ou d'un service.

– Indicateurs liés aux processus.

Les indicateurs liés aux processus concernent le délai, la qualité, les coûts opérationnels et l'utilisation optimale des ressources. Nous pouvons citer :

✓ Temps de rupture [Banerjee et al., 2001].

✓ Coûts opérationnels [Lakhal et al., 2001].

✓ Mesure de la qualité [Tsung, 2000].

✓ Coûts d'installation [Zhang et al., 2007].

✓ Coûts de transport [Zhang et al., 2007].

✓ Coûts de partage d'information [Chu et Lee, 2006].

– Indicateurs liés à l'effet coup de fouet.

L'effet coup de fouet représente l'amplification de la demande en remontant de l'aval vers l'amont dans une chaîne logistique. Ce phénomène est un des indicateurs relatifs à la rentabilité d'une chaîne logistique :

✓ variation de la demande/commande (effet coup de fouet) [Agrawal et al., 2008].

✓ quantité de la commande [Agrawal et al., 2008].

– Indicateurs financiers.

Les indicateurs financiers concernent l'impact de l'échange d'informations sur les bénéfices :

✓ profit [Cohen et al., 2003] [Dobson et Pinker, 2006].

✓ les différents coûts d'installation, de transport, de stockage, de partage d'informations, etc.

Ces indicateurs de performance sont directement liés aux avantages attendus du partage d'information dans une chaîne logistique. En effet, les avantages attendus du partage d'informations concernent principalement la bonne gestion des stocks, l'amélioration du service client, la bonne gestion des processus, la diminution de l'effet coup de fouet et l'augmentation des

bénéfices. Toutefois, nous pouvons rajouter à ces critères la gestion des imprévus comme un élément majeur dans l'évaluation de la performance d'une chaîne logistique et de ses stratégies de partage d'information.

### **2.3.3 Types d'informations partagées**

Une chaîne logistique se compose d'une partie amont et d'une partie aval. Ainsi, les informations partagées proviennent ou bien d'acteur en amont ou d'un acteur en aval. De ce fait, et en se basant sur les travaux de [Huang et al., 2003] [Mehrabikoushki, 2008] [Taratynava, 2009], nous pouvons distinguer deux grandes familles d'informations partagées :

#### **Les informations de la partie aval**

- Niveau de stock [Cachon et Fisher, 2000] [Chen et al., 2007].
- Demande [Miao et Chen, 2005][Moyaux et al., 2007][Zhang et al., 2007][Li et Zhang, 2008] [Wu et Cheng, 2008].
- Variance de la demande et corrélation de la demande [Gavirneni, 2001][Karaesmen et al., 2002].
- Prévision de la demande [Li et al, 2006] [Zhang et al., 2007].
- Demande en avance (advanced demand information) [Thonemann, 2002].
- Taille de lot de la commande [Lee et al., 1997].
- Modèle de la prévision (forecasting model) [Cachon et Fisher, 2000] [Zhao et Xie, 2002].
- Date d'arrivé de la commande et calendrier des commandes [Sahin et Robinson, 2005].
- Point de vente électronique (electronic point of sale) [Dejonckheere et al., 2004].
- Stock sécurité [Laux et al., 2004].

#### **Les informations de la partie amont**

- Délai d'approvisionnement [Chen et Yu, 2005] [Mehrab et al., 2007].
- Variance du délai [Anderson et Lee, 2000].
- Délai de livraison [Chen et Yu, 2005] [Mehrab et al., 2007].
- Capacité de production [Chen et al., 2007] [Huang et al., 2007].
- Qualité [Tsung, 2000].
- Coûts du processus (process costs) [Lakhal et al., 2001].

### 2.3.4 Obstacles au partage d'information

Le partage d'informations est bénéfique pour la chaîne logistique. Tous les travaux académiques ainsi que les expériences industrielles appuient cette idée. Toutefois, ce partage se heurte à plusieurs obstacles [Lee et Whang, 2000] :

- L'alignement des motivations des différents partenaires.
- La confidentialité des informations.
- Une réglementation antitrust.
- L'utilisation de technologies différentes.
- La ponctualité et l'exactitude des informations partagées.

Ainsi, et afin de pouvoir partager des informations dans une chaîne logistique sans crainte, un climat de confiance et de coopération doit régner pour un partenariat bénéfique.

### 2.3.5 Enjeux et stratégies du partage d'information

De nombreux travaux ont présenté une revue de la littérature quant au partage d'informations dans une chaîne logistique. Nous reprenons dans cette partie brièvement quelques travaux synthétiques du partage d'informations dans une chaîne logistique.

Lovejoy [1998] a proposé une relation triangulaire entre trois éléments : l'information, le stock et la capacité. Ainsi, une entreprise visant un niveau de service clients considéré, peut jouer sur ces trois éléments.

Chen [2003] présente un cadre d'analyse pour classifier les travaux portant sur le partage d'informations. Il présente les travaux portant sur la partie aval de la chaîne logistique : les parties en amont ont la possibilité d'accéder aux informations de la partie aval (ventes, niveau de stock, etc.). Ensuite, il présente les travaux qui portent sur la valeur des informations échangées en amont de la chaîne logistique. Il stipule que plus le décideur central dans une chaîne logistique aura l'accès aux informations de production des partenaires, plus il pourra améliorer la performance de la chaîne logistique

Ketzenberg et al [2007] établissent un travail bibliographique qui conduit à une classification des résultats issus des travaux de recherche existants. Ils visent à dégager les facteurs principaux qui conduisent aux écarts importants constatés sur l'évaluation de la valeur d'information.

Mehrabikoushki [2008] propose un cadre général d'analyse de la littérature existante sur le partage d'informations. Ce cadre est un modèle conceptuel général qui repose sur la distinction des trois éléments principaux suivants :

1. Le contexte étudié : le contexte représente la structure physique de la chaîne et le niveau de décision.
2. La stratégie du partage adapté : en s'appuyant sur la littérature [Huang et al., 2003] [Ketzenberg et al., 2007], les auteurs distinguent deux niveaux de partage d'informations qui sont partage partiel et partage complet.
3. Les indicateurs de performance utilisés sont ceux présentés par Huang et al [2003] (présentés dans la section 2. 2. 4) : indicateurs liés au stockage, liés aux processus, liés au service client, liés à l'effet coup de fouet et financiers.

En reprenant les stratégies de partage présentées par Mehrabikoushki [2008], nous proposons la classification suivante des stratégies de partage d'informations dans les chaînes logistiques :

1. Chaînes logistiques adoptant un partage complet d'informations :

Les acteurs d'une telle chaîne acceptent de partager leurs informations dans le but de permettre une meilleure rentabilité de la chaîne globale ainsi que celle de ses acteurs. Dans ce type de chaîne logistique, les informations sont connues par les différents acteurs. Ainsi, toute problématique peut être résolue d'une manière centralisée. Généralement, nous adoptons une approche de résolution analytique ou par simulation.

2. Chaînes logistiques adoptant un partage partiel d'informations :

Les acteurs d'une telle chaîne acceptent de partager partiellement leurs informations dans le but de permettre une meilleure rentabilité de la chaîne globale ainsi que celle de ses acteurs. En effet, les entreprises ont le plus souvent une réticence à dévoiler l'ensemble des informations de leurs systèmes productifs. Néanmoins, dans le but d'une meilleure rentabilité, ils acceptent d'adopter une politique de coopération dans laquelle ils partagent une partie de leurs informations. Cette catégorie de chaînes logistiques est la catégorie prédominante : celle qui existe le plus dans le monde industriel et la plus traitée dans le monde académique.

### 3. Chaînes logistiques n'adoptant aucun partage d'informations :

Les acteurs d'une telle chaîne n'acceptent pas de partager leurs informations. Dans une telle chaîne logistique, les acteurs ont une réticence totale de dévoiler toute information de leur système. Ainsi, la rentabilité de la chaîne se trouve amoindrie. Ce type de partage est contraire au concept de chaîne logistique qui procure une meilleure rentabilité et compétitivité grâce à une coopération entre les acteurs. Cette coopération est généralement sujette à un partage d'informations.

Cette classification sera adoptée dans ce manuscrit : une modélisation et une résolution seront proposées pour chacune de ces stratégies de partage d'informations.

### 2.3.6 Les approches d'évaluation du partage d'information

Deux approches prédominent dans la littérature pour quantifier la valeur du partage d'informations : l'approche analytique et l'approche simulation. Toutefois, les travaux de la présente thèse ne visent pas à quantifier la valeur du partage d'informations mais à proposer une approche de résolution pour toute chaîne quelque soit sa stratégie de partage d'informations (les stratégies présentées dans la section précédente). De ce fait, nous avons à la fois utilisé l'approche analytique et l'approche simulation. L'approche utilisée se voyait justifiée par la stratégie de partage d'informations adoptée.

#### **Approche analytique**

L'approche analytique consiste à modéliser et/ou résoudre un problème de chaîne logistique en utilisant des théories mathématiques [Cachon, 2003] [Huang et al., 2007] [Liu et Zhao, 2007].

#### **Approche simulation**

L'approche simulation se présente comme une approche efficace [Swaminathan et al., 1997] pour l'analyse et l'évaluation détaillées des problèmes de conception et de gestion de la chaîne logistique . Cette approche présente une variété d'outils et techniques :

- Simulation de flux à événements discrets [Mahmoudi, 2006].
- Systèmes multi-agents [Laux et al., 2004].
- Dynamique des systèmes [Zhao et Xie, 2002].

- Matlab [Guo et al., 2006].
- Simulink [Guo et al., 2006].
- Algorithmes génétiques [Mehrabani et al., 2007].
- Langage orienté objet C++ [Zhang et al., 2007].

## 2.4 Conclusion

Une chaîne logistique est synonyme de relations de partenariat durable entre ses membres. Ces relations font l'objet généralement de contrats déterminant les échanges physiques, financiers et informationnels entre les parties contractantes. La première section de ce chapitre a fait l'objet d'une présentation des relations contractuelles.

Dans une relation contractuelle, les échanges physiques représentent les quantités de produits échangés et les échanges financiers représentent les transferts monétaires. Les échanges informationnels représentent aussi un élément important dans une relation contractuelle et encore plus entre membres d'une même chaîne logistique. La deuxième section de ce chapitre a été consacrée à une présentation du partage d'informations dans une chaîne logistique.

Dans le chapitre suivant, nous introduisons le concept de contrat équitable. Une définition est proposée pour une chaîne logistique équitable et pour une relation contractuelle équitable. De plus une modélisation et une résolution analytique sont proposées dans le cas d'une chaîne dyadique et d'une chaîne convergente.

## Chapitre 3

# Contrats équitables dans un contexte de partage d'informations complet : Approche analytique

### Sommaire

---

<b>3.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>54</b>
<b>3.2</b>	<b>Relations contractuelles équitables</b>	<b>55</b>
3.2.1	Proposition d'une répartition équitable	55
3.2.2	Exemple justificatif	58
3.2.3	Définitions	62
3.2.4	Approches de résolution selon le partage d'information	62
<b>3.3</b>	<b>Contrat équitable dans une chaîne dyadique</b>	<b>63</b>
3.3.1	Modélisation mathématique	64
3.3.2	Résolution analytique : Cas de la loi uniforme	68
3.3.3	Résolution analytique : Cas de la loi normale	70
<b>3.4</b>	<b>Contrats équitables dans une chaîne convergente : un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants</b>	<b>72</b>
3.4.1	Modélisation mathématique	73
3.4.2	Résolution analytique	74
<b>3.5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>77</b>

---

### 3.1 Introduction

Les relations contractuelles dans une chaîne logistique procurent aux parties contractantes une assurance de survie et éventuellement de gain. Toutefois, l'établissement de ces contrats et l'accord sur des modalités d'échanges physiques et financiers représentent une tâche difficile. Dans ce cadre, nous traitons la problématique de la mise en place des relations contractuelles dans un contexte bien particulier, celui du commerce équitable.

"Le commerce équitable est un partenariat commercial fondé sur le dialogue, la transparence et le respect, dont l'objectif est de parvenir à une plus grande équité dans le commerce mondial. Il contribue au développement durable en offrant de meilleures conditions commerciales et en garantissant les droits des producteurs et des travailleurs marginalisés, tout particulièrement au Sud de la planète.

Les organisations du commerce équitable, soutenues par les consommateurs, s'engagent activement à soutenir les producteurs, à sensibiliser l'opinion et à mener campagne en faveur de changements dans les règles et pratiques du commerce international conventionnel"<sup>1</sup>.

Cette définition a été proposée par plusieurs organisations internationales du commerce équitable. Le principe est d'établir relations commerciales plus justes où la répartition des gains se fait de façon plus équitable.

Le Velly [2006] parle de l'injustice du commerce conventionnel et la nécessité d'agir selon une rationalité matérielle. Celle-ci trouve d'abord son application dans l'impératif de payer une juste rémunération aux producteurs, afin que leur travail leur permette de vivre dignement et d'engager un processus de développement.

Selon Le Velly [2006], les membres de FLO<sup>2</sup> cherchent à établir une formule générale de calcul qui établisse, pour chaque produit (café, cacao, banane, etc.) et chaque région, le prix minimum équitable. La rationalisation matérielle des relations commerciales passe aussi par l'instauration d'un partenariat durable. L'absence d'engagement durable et personnalisé rabattrait la discussion uniquement sur les produits et sur les prix et conduirait à des logiques de défection [Hirschman, 1995] incompatibles avec les stratégies de développement des producteurs.

---

<sup>1</sup><http://www.artisansdumonde.org/commerce-equitable.html>

<sup>2</sup>Fairtrade Labelling Organizations : <http://www.fairtrade.net/>

C'est dans cette optique que s'inscrivent nos travaux. En effet, le travail de la présente thèse s'articule autour de la mise en place de relations contractuelles durables et équitables entre entreprises d'une même chaîne logistique. Une proposition que nous faisons dans ce manuscrit pour la répartition équitable des bénéfices est que la marge globale soit répartie selon la valeur ajoutée de chaque acteur. Ainsi, la marge globale sera répartie proportionnellement aux coûts directs de chaque acteur, coûts extérieurs au transfert monétaire qui se fait entre deux parties contractantes.

La première section de ce chapitre présente notre proposition d'une répartition équitable. Nous y proposons également des définitions à la fois d'une chaîne logistique équitable et d'une relation contractuelle équitable. La deuxième section présentera une modélisation et une résolution analytique de la mise en place d'un contrat prix de gros équitable dans une chaîne dyadique. La troisième section traitera analytiquement la problématique de la mise en place de contrats prix de gros équitables dans une chaîne convergente.

## 3.2 Relations contractuelles équitables

Dans cette section, nous présentons le concept équitable dans une chaîne logistique et nous définissons les notions de chaîne logistique équitable et de contrat équitable.

### 3.2.1 Proposition d'une répartition équitable

Afin d'expliquer la notion d'équité, supposons que nous sommes dans le contexte d'une entreprise unique (notée C).

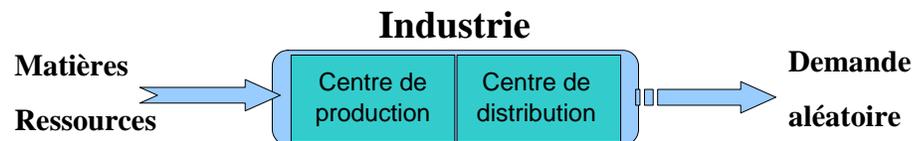


FIG. 3-1 – Entreprise (C) avec un centre de production et un centre de distribution

L'entreprise C (Figure 3.1.) est confrontée à un marché dont la demande est aléatoire. Elle comporte un centre de production et un centre de distribution. Elle subit un ensemble de coûts :

des coûts fixes (notés CF) et des coûts variables (notés CV). La marge de C (notée MC) est égale à ses ventes (notées VC) moins ses coûts globaux (notés CC).

$$MC = VC - CC = VC - (CF + CV)$$

Dans des cas similaires, beaucoup de compagnies décident de subdiviser leur processus de travail en deux entreprises distinctes. Les raisons d'une telle subdivision peuvent être administratives, financières ou même qualitatives :

- D'un point de vue administratif, la division du processus de travail apporte une décentralisation de la gestion et donne une certaine autonomie à chaque centre. Ainsi, les charges et les contraintes de la compagnie mère peuvent être réduites.
- D'un point de vue qualitatif, la qualité est plus garantie quand la compagnie se recentre sur son coeur d'activité et délègue les tâches de moindre importance à des sous-traitants qui sont spécialistes dans leurs domaines.
- D'un point de vue financier, la division du processus de travail peut assurer d'autres sources de revenus : par exemple, le centre de distribution peut assurer la distribution d'autres produits et travailler ainsi avec d'autres compagnies.

La sous-traitance procure beaucoup d'avantages [Gilley et Rasheed, 2000], néanmoins, elle peut aussi avoir des inconvénients qui doivent être gérés : par exemple, des prix élevés, ou une certaine dépendance à un ou plusieurs sous-traitants, etc.

Dans le cas de la compagnie C, supposons qu'elle a décidé de subdiviser son processus de travail sur deux entreprises distinctes (Figure 3.2.). La première entreprise joue le rôle d'un sous-traitant (noté ST). Celle-ci assure le processus de production. La deuxième joue le rôle d'un donneur d'ordres (noté DO). Celle-ci assure le processus de distribution. De ce fait, nous obtenons une chaîne dyadique qui a des matières et des ressources en entrée et qui répond à une demande sur le marché final. La relation entre le ST et le DO sera régie selon une convention contractuelle déterminant les échanges financiers et physiques entre les deux parties. Ainsi, un transfert financier (noté T) sera payé par le donneur d'ordres au sous-traitant en échange de biens ou de services.

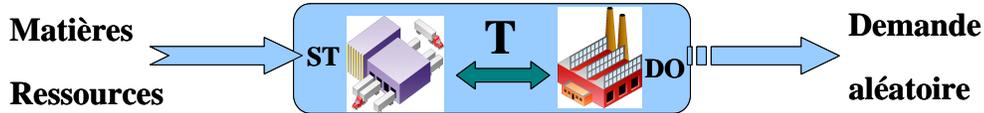


FIG. 3-2 – Division du travail sur 2 entreprises : un sous-traitant et un donneur d'ordres

Si nous regardons les coûts et la marge globaux de la chaîne, rien n'a changé par rapport à la compagnie initiale. Ainsi, la marge globale est toujours  $MC$ , les ventes sont  $VC$  et les coûts globaux sont  $CC$ . Cependant, les coûts globaux  $CC$  ont été divisés entre  $ST$  et  $DO$ . Le  $ST$  subira des coûts fixes et des coûts variables (notés  $CST$ ) se rapportant au processus de production comme par exemple l'approvisionnement de matières. Le  $DO$  subira des coûts fixes et des coûts variables (notés  $CDO$ ) se rapportant au processus de distribution comme les coûts d'emballage et de stockage.

$$CC = CDO + CST$$

De même, la marge globale est divisée entre le  $DO$  et le  $ST$ .

$$MC = MDO + MST$$

Avec  $MDO$  : la marge du  $DO$  et  $MST$  : la marge de  $ST$

Notons ici que le transfert financier entre les deux entreprises ne fait pas partie des coûts de la chaîne. En effet, il représente une circulation d'argent entre deux organismes d'une même structure. Dans le cas d'une même entreprise, c'est le centre de distribution qui collecte les revenus et fait transférer la part du centre de distribution. Dans le cas de la chaîne dyadique, c'est le donneur d'ordres qui collecte les revenus et fait transférer le montant demandé par le sous-traitant.

La subdivision du processus de travail a impliqué un partage des coûts (extérieurs au transfert financier) de l'entreprise mère entre le  $ST$  et le  $DO$ . Ainsi,  $\alpha\%$  des coûts globaux ont été pris par le sous-traitant et  $\beta\% = (100 - \alpha)\%$  des coûts globaux ont été pris par le  $DO$ . De ce fait :

$$CST = CC * \alpha\%$$

$$CDO = CC * \beta\%$$

Dans un tel contexte, nous qualifions la chaîne logistique d'équitable si la répartition de la marge se fait proportionnellement à la répartition des coûts. Ainsi, le ST doit obtenir approximativement  $\alpha\%$  de la marge globale et le DO doit obtenir approximativement  $\beta\%$ . En conséquence :

$$MST = MC * \alpha\% = MC * (CST/CC)$$

$$MDO = MC * \beta\% = MC * (CDO/CC)$$

Ainsi, une chaîne logistique équitable est une chaîne dans laquelle les acteurs sont rémunérés selon leur valeur ajoutée dans le processus de travail global.

### 3.2.2 Exemple justificatif

Dans cette section, nous prenons un exemple afin de justifier notre proposition. L'exemple est une chaîne dyadique composée d'un donneur d'ordres et d'un sous-traitant.

Le donneur d'ordres répond à une demande fixe  $D=1000$ , son prix de vente  $P=12.5$ , il supporte (Tableau 3.1.) des coûts fixes  $FDO=1000$  et des coûts variables unitaires  $VDO=1$ . Pour sa part, le sous-traitant, illustré aussi par le tableau 3.1, supporte des coûts fixes  $FST=4000$  et des coûts variables  $VST=4$ .

	coûts fixes	coûts variables
<b>Donneur d'ordres</b>	1000	1
<b>Sous-traitant</b>	4000	4

TAB. 3.1 – Coûts du donneur d'ordres et du sous-traitant

Pour cet exemple, la marge globale de la chaîne est comme suit :

$$Marge\_globale = P * D - (FDO + VDO * D + FST + VST * D)$$

$$Marge\_globale = 2500$$

Le transfert financier (T) est payé par le donneur d'ordres au sous-traitant en échange de biens ou de services. Ce transfert représente le prix d'achat : prix d'achat unitaire (PA) multiplié par la quantité achetée (D : demande fixe).

$$T = PA * D = 1000 * PA$$

Ainsi, la marge du donneur d'ordres est égale à ses ventes diminuées de ses coûts et du transfert financier. Néanmoins, nous considérons que le transfert ne doit pas être pris en compte lors du calcul des taux d'une répartition équitable des bénéfices. Pour justifier notre proposition, nous prenons les deux cas lors du calcul des taux de répartition : considération et non considération du transfert financier .

### Considération du transfert financier

En considérant le transfert financier dans le calcul des taux de répartition des bénéfices, les taux seraient comme suit :

Taux du donneur d'ordres :

$$\frac{\text{coûts du donneur d'ordres}}{\text{coûts globaux}} = \frac{T + FDO + VDO * D}{T + FDO + VDO * D + FST + VST * D} = \frac{1000 * PA + 2000}{1000 * PA + 10000}$$

Taux du sous-traitant :

$$\frac{\text{coûts du sous-traitant}}{\text{coûts globaux}} = \frac{FST + VST * D}{T + FDO + VDO * D + FST + VST * D} = \frac{8000}{1000 * PA + 10000}$$

Les marges des acteurs devraient suivre ces taux, ainsi :

$$\frac{\text{marge du donneur d'ordres}}{\text{marge globale}} = \frac{\text{coûts du donneur d'ordres}}{\text{coûts globaux}}$$

$$\frac{\text{marge du sous-traitant}}{\text{marge globale}} = \frac{\text{coûts du sous-traitant}}{\text{coûts globaux}}$$

Sans entrer dans les détails du calcul, la dernière équation permet de calculer le prix d'achat PA et donc le transfert T et les marges des deux acteurs. En effet, nous avons :

$$\frac{PA * D - (FST + VST * D)}{PA * D - (FDO + VDO * D + FST + VST * D)} = \frac{FST + VST * D}{PA * D + FDO + VDO * D + FST + VST * D}$$

$$\frac{1000 * PA - 8000}{2500} = \frac{8000}{1000 * PA + 10000}$$

La seule inconnue est PA. Cette équation donne lieu à une équation du second degré :

$$PA^2 + 2 * PA - 100 = 0$$

La résolution de cette équation donne deux solutions : une première négative (à écarter) et une deuxième positive. Ainsi, la solution est (après calcul numérique) :  $PA = 9.049$

De ce fait, le transfert est  $T = PA * D = 9049$

et les marges sont :

Marge du sous-traitant = 1049

Marge du donneur d'ordres = 1451

Le donneur d'ordres gagne plus en termes de marge. Le tableau 3.1. illustre bien que le sous-traitant a investi beaucoup plus que le donneur d'ordres. De ce fait, il a une plus grande valeur ajoutée. Néanmoins, selon la répartition que nous venons d'exposer, la répartition des bénéfices n'est pas très équitable.

### Sans considération du transfert financier

Sans considération du transfert financier dans le calcul des taux de répartition des bénéfices, les taux seraient comme suit :

taux du donneur d'ordres :

$$\frac{\text{coûts du donneur d'ordres}}{\text{coûts globaux}} = \frac{FDO + VDO * D}{FDO + VDO * D + FST + VST * D} = \frac{2000}{1000 * PA + 10000}$$

taux du sous-traitant :

$$\frac{\text{coûts du sous-traitant}}{\text{coûts globaux}} = \frac{FST + VST * D}{FDO + VDO * D + FST + VST * D} = \frac{8000}{1000 * PA + 10000}$$

Les marges des acteurs devraient suivre ces taux. Ainsi, nous avons :

$$\frac{\text{marge acteur}}{\text{marge globale}} = \frac{\text{coûts de l'acteur}}{\text{coûts globaux}}$$

Une de ces équations permet de calculer le prix d'achat PA et donc le transfert T et les marges des deux acteurs. En effet, nous obtenons selon l'équation du sous-traitant :

$$\frac{PA * D - (FST + VST * D)}{PA * D - (FDO + VDO * D + FST + VST * D)} = \frac{FST + VST * D}{FDO + VDO * D + FST + VST * D}$$

$$\frac{1000 * PA - 8000}{2500} = \frac{8000}{10000}$$

La seule inconnue est PA. Ainsi :

$$PA = 10$$

De ce fait, le transfert est  $T = 1000 * PA = 10000$

et les marges sont :

Marge du sous-traitant = 2000

Marge du donneur d'ordres = 500

### Evaluation des deux approches

La figure 3.3 illustre les résultats donnés par les deux approches.

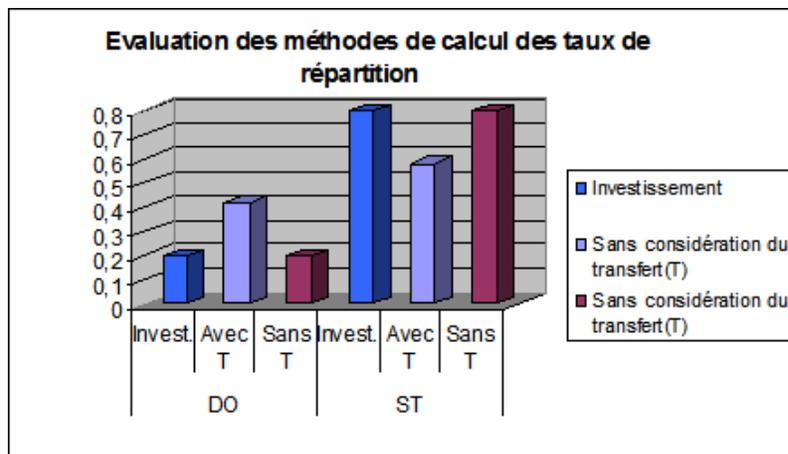


FIG. 3-3 – Evaluation des méthodes de calcul des taux de répartition

Dans cette figure, nous remarquons bien que la méthode qui ne prend pas en compte le transfert financier dans le calcul des taux de répartition permet de rémunérer chaque acteur à sa juste valeur (Figure 3.3. : Investissement = Taux sans considération du transfert). De plus, le tableau 3. 1 illustre bien la part de travail de chaque acteur dans cette chaîne dyadique. Nous pouvons en déduire que la valeur ajoutée du sous-traitant est 4 fois la valeur ajoutée du donneur d'ordres. En conséquence, la marge globale de la chaîne devrait être partagée de façon à respecter la proportion de la charge de travail assurée par chaque acteur à savoir :

1/5 pour le donneur d'ordres et 4/5 pour le sous-traitant. De ce fait, une répartition équitable permettrait au donneur d'ordres d'avoir une marge de 500 et au sous-traitant une marge de 2000. Cette répartition a bien été donnée par notre proposition qui répartie la marge globale proportionnellement aux coûts directs de chaque acteur, coûts extérieurs au transfert monétaire qui se fait entre les deux parties.

### **3.2.3 Définitions**

Dans cette partie, nous présentons les définitions d'une chaîne logistique équitable et d'une relation contractuelle équitable.

#### **Chaîne logistique équitable**

Nous définissons une chaîne logistique équitable comme une chaîne dans laquelle la marge sur coûts directs est répartie équitablement entre les divers intervenants. Cette répartition peut se faire, soit selon des clés négociées et acceptées par tous les acteurs, soit proportionnellement aux coûts directs de chacun.

#### **Contrat équitable**

Un contrat équitable est un contrat établi entre deux entreprises dans le contexte d'une chaîne logistique équitable. Le contrat convenu permet un transfert financier entre les deux parties de façon à avoir une répartition équitable. Ainsi, nous définissons une relation contractuelle équitable comme une relation de partenariat durable qui spécifie les modalités d'échanges physiques, financiers et éventuellement informationnels de façon à garantir la juste rémunération à chaque partie contractante.

### **3.2.4 Approches de résolution selon la stratégie de partage d'information**

Une répartition équitable peut être assurée quand les différents acteurs de la chaîne acceptent de partager toutes leurs informations. En effet, dans un contexte où les informations concernant les différents systèmes productifs sont connues, la problématique peut être résolue analytiquement. Néanmoins, les entreprises ont toujours de la réticence à partager leurs informations pour diverses raisons (Chapitre 2 : §2. 3. 4) : confidentialité, réglementation antitrust, etc.

Dans le chapitre précédent (Chapitre 2 : §2. 3. 5), nous avons présenté une classification des stratégies de partage d'informations dans les chaînes logistiques : Partage d'informations complet, partage d'informations inexistant et partage partiel d'informations. Partant de cette catégorisation, nous proposons différentes approches pour établir des relations contractuelles équitables dans une chaîne logistique. L'approche utilisée dépend de la stratégie de partage d'informations adoptée :

- Partage d'informations complet : dans ce cas, nous proposons une résolution analytique. En effet, la deuxième et la troisième section du présent chapitre présentent une modélisation et une résolution analytique à la fois pour une chaîne dyadique et une chaîne convergente.
- Partage d'informations inexistant : dans ce cas, nous proposons d'utiliser une approche basée sur le paradigme multi-agent. En effet, un modèle de négociation est proposé dans le but de permettre aux entreprises d'établir des relations contractuelles "gagnant-gagnant". Ce modèle est présenté dans le chapitre suivant.
- Partage partiel d'informations : dans ce cas, nous proposons aussi d'utiliser une approche basée sur le paradigme multi-agent. Deux modèles sont proposés dans le but de permettre aux entreprises d'établir des relations contractuelles très proches de l'équitable. Ces modèles sont présentés dans le cinquième chapitre.

Notons que dans les approches où le partage d'informations est incomplet (partiel ou inexistant), nous ne garantissons pas d'aboutir aux meilleures solutions. Néanmoins, nous proposons des modèles multi-agents qui permettent d'assurer des répartitions très proches de l'équitable malgré l'absence de partage des informations pertinentes de chaque acteur.

### **3.3 Contrat équitable dans une chaîne dyadique avec une demande aléatoire**

Dans cette section, nous étudions une chaîne dyadique équitable. Pour ce faire, nous nous situons dans le contexte des travaux de Padilla [Gomez-Padilla, 2005] à savoir une chaîne composée d'un donneur d'ordres et d'un sous-traitant. Le donneur d'ordres (DO) est confronté à un

marché dont la demande aléatoire suit une loi de probabilité de densité  $f(x)$ . Le prix de vente  $P$  sur le marché est connu. Pour répondre à la demande, il gère un stock de taille  $S$  qu'il reconstitue à chaque fin de période [Dupont, 1998]. Il s'approvisionne auprès d'un sous-traitant (ST). Si la demande est supérieure à  $S$ , il perd des ventes. Si la demande est inférieure, il supporte un coût de stockage  $H$  par article. En plus de ces coûts, le DO supporte des coûts directs fixes (locaux, personnels, etc.)  $FDO$  et des coûts variables  $VDO$  par article (finition, conditionnement, etc.). Le DO doit déterminer le niveau  $S$  du stock de reconstituration.

Le ST, pour sa part, a une capacité de production normale donnée  $CN$  dont dépendent l'ensemble de ses coûts fixes et coûts variables. En effet, jusqu'à cette capacité  $CN$ , le ST a un coût de production variable  $VST$ . Il peut augmenter cette capacité dans une certaine proportion (heures supplémentaires, intérim), mais produit alors avec un coût variable plus élevé  $V2ST$ . De plus, le ST a des coûts fixes  $FST(CN)$  qui sont fonction de  $CN$ . Le ST doit optimiser son outil de production en déterminant sa capacité normale  $CN$ .

### 3.3.1 Modélisation mathématique

La demande  $x$  sur le marché final suit une loi de fonction de densité  $f(x)$  et de fonction de répartition  $F(x)$ . Soit  $\mu$  l'espérance de la demande et  $\sigma$  son écart type. Pour répondre à la demande, le donneur d'ordres gère un stock par reconstituration calendaire [Dupont, 1998] de niveau  $S$ .

Si  $x \leq S$  la quantité vendue est  $x$

Si  $x > S$  la quantité vendue est  $S$

La quantité vendue est une variable aléatoire dont l'espérance est :

$$V(S) = \int_0^S x f(x) dx + \int_S^{\infty} S f(x) dx$$

Posons

$$G(S) = \int_0^S F(x) dx$$

Nous n'entrerons pas dans les détails des calculs. Notons simplement qu'en intégrant par partie :

$$\int_0^S x f(x) dx = S \cdot F(S) - G(S)$$

Après simplification, nous obtenons :

$$V(S) = S - G(S)$$

Si la demande est inférieure au niveau de stock, il reste des invendus. L'espérance des invendus est :

$$I(S) = \int_0^S (S - x) \cdot f(x) dx = G(S)$$

Si la demande est supérieure au niveau de stock, il y a une pénurie.

$$P(S) = \int_S^{\infty} (x - S) f(x) dx = \mu - S + G(S)$$

### Calcul des coûts et marges

**Coût et marge du donneur d'ordres** Les coûts supportés par le donneur d'ordres sont : les coûts fixes FDO (installation, personnel), les coûts variables de production/distribution (VDO par unité vendue) et les coûts de stockage (H par unité invendue).

$$CDO = FDO + VDO \cdot V(S) + H \cdot I(S)$$

Le DO vend sur le marché final à un prix P. Sa marge sur coûts directs est égale à ses ventes diminuées de l'ensemble de ses coûts CDO et du transfert financier T qu'il paye au sous-traitant (fonction dépendante du type de contrat adopté) :

$$MDO = P \cdot V(S) - CDO - T$$

**Coût et marge du sous-traitant** Le sous-traitant, pour sa part, a des coûts fixes et des coûts variables d'approvisionnement et de production.

Les coûts fixes FST(CN) sont une fonction de la capacité de production normale CN. Cette fonction a l'allure suivante (Figure.3.4.).

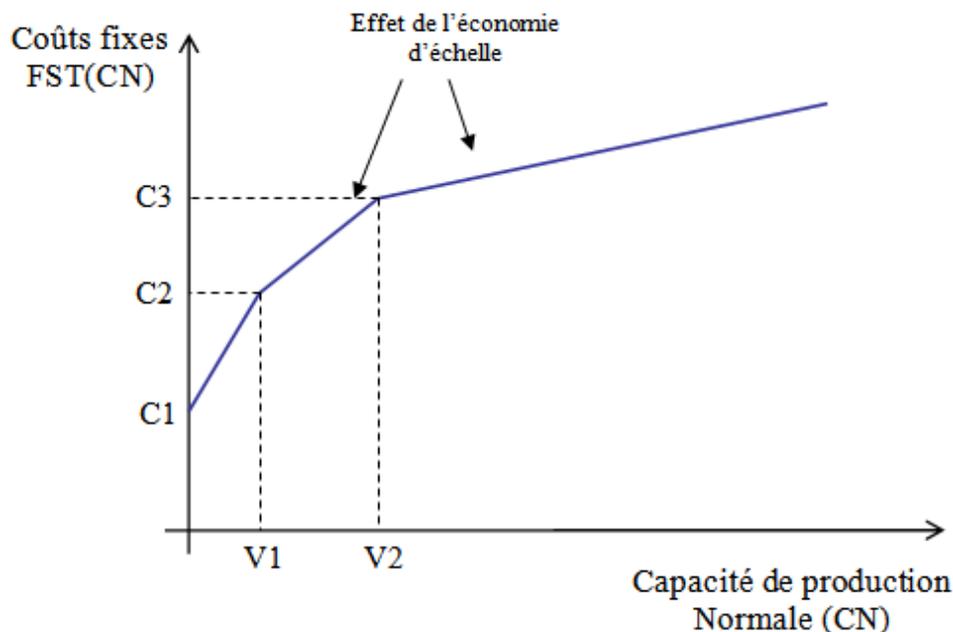


FIG. 3-4 – Fonction des coûts fixes  $FST(CN)$

En fait, les coûts fixes du ST représentent les coûts des locaux, les coûts relatifs aux personnels permanents, etc. Nous remarquons que la fonction qui représente les coûts fixes est une fonction croissante. Néanmoins, l'accroissement de la capacité normale engendre une moins forte croissance dans les coûts. Ceci est expliqué par le phénomène d'économie d'échelle. Ainsi, nous avons pour les coûts fixes du sous-traitant  $FST(CN)$  une fonction linéaire par morceaux.

$$FST(CN) = \begin{cases} \text{Si } 0 < CN \leq V1 & K1 * CN + C1 \\ \text{Si } V1 < CN \leq V2 & K2 * CN + C2 \\ \text{Si } V2 < CN & K3 * CN + C3 \end{cases}$$

Avec :

$C1$  : l'ensemble des coûts fixes indépendants de la capacité normale.

$$C2 = (K1 - K2) * V1 + C1$$

$$C3 = (K2 - K3) * V2 + (K1 - K2) * V1 + C1$$

$K1$ ,  $K2$  et  $K3$  : les coefficients des différents segments de la courbe des coûts fixes.

Les coûts variables d'approvisionnement et de production du ST dépendent de sa capacité

de production normale CN. Nous supposons légitimement que  $CN \leq S$ . En fonction de la demande  $x$  du mois précédent, les coûts variables seront :

$$\text{Si } x \leq CN \quad VST * x$$

$$\text{Si } CN < x \leq S \quad VST.CN + V2ST.(x - CN)$$

$$\text{Si } S < x \quad VST.CN + V2ST.(S - CN)$$

L'espérance d'avoir des ventes inférieures ou égales à CN est  $V(CN)$ . Par suite, nous avons directement :

$$CST = FST(CN) + VST. V(CN) + V2ST. (V(S) - V(CN))$$

Sa marge sur coûts directs est :

$$MST = T - CST$$

**Coûts et marge de la chaîne** Les coûts de la chaîne (CCH) sont la somme des coûts du donneur d'ordres et du sous-traitant :

$$CCH = CDO + CST$$

La marge de la chaîne est la somme des marges du DO et du ST, soit :

$$MCH = P. V(S) - FDO - VDO. V(S) - H. (S - V(S)) - FST(CN) - VST. V(CN) - V2ST. (V(S) - V(CN))$$

$$MCH = [P - VDO + hr - V2ST] * V(S) - H. S - FDO - FST(CN) - [VST - V2ST] * V(CN)$$

On peut remarquer que cette marge est indépendante du transfert financier existant entre le DO et le ST.

### Répartition équitable : Calcul des proportions $\alpha$ et $\beta$

La répartition de la marge doit se faire de manière équitable. Une répartition est dite équitable si la marge sur coûts directs est répartie proportionnellement aux coûts directs extérieurs à la relation, supportés par chacun. Autrement dit, les coûts de transfert T ne seront pas inclus. De ce fait, les proportions  $\alpha\%$  et  $\beta\%$  avec  $\alpha + \beta = 100\%$  sont calculées comme suit :

Pour le ST :

$$\alpha = \frac{CST}{CCH}$$

$$\alpha = \frac{(FST(CN) + VST.V(CN) + V2ST.(V(S) - V(CN)))}{(FDO + VDO.V(S) + H.I(S) + FST(CN) + VST.V(CN) + V2ST.(V(S) - V(CN)))}$$

Pour le DO :

$$\beta = \frac{CDO}{CCH}$$

$$\beta = \frac{(FDO + VDO.V(S) + H.I(S))}{(FDO + VDO.V(S) + H.I(S) + FST(CN) + VST.V(CN) + V2ST.(V(S) - V(CN)))}$$

Le Transfert financier (noté T) dépend du contrat adopté [Cachon, 2003] [Gomez-Padilla, 2005]. Dans les deux paragraphes suivants, nous présenterons une résolution analytique dans laquelle nous déterminons les modalités contractuelles permettant une répartition équitable selon le contrat prix de gros. Deux types de demande sont traités :

- Une demande aléatoire qui suit une loi uniforme.
- Une demande qui suit une loi normale.

Rappelons que le contrat prix de gros stipule qu'un prix unitaire prédéfini  $w$  au préalable est appliqué sur toute la durée du contrat.

### 3.3.2 Résolution analytique : Cas de la loi uniforme

Dans cette section, nous supposons que la demande suit une loi uniforme  $U : x$  sur  $[A, B]$ . Pour cette loi, nous avons la fonction de densité suivante :

$$f(x) = \frac{1}{B - A}$$

La fonction de répartition :

$$F(y) = \int_A^y f(x) \cdot dx = \frac{1}{B - A} \int_A^y dx = \frac{Y - A}{B - A}$$

et,

$$G(Z) = \int_A^Z F(Y) \cdot dY = \frac{1}{B - A} \left( \int_A^Z Y \cdot dY - A \int_A^Z dY \right) = \frac{(Y - A)^2}{2(B - A)}$$

Ainsi, nous avons :

$$V(X) = X - G(X) = \frac{-X^2 + 2.B.X - A^2}{2(B - A)}$$

La marge de la chaîne est donc comme suit :

$$MCH = [P - VDO + H - V2ST] * \frac{-S^2 + 2.B.S - A^2}{2(B - A)} - H.S - FDO - FST(CN) - [VST - V2ST] * \frac{-CN^2 + 2.B.CN - A^2}{2(B - A)}$$

Afin de maximiser la marge :

$$\begin{cases} \frac{dMCH}{dS} = [P - VDO + H - V2ST] * \frac{-S + B}{B - A} - H \\ \frac{dMCH}{dCN} = -[VST - V2ST] * \frac{-CN + B}{B - A} - \frac{dFST(CN)}{dCN} \end{cases}$$

Nous obtenons ainsi :

$$\begin{cases} S = B - \frac{hr * (B - A)}{P - VDO + hr - V2ST} \\ CN = B + \frac{K(B - A)}{VST - V2ST} \end{cases}$$

avec K = K1 ou K2 ou K3

Une fois la marge du réseau maximisée, il suffit de trouver le prix de gros permettant de répartir équitablement cette marge. Rappelons que le transfert financier selon le contrat prix de gros est :

$$T(w) = w.V(S)$$

Afin d'aboutir à une répartition équitable, il faudrait que :

$$MDO = \beta.MCH$$

Sans entrer dans les détails du calcul :

$$w = PV - PV * \frac{VDO.V(S) + H.I(S) + FDO}{VDO.V(S) + H.I(S) + FDO + FST(CN) + VST.V(CN) + V2ST.(V(S) - V(CN))}$$

### Exemple numérique

Le donneur d'ordres répond à une demande qui suit une loi uniforme  $U : x$  sur  $[450, 550]$ , son prix de vente  $P=80$ , il supporte des coûts fixes  $FDO=10000$  des coûts variables unitaires  $VDO=15$  et un coût de stockage  $H=2$ .

Le sous-traitant ST1 a des coûts fixes qui sont fonction de la capacité de production normale  $CN$ .

$$FST(CN) = \begin{cases} \text{Si } 0 < CN \leq 250 & 5 * CN + 100 \\ \text{Si } 250 < CN \leq 500 & 3 * CN + 1350 \\ \text{Si } 500 < CN & 2 * CN + 1850 \end{cases}$$

De plus, il a des coûts variables d'approvisionnement et de production : un coût variable pour la capacité normale  $VST=10$  et un coût variable pour la capacité excédentaire  $V2ST=13$ . Ces coûts variables dépendent de la capacité de production normale  $CN$ . Nous supposons légitimement que  $CN \leq S$ . En fonction de la demande  $x$  du mois précédent, les coûts variables seront :

$$\text{Si } x \leq CN \quad 10 * x$$

$$\text{Si } CN < x \leq S \quad 10.CN + 13.(x - CN)$$

$$\text{Si } S < x \quad 10.CN + 13.(S - CN)$$

Nous obtenons ainsi :

$$\begin{cases} S = B - \frac{H * (B - A)}{P - VDO + H - V2ST} = 546 \\ CN = B + \frac{K(B - A)}{VST - V2ST} = 450 \end{cases}$$

$$w = PV - PV * \frac{VDO.V(S)+H.I(S)+FDO}{VDO.V(S)+H.I(S)+FDO+FST(CN)+VST.V(CN)+V2ST.(V(S)-V(CN))}$$

$$w = 24.684$$

### 3.3.3 Résolution analytique : Cas de la loi normale

Dans cette section, nous supposons que la demande suit une loi normale  $x \rightarrow N(\mu, \sigma)$  de moyenne  $\mu$  et d'écart-type  $\sigma$ . Par changement de variable, nous pouvons ramener cette variable à une variable centrée réduite  $z = (x - \mu)/\sigma$  de loi  $N(0, 1)$ .

Avec ce changement de variable, les fonctions de densité et de répartition sont comme suit :

$$f(x)=f(z)$$

$$F(x)=F(z)$$

D'après [Dupont, 1998], nous avons

$$P(S) = \sigma P(z)$$

et

$$P(z) = \frac{\exp(-z^2/2)}{\sqrt{2\pi}} + z \cdot F(z) - z.$$

De plus, nous avons

$$P(S) = \mu - S - G(S)$$

Donc, après simplification

$$G(S) = -\frac{\exp(-z^2/2)}{\sqrt{2\pi}} - z \cdot F(z)$$

et

$$V(S) = S - G(S) = \mu + \sigma z + \frac{\exp(-z^2/2)}{\sqrt{2\pi}} + z \cdot F(z)$$

La marge de la chaîne est comme suit :

$$MCH = [P - VDO + H - V2ST] * V(S) - H \cdot S - FDO - FST(CN) - [VST - V2ST] * V(CN)$$

Afin de maximiser la marge :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dMCH}{dS} = [P - VDO + H - V2ST] * (1 - F(S)) - H \\ \frac{dMCH}{dCN} = V2ST - VST - (V2ST - VST) \cdot F(CN) - \frac{dFST(CN)}{dCN} \end{array} \right.$$

Nous obtenons ainsi :

$$\left\{ \begin{array}{l} F(S) = 1 - \frac{H}{PV - VDO + H - V2ST} \\ F(CN) = \frac{V2ST - VST - K}{V2ST - VST} \end{array} \right.$$

avec  $K = K1$  ou  $K2$  ou  $K3$  selon la valeur de  $CN$

Les valeurs de  $S$  et de  $CN$  sont obtenues à partir du tableau de la loi normale  $N(0, 1)$ .

Une fois la marge du réseau maximisé, il suffit de trouver le prix de gros permettant de répartir équitablement cette marge.

Rappelons que le transfert financier selon le contrat prix de gros est :

$$T(w) = w \cdot V(S)$$

Afin d'aboutir à une répartition équitable, il faudrait que :

$$MDO = \alpha \cdot MCH$$

Sans entrer dans les détails du calcul :

$$w = PV * \left( 1 - \frac{VDO \cdot V(S) + H \cdot I(S) + FDO}{VDO \cdot V(S) + H \cdot I(S) + FDO + FST(CN) + VST \cdot V(CN) + V2ST \cdot (V(S) - V(CN))} \right)$$

### 3.4 Contrats équitables dans une chaîne convergente : un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants

Dans cette section, nous traitons le cas d'une chaîne logistique convergente. La chaîne est composée de plusieurs sous-traitants et d'un donneur d'ordres. Le donneur d'ordres répond à une demande fixe. Les sous-traitants s'approvisionnent chez le donneur d'ordres. Chaque sous-traitant possède une capacité de production normale. Il peut augmenter cette capacité de production jusqu'à une capacité maximale. Cette capacité excédentaire est généralement facturée plus chère. Dans cette chaîne, la problématique est de diviser la demande entre les sous-traitants et de déterminer les prix de vente tout en réalisant les objectifs suivants :

- Maximiser la marge globale de la chaîne.
- Assurer une répartition équitable entre les divers acteurs.

### 3.4.1 Modélisation mathématique

Nous nous situons dans le contexte d'une chaîne logistique composée de plusieurs sous-traitants qui s'approvisionnent auprès d'un donneur d'ordres qui répond à une demande fixe D (Figure.3.5.).

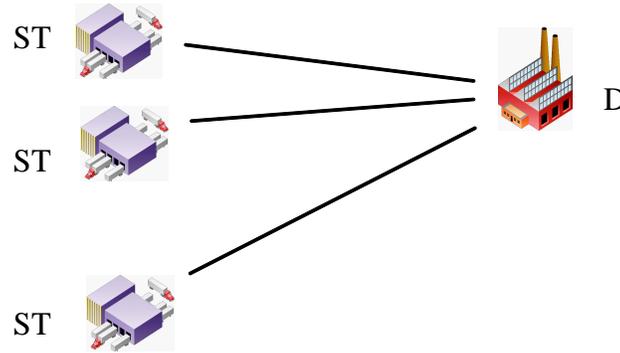


FIG. 3-5 – Chaîne logistique convergente : Un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants

Chaque sous-traitant (ST<sub>i</sub>) possède une capacité de production normale CN<sub>i</sub>. Jusqu'à cette capacité, il a un coût de production variable VST. Il peut augmenter cette capacité par une capacité supplémentaire CS<sub>i</sub> dans une certaine proportion (heures supplémentaires, intérim), mais produit alors avec un coût variable plus élevé V2ST. En plus de ces coûts variables, chaque sous-traitant supporte des coûts fixes FST.

Les coûts de Chaque sous-traitant dépendent de sa capacité de production normale CN<sub>i</sub>. En effet, en fonction de la quantité Q<sub>i</sub> qui lui est commandée, les coûts CST<sub>i</sub> d'un sous-traitant(i) sont :

$$CST_i = \begin{cases} Si Q_i \leq CN_i & FST_i + VST_i * Q_i \\ Si CN_i < Q_i < CN_i + CS_i & FST_i + VST_i * CN_i + V2ST_i * (Q_i - CN_i) \\ Si Q_i = CN_i + CS_i & FST_i + VST_i * CN_i + V2ST_i * CS_i \end{cases}$$

Sa marge sur coûts directs MST<sub>i</sub> est :

$$MST_i = W_i * Q_i - CST_i$$

Le donneur d'ordres (DO) est confronté à un marché dont la demande D est fixe. Le prix de vente P sur le marché est connu. Pour répondre à la demande, il s'approvisionne auprès de

plusieurs sous-traitants. Le DO supporte des coûts directs fixes (locaux, personnels, . . .) FDO et des coûts variables VDO par article (finition, conditionnement, . . .).

Les coûts CDO supportés par le donneur d'ordres sont : les coûts fixes (installation, personnel) et les autres coûts variables de production/distribution.

$$CDO = FDO + VDO * D$$

La marge sur coûts directs MDO du donneur d'ordres est égale à ses ventes diminuées de l'ensemble de ses coûts fixes et des coûts d'achat (les transferts financiers) aux sous-traitants :

$$MDO = P * D - CDO - \sum_{i=1}^N W_i * Q_i$$

La marge (MCH) et coûts (CCH) globaux de la chaîne sont comme suit :

$$MCH = MDO + \sum_{i=1}^N MST_i$$

$$CCH = CDO + \sum_{i=1}^N CST_i$$

### 3.4.2 Résolution analytique

Une répartition équitable peut être assurée quand les différents acteurs de la chaîne acceptent de partager leurs informations. En effet, dans un contexte où les informations concernant les différents systèmes productifs sont connues, la problématique peut être résolue analytiquement selon un ordre lexicographique des objectifs suivants :

- Maximisation de la marge de la chaîne (déterminer les quantités achetées par le donneur d'ordres aux différents sous-traitants)
- Répartition équitable des bénéfices (déterminer les prix d'achats)

Ainsi, nous commençons par calculer les quantités dans le but de maximiser la marge de la chaîne. Nous avons le système suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} MCH = PV * D - (FDO + VDO * D + \sum_{i=1}^N CST_i) \\ D = \sum_{i=1}^N Q_i \\ \forall i, Q_i \leq CN_i + CS_i \end{array} \right.$$

La marge de la chaîne est une équation linéaire qui est fonction des quantités. Ainsi, nous pouvons déterminer les quantités qui permettent la maximisation de la marge de la chaîne. Par la suite, nous obtenons un ensemble d'équations. Chacune de ces équations présente une seule inconnue : le prix  $W_i$ .

$$\forall i, \frac{MST_i}{MCH} = \frac{CST_i}{CCH}$$

Par développement de  $\frac{MST_i}{MCH} = \frac{CST_i}{CCH}$ , nous obtenons :

$$\frac{W_i * Q_i - CST_i}{PV * D - FDO - VDO * D - \sum_{i=1}^N CST_i} = \frac{CST_i}{FDO + VDO * D + \sum_{i=1}^N CST_i}$$

La seule inconnue dans cette équation est  $W_i$ . Ainsi, nous pouvons déterminer les prix  $W_i$  dans le but de permettre une répartition équitable.

$$\forall i, W_i = \frac{\frac{CST_i * (PV * D - FDO - VDO * D - \sum_{i=1}^N CST_i)}{FDO + VDO * D + \sum_{i=1}^N CST_i} + CST_i}{Q_i}$$

### Exemple numérique

Dans cette section, nous présentons un exemple numérique présentant les solutions de la résolution analytique. Dans cet exemple, nous prenons le cas d'une chaîne avec un donneur d'ordres et deux sous-traitants :

Le donneur d'ordres(DO) négocie avec 2 sous-traitants (S1) and (S2).

Le DO, illustré par le tableau, répond à une demande fixe  $D=500$ , son prix de vente  $P=80$ , il supporte des coûts fixes  $FDO=10000$  et des coûts variables unitaires  $VDO=15$ .

Les sous-traitants, illustrés par le tableau3.2. :

Le sous-traitant ST1 a une capacité normale de production normale  $CN_1=350$ , une capacité supplémentaire  $CS_1=70$ , des coûts fixes  $FST_1=4000$ , un coût variable pour la capacité normale  $VST_1=10$  et un coût variable pour la capacité excédentaire  $V2ST_1=13$ .

Le sous-traitant ST2 a une capacité normale de production normale  $CN_2=100$ , une capacité supplémentaire  $CS_2=50$ , des coûts fixes  $FST_2=1500$ , un coût variable pour la capacité normale  $VST_2=12$  et un coût variable pour la capacité excédentaire  $V2ST_2=14$ .

	Capacité nor. (CN <sub>i</sub> )	Capacité supp. (CS <sub>i</sub> )	Coûts fixes (FST <sub>i</sub> )	Coûts var. (VST <sub>i</sub> )	Coûts var. (V2ST <sub>i</sub> )
<b>ST1</b>	350	70	4000	10	13
<b>ST2</b>	100	50	1500	12	14

TAB. 3.2 – Capacités et coûts des sous-traitants

La marge de la chaîne est une équation linéaire fonction des quantités. Ainsi, nous pouvons déterminer les quantités qui permettent la maximisation de la marge de la chaîne : il suffit d'ordonner les capacités normales et supplémentaires selon leurs coûts de production et satisfaire la demande (Tableau 3.3.).

	Capacité	Coût var.	Quantité retenue
<b>Cap. normale de ST1 (CN1)</b>	350	10	350
<b>Cap. normale de ST2 (CN2)</b>	100	12	100
<b>Cap. supp. de ST1 (CS1)</b>	70	13	50
<b>Cap. supp. de ST2 (CS2)</b>	50	14	0

TAB. 3.3 – Répartition de la demande selon un ordre croissant des coûts variables

Ainsi, la demande est satisfaite comme suit :  $Q_1 = 400$  et  $Q_2 = 100$

De ce fait, nous pouvons calculer les prix d'achat payés par le donneur d'ordres aux sous-traitants :

$$\forall i, W_i = \frac{CST_i * (P * D - FDO - VDO * D - \sum_{i=1}^2 CST_i)}{FDO + VDO * D + \sum_{i=1}^2 CST_i} + CST_i$$

$$Q_i$$

$$W_1 = 28, 747 \text{ et } W_2 = 38, 095$$

Ainsi, les contrats prix de gros établis dans le cadre de cette chaîne logistique sont :

C1 ( $W_1=28, 747$  ;  $Q_1=400$ ) entre DO et ST1,

C2 ( $W_2=38, 095$  ;  $Q_2=100$ ) entre DO et ST2.

### 3.5 Conclusion

Le commerce conventionnel est souvent synonyme d'injustice [Le Velly, 2006]. En effet, les acteurs du commerce équitable parlent de la nécessité d'instaurer des relations commerciales plus justes où les rémunérations sont plus équitables. De plus, ils relatent la nécessité d'instaurer des relations de partenariat durables. Dans cette optique, nous avons présenté dans ce chapitre des relations contractuelles que nous avons appelé équitables. Un contrat équitable est défini comme une relation de partenariat durable qui spécifie les modalités d'échanges physiques et financiers de façon à garantir la juste rémunération à chaque partie contractante.

Une relation contractuelle équitable est une relation où les acteurs sont rémunérés à leur juste valeur. Pour ce faire, nous avons proposé dans ce chapitre que la marge globale de la chaîne soit répartie proportionnellement à la valeur ajoutée de chaque acteur. Ainsi, la marge globale sera répartie proportionnellement aux coûts directs de chaque acteur, coûts extérieurs au transfert monétaire qui se fait entre les deux parties contractantes.

Dans le contexte d'un partage d'informations complet, une modélisation et une résolution analytique sont présentées dans la deuxième et troisième section successivement pour une chaîne dyadique et une chaîne convergente (un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants).

Dans le contexte d'un partage d'informations incomplet (partiel ou inexistant), nous présentons dans les chapitres suivants des modèles de négociation multi-agents. Ces modèles sont conçus dans le but d'assurer des relations contractuelles très proches de l'équitable malgré le contexte informationnel incomplet.

## Chapitre 4

# Contrats équitables dans un contexte de partage d'informations inexistant : Approche multi-agent

### Sommaire

---

<b>4.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>79</b>
<b>4.2</b>	<b>Systèmes multi-agents</b>	<b>79</b>
4.2.1	Définitions	79
4.2.2	Caractéristiques	80
4.2.3	Classification des agents	80
4.2.4	Méthodes de coopération	81
<b>4.3</b>	<b>Négociation</b>	<b>82</b>
4.3.1	Définition	83
4.3.2	Approches	83
4.3.3	Travaux connexes & positionnement	84
<b>4.4</b>	<b>Modèle de négociation multi-agent dans un contexte sans partage d'informations</b>	<b>86</b>
4.4.1	Modélisation mathématique	86
4.4.2	Le modèle M1	87
4.4.3	Dynamique de négociation	89
<b>4.5</b>	<b>Conclusion</b>	<b>100</b>

---

## 4.1 Introduction

Le partage d'informations est un élément clé dans une chaîne logistique. En effet, l'approche de résolution d'une problématique peut différencier selon la stratégie de partage d'informations adoptée. Ainsi, pour une stratégie de partage d'informations complet, nous avons résolu analytiquement, dans le précédent chapitre, la problématique de la mise en place de contrats équitables dans une chaîne convergente (un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants). Dans ce chapitre, nous proposons de résoudre cette problématique dans un contexte où le partage d'informations est inexistant. Pour ce faire, nous adoptons une approche de négociation multi-agent. Cette approche se justifie par le contexte informationnel. Elle se justifie également par le fait que le problème soit fonctionnellement distribué et que la performance de la chaîne, d'un point de vue équité, résulte des comportements individuels des membres de la chaîne et de leurs interactions.

La première et la deuxième section de ce chapitre présentent brièvement les systèmes multi-agents et la négociation. La troisième section présente notre modèle de négociation multi-agent dans un contexte où le partage d'informations est inexistant.

## 4.2 Systèmes multi-agents

### 4.2.1 Définitions

Les Systèmes Multi-Agents constituent un ensemble d'agents interagissant et collaborant dans le but de résoudre un problème. Pour définir les Systèmes Multi-Agents, il faut d'abord définir l'élément de base, à savoir l'agent.

Dans[Ferber, 1995], Ferber définit un agent comme :

"Une entité physique ou virtuelle située dans un environnement (réel ou virtuel) qui est capable de :

1. agir sur son environnement,
2. percevoir et se représenter partiellement son environnement (dont les autres agents),
3. communiquer avec d'autres agents,
4. se conserver et se reproduire,

- qui est mû par ses tendances internes (buts, recherche de satisfaction) et qui présente un comportement autonome qui est la conséquence de ses perceptions, de ses représentations et de ses communications".

### 4.2.2 Caractéristiques

Dans la littérature, plusieurs caractéristiques des agents logiciels ont été proposées, parmi les principales nous citons [Wooldridge et Jennings, 1995] [Digital et Cardelli, 1995] : l'autonomie, la réactivité, l'orienté-but, la continuité, la communication, la coopération, etc. Par ailleurs, certains auteurs [Mendes et al., 1996] considèrent cinq concepts comme étant les plus importants, à savoir : l'autonomie, l'intelligence, la coopération, la communication, et la mobilité. Ces concepts sont présentés par la figure 4.1.

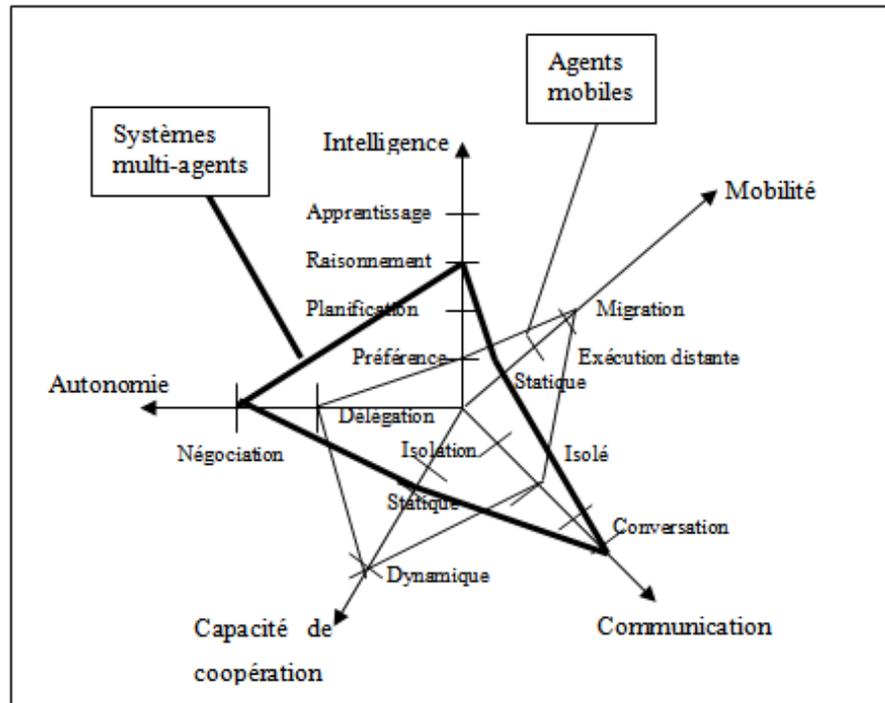


FIG. 4-1 – Les concepts d'agents et leurs caractéristiques

### 4.2.3 Classification des agents

Deux catégories d'agents ont longtemps été distinguées [Chaib-draa, 1996] : les agents réactifs et les agents cognitifs.

Les agents réactifs [Ghédira, 1993] sont des agents n'ayant pas un modèle de raisonnement interne et ils agissent selon un comportement du type stimulus/réponse envers l'environnement dans lequel ils sont placés [Ghédira, 1993]. Les agents réactifs ne sont pas intelligents individuellement mais l'interaction de plusieurs agents permet l'émergence d'une intelligence.

Les agents cognitifs [Ghédira, 1993] ou encore délibératifs sont des agents disposant d'un modèle de raisonnement interne leur permettant de s'engager dans des processus de négociation, de planification et de coordination avec les autres agents de leur environnement. Les agents cognitifs peuvent résoudre des problèmes individuellement ou interagir avec d'autres agents pour le faire.

D'autres types d'agents, qualifiés d'hybrides, utilisant donc ces deux types de comportements, sont ensuite apparus [Hsairi, 2010].

Plusieurs types d'agents cognitifs peuvent être distingués :

- Les agents intelligents : Ils sont capables de planifier leurs actions, de négocier avec d'autres agents et d'acquérir ou de modifier leurs connaissances.
- Les agents collaborateurs : ce sont des agents cognitifs non apprenants. Ils sont surtout utilisés dans les domaines qui nécessitent une décentralisation comme la maintenance de réseau.
- Les agents d'interface : Ils sont utilisés pour l'assistance à l'utilisateur dans le cas d'interfaces aux fonctionnalités nombreuses et complexes.
- Les agents d'information : ces agents sont dédiés à la recherche d'information, principalement sur Internet.

Les agents logiciels peuvent aussi être stationnaires ou mobiles. Les agents stationnaires sont dépourvus du déplacement, leurs fonctions sont réalisables à un niveau local (machine où ils sont implantés). Les agents mobiles sont des programmes qui peuvent se déplacer dans un réseau hétérogène et interagir éventuellement avec d'autres agents distants.

Dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons aux agents cognitifs (intelligents) et stationnaires.

#### **4.2.4 Méthodes de coopération**

Les agents sont dans la nécessité d'interagir et de coopérer avec d'autres agents afin de réaliser leurs objectifs, et ce, pour plusieurs raisons : la compatibilité des buts, la résolution de

tâches complexes, les conflits liés aux ressources, etc. Les interactions entre les agents, qu'on appelle aussi méthodes de coopération [Doran et al., 1997], existent sous plusieurs formes :

- Le regroupement : c'est le rapprochement entre les agents afin d'acquérir des comportements plus complexes.
- La multiplication : c'est l'augmentation du nombre d'agents dans un système.
- La communication : elle représente le moyen d'échange d'informations qui permettent de résoudre les conflits de coopération et de coordination.
- La spécialisation : c'est le fait que chaque agent soit spécialisé dans un domaine bien particulier dans le but de mieux traiter les problèmes complexes.
- La collaboration : c'est le fait de répartir des tâches, des informations et des ressources entre plusieurs agents de façon à atteindre un but commun.
- La coordination : c'est le fait de coordonner les actions des agents qui sont en coopération dans le but de réaliser à la fois leurs buts personnels et communs.
- La négociation : la négociation est le processus qui permet à un groupe d'agents d'arriver à un accord mutuel concernant un fait particulier comme les modalités du contrat à établir entre deux entreprises. Cette méthode de coopération nous intéresse particulièrement. Elle sera présentée avec plus de détail dans le paragraphe suivant.

### 4.3 Négociation

La négociation est le processus de communication d'un groupe d'agents dans le but de parvenir à un accord mutuellement acceptable sur un certain sujet [Bussmann et Müller, 1993]. Dans le chapitre précédent, nous avons présenté une résolution analytique. Cette résolution analytique se justifiait par le contexte du partage complet d'informations. Dans le contexte d'un partage partiel d'informations, la résolution est possible via une approche de négociation des contrats.

Nous présenterons dans cette section la définition de la négociation ainsi que ses différentes approches : approche heuristique, approche argumentative et approche par la théorie des jeux. L'approche que nous retiendrons dans nos travaux est l'approche heuristique. En fin de section, nous présenterons quelques travaux réalisés se rapprochant de notre contexte.

### 4.3.1 Définition

Plusieurs définitions de la négociation ont été proposées dans la littérature. Elles s'accordent toutes sur une finalité : l'aboutissement à un accord commun satisfaisant.

Nous retenons la définition suivante :

"La négociation est un processus grâce auquel plusieurs participants interagissent et échangent des propositions et des contre-propositions afin d'aboutir à une décision commune qui satisfait au mieux tous les participants" [Hsairi, 2010].

### 4.3.2 Approches

Plusieurs approches ont été étudiées dans la littérature : l'approche de la théorie des jeux, l'approche heuristique et l'approche à base d'argumentation.

#### **Approche de la théorie des jeux pour la négociation**

La théorie des jeux offre un outil très puissant pour étudier et organiser l'interaction stratégique entre des agents rationnels en général [Von Neumann et Morgenstern, 1944], et à la négociation automatisée en particulier. Sa méthodologie s'appuie sur la notion d'individualisme méthodologique. Cette approche présente l'avantage de fournir des solutions optimales. Cependant, elle présente certains inconvénients [Jennings et al., 2001] :

- La théorie des jeux suppose qu'il est possible de caractériser les préférences de l'agent par rapport aux résultats possibles.
- Elle suppose souvent la rationalité computationnelle parfaite.
- Elle suppose que l'ensemble des accords possibles est pleinement connu par les agents. Cette hypothèse est rarement vraie dans la plupart des cas réels, les agents connaissent généralement leur propre espace d'informations, mais ils ne connaissent pas ceux de leurs adversaires.

#### **Approche heuristique pour la négociation**

L'approche heuristique permet de surmonter les limites de l'approche de théorie des jeux. Cependant, elle ne produit pas des solutions optimales, mais de bonnes solutions. Cette approche offre une plus grande flexibilité pour les concepteurs d'agents, les modèles sont basés sur des

hypothèses plus réalistes, les agents négociateurs n'ont pas besoin d'avoir des informations complètes pour évoluer dans le processus de négociation et les coûts computationnels sont assez faibles [Jennings et al., 2001] [Siala et al., 2005].

### **Approche à base d'argumentation pour la négociation**

L'approche basée sur l'argumentation est fondée sur l'échange d'arguments (informations) [Jennings et al., 2001] [Hsairi, 2010]. En effet, un modèle basé sur l'argumentation est un processus de négociation par lequel les agents sont autorisés à envoyer des informations en plus de leur offre en vue d'influencer la contrepartie. Cette approche est souvent utilisée lorsque nous avons besoin d'échanger plus d'informations que de simples propositions, ou même lorsque nous avons besoin de changer les objets de négociation au cours de l'exécution du processus.

### **Approche retenue : approche heuristique**

L'approche retenue dans nos travaux est l'approche heuristique. Cette approche se justifie par le contexte de notre étude. En effet, nous travaillons sur des hypothèses réalistes et dans un contexte de partage partiel d'informations. L'approche de la théorie des jeux a été écartée parce qu'elle est coûteuse en termes de temps et moyens de calcul, et qu'elle suppose généralement une connaissance parfaite par tous les acteurs. L'approche à base d'argumentation a été écartée parce que l'objet de négociation est un couple (quantité, prix). Le contexte d'étude et l'objet de négociation ne nécessitent pas une argumentation.

### **4.3.3 Travaux connexes & positionnement**

Dans l'approche heuristique, la plupart des travaux de recherche antérieurs ont traité la recherche de méthodes de partage de gains, mais la plupart d'entre eux ont l'une des deux limitations suivantes [Li et al., 2009] : soit ils ne traitent pas l'équité ou, ils se basent sur l'hypothèse d'une information complète.

Quelques travaux traitant de l'équité se distinguent.

Li et al [2009] ont proposé un framework coopératif pour des négociations bilatérales multi-issues. Ils ont proposé une procédure de négociation, dans laquelle un agent médiateur non

biaisé recherche les directions d'un compromis et supporte les agents afin de parvenir à un accord efficace et équitable.

Shew et al [2000] ont étudié un problème de négociations multi-issues dans un contexte informationnel asymétrique. Ils ont proposé un framework qui emploie un tiers pour agir comme médiateur qui va guider les agents vers des solutions équitables.

Ehtamo et al [1999] ont présenté une procédure de négociation basée sur une approche bissectrice. Cette procédure permet de choisir la direction du compromis dans une négociation bilatérale. La procédure utilise un médiateur qui assiste les décideurs en choisissant des compromis conjointement bénéfiques. Les auteurs examinent comment les directions du compromis doivent être choisies. Ils concluent que la simple division 50-50 entre les variations des directions des deux négociateurs se révèle être un convenable et équitable compromis.

Un autre modèle de négociation basé sur la médiation est proposé par Lai et al [2006]. Les auteurs présentent leur modèle dans un contexte informationnel incomplet. Dans leur approche, un médiateur non biaisé fait de l'apprentissage afin de maintenir les solutions proches du front de Pareto sans avoir des coûts de calcul importants. Cependant, il n'aborde pas la question de l'équité entre les fonctions d'utilité (gains) des deux agents négociateurs.

Nous nous positionnons par rapport à ces travaux par les points suivants :

- Tous ces travaux adressent une négociation équitable bilatérale entre un donneur d'ordres et un fournisseur, où un médiateur assiste ou guide les négociateurs. Dans nos travaux, nous étudions une négociation équitable dans le cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de plusieurs sous-traitants. Nous pensons que le cas d'une chaîne dyadique où il n'y a pas de concurrence entre les sous-traitants ne nécessite pas une décentralisation et peut être résolu analytiquement. Ainsi, nous avons résolu analytiquement le cas d'une chaîne dyadique (chapitre 3). De plus, nous proposons différentes approches (analytique : chapitre 3 et multi-agent : chapitre 4 et 5) pour une chaîne convergente. L'approche dépend de la stratégie de partage d'informations adoptée.
- Dans ces modèles, les agents ont généralement des incitations à révéler leurs informations pertinentes et privées au système qui agit comme un médiateur et aide à guider la négociation. Dans nos travaux, les agents ne sont pas prêts à partager leurs informations pertinentes du fait de la concurrence.

- Dans ces systèmes, le médiateur a un rôle central et intervient énormément dans le processus de négociation et même parfois dans le modèle décisionnel des agents. Dans nos travaux, nous utiliserons la notion de l’agent médiateur. Toutefois, son rôle peut varier d’un rôle de simple conseiller à un rôle de guide sans pour autant intervenir dans les modèles décisionnels des agents.

## 4.4 Modèle de négociation multi-agent dans un contexte sans partage d’informations

Dans le cadre d’une chaîne où les acteurs ne sont pas prêts à partager leurs informations, nous avons proposé une approche de négociation multi-agent afin de permettre aux agents négociants d’arriver à un consensus.

Cette approche se justifie par le contexte informationnel de notre problématique et le fait qu’elle soit fonctionnellement distribuée. Ainsi, un modèle est proposé dans le but de pouvoir donner des solutions à la problématique posée.

### 4.4.1 Modélisation mathématique

Nous nous situons dans le contexte d’une chaîne logistique composée d’un donneur d’ordres et de plusieurs sous-traitants. Le donneur d’ordres, pour répondre à une demande fixe, s’approvisionne auprès des sous-traitants. Cette modélisation mathématique a déjà été présentée dans le paragraphe 3.4.1. Ci-dessous un bref rappel :

Coûts  $CST_i$  d’un sous-traitant (ST $_i$ ) :

$$CST_i = \begin{cases} Si \ Q_i \leq CN_i & FST_i + VST_i * Q_i \\ Si \ CN_i < Q_i < CN_i + CS_i & FST_i + VST_i * CN_i + V2ST_i * (Q_i - CN_i) \\ Si \ Q_i = CN_i + CS_i & FST_i + VST_i * CN_i + V2ST_i * CS_i \end{cases}$$

Sa marge sur coûts directs  $MST_i$  est :

$$MST_i = W_i * Q_i - CST_i$$

Les coûts CDO du donneur d’ordres :

$$CDO = FDO + VDO * D$$

Sa marge sur coûts directs MDO :

$$MDO = P * D - CDO - \sum_{i=1}^N W_i * Q_i$$

La marge (MCH) et coûts (CCH) globaux de la chaîne sont comme suit :

$$MCH = MDO + \sum_{i=1}^N MST_i$$

$$CCH = CDO + \sum_{i=1}^N CST_i$$

#### 4.4.2 Le modèle

Notre modèle est une reproduction de la chaîne logistique considérée (Figure.4.2.) : d'une part, nous avons des agents sous-traitants qui négocient un couple (prix, quantité) afin de maximiser leurs marges, et d'autre part, nous avons un agent donneur d'ordres qui négocie plusieurs combinaisons (prix, quantité) avec les différents agents sous-traitants dans le but de satisfaire la demande et de maximiser sa marge.

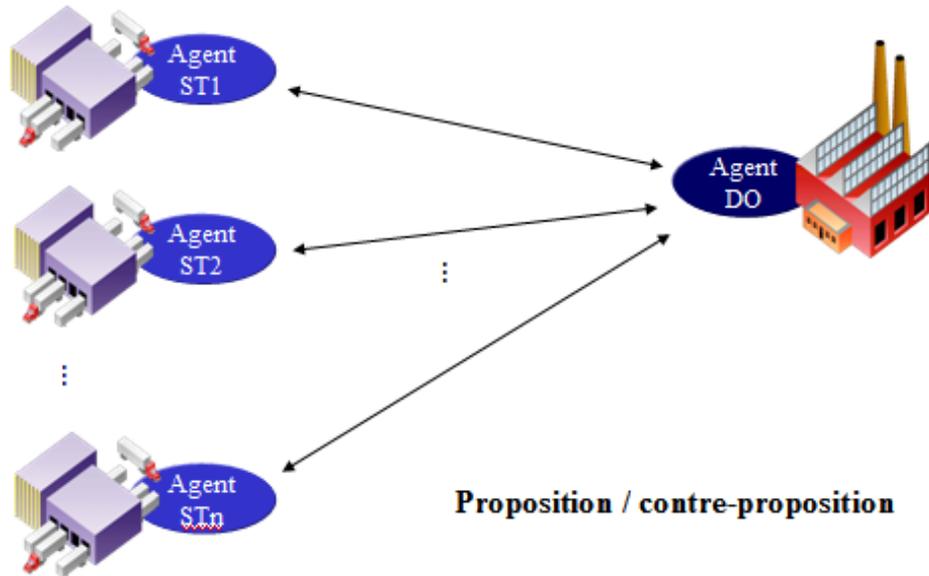


FIG. 4-2 – Modèle multi-agent[Kallel et al., 2008a]

Cette section présente pour chaque classe d'agent : les objectifs, les connaissances (les agents qu'il connaît) et les connaissances (statiques et dynamiques).

## Un agent sous-traitant

Chaque agent sous-traitant a comme objectif (local) la maximisation de sa marge de bénéfices  $MST_i$ .

Les connaissances de chaque agent sous-traitant sont : l'agent donneur d'ordres.

Ses connaissances statiques représentent les informations sur son système de production : sa capacité de production normale  $CN_i$ , sa capacité de production maximale  $CM_i$ , ses coûts fixes  $FST_i$ , son coût variable pour la capacité normale  $VST_i$  et son coût variable  $V2ST_i$  pour toute production excédentaire (au delà de la capacité de production normale).

Ses connaissances dynamiques sont les paramètres négociés du contrat (type prix de gros) : le prix d'achat  $W_i$  et la quantité  $Q_i$ .

## L'agent donneur d'ordres

L'agent donneur d'ordres a deux objectifs :

- le premier est de maximiser sa marge de bénéfices MDO.
- Le second est de répartir les quantités entre les sous-traitants puisque la demande est supérieure à la somme des capacités de production normales et inférieure à la somme des capacités maximales des différents sous-traitants.

Les connaissances de l'agent donneur d'ordres sont : les différents agents sous-traitants.

Ses connaissances statiques sont : la demande  $D$ , son prix de vente sur le marché final  $P$ , ses coûts fixes  $FDO$ , ses coûts variables (unitaire)  $VDO$  et les capacités de production normales et maximales de chaque sous-traitant ( $CN_i$ ,  $CM_i$ ).

Ses connaissances dynamiques dépendent principalement des messages reçus des autres agents :

- Les paramètres négociés du contrat (type prix de gros) : le prix d'achat  $W_i$  et la quantité  $Q_i$ .
- Les états des différents sous-traitants durant la négociation (actif, inactif).

### 4.4.3 Dynamique de la négociation

La négociation mise en place est une multiple négociation bilatérale. Le modèle [Kallel et al., 2008] est fortement inspiré du contract-net réitéré [FIPA, 2002a]. Toutefois, le modèle présente les différences suivantes :

- Un appel à propositions est envoyé uniquement au début du processus de négociation.
- Il n’y a aucune limitation de temps pour répondre à chaque itération, mais il y a une limitation du nombre maximal d’itérations.
- Le donneur d’ordres peut qualifier les agents sous-traitants (les contreparties) avec des états (actif, inactif). Le donneur d’ordres se comporte dans la négociation avec chaque agent sous-traitant selon son état actuel.
- Le donneur d’ordres a généralement besoin de tous les agents sous-traitants pour répondre à la demande. Ainsi, la négociation ne concerne pas la sélection d’un agent mais concerne la négociation d’un ensemble de couples (quantités, prix).

Dans ce paragraphe, nous présentons en détail la dynamique du modèle proposé. La négociation concerne un ensemble de couples (quantité, prix) : chaque couple est négocié par l’agent donneur d’ordres avec un agent sous-traitant.

La dynamique suit le raisonnement suivant : L’agent donneur d’ordres commence le processus de négociation par un appel à propositions. Les agents sous-traitants génèrent leurs premières propositions. L’agent donneur d’ordres collecte les propositions et génère à son tour sa propre proposition. Ainsi, un processus réitéré de propositions/contre-propositions est mis en place jusqu’à aboutir à un succès ou à un échec. Afin de bien expliquer la dynamique, nous présentons dans la figure 4.3 le processus d’échanges de propositions entre le donneur d’ordres et un des sous-traitants. En effet, comme tous les sous-traitants se basent sur un même modèle décisionnel, leur comportement est identique. Toutefois, l’agent donneur d’ordres établit son raisonnement et sa contre proposition après avoir pris connaissance de toutes les propositions des différents sous-traitants.

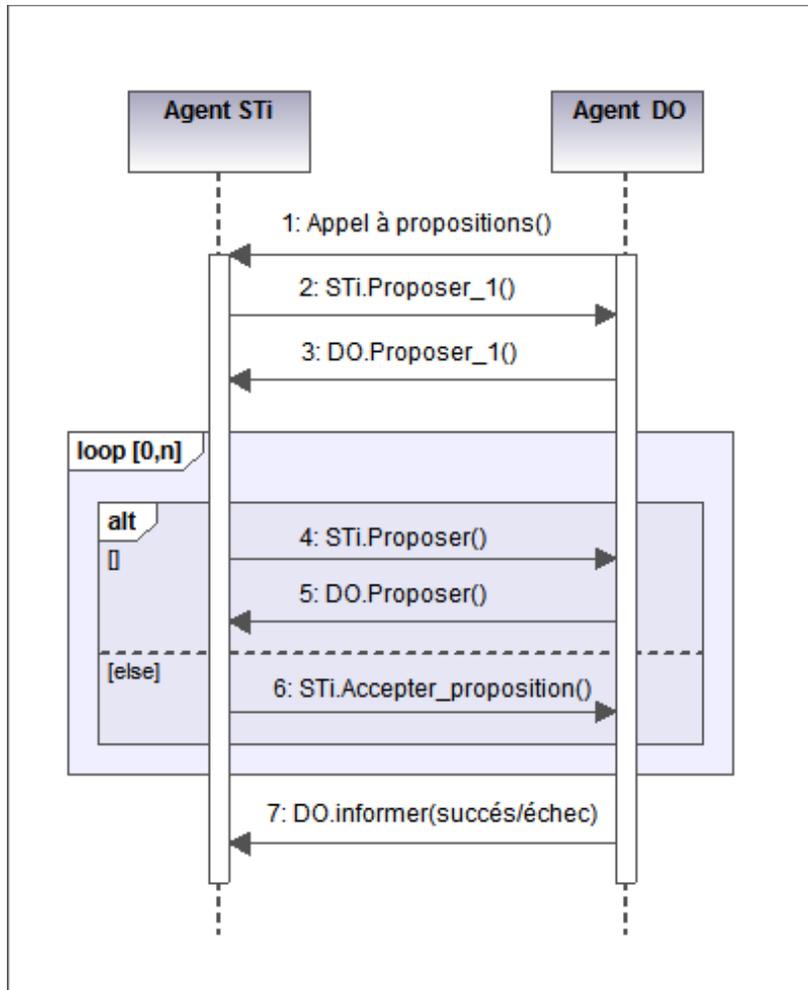


FIG. 4-3 – Dynamique de négociation

Le processus de négociation est établi sur plusieurs étapes que nous exposerons ci-dessous. Avant de présenter ces étapes, nous introduisons les variables et les fonctions utilisées dans les différents algorithmes présentés dans ces étapes :

#### Etape 1 (figure 4.3. : 1)

La négociation est une multiple négociation bilatérale (1 - N). C'est l'agent donneur d'ordres qui commence le processus de négociation par l'envoi d'un appel à propositions aux différents agents sous-traitants.

Variable	Définition
$k$	Itération courante ( $k-1$ : précédente, $0$ : initiale)
$DO$	L'agent donneur d'ordres
$DO.TI$	Taux de marge initial du DO
$DO.TE$	Taux de marge espéré du DO
$DO.TM$	Taux de marge minimal du DO
$DO.MT\_I$	Chiffre d'affaire initial pour le DO
$DO.MT\_E$	Chiffre d'affaire espéré pour le DO
$DO.MT\_M$	Chiffre d'affaire minimal pour le DO
$DO.coûts$	Coûts du DO
$DO.S\_PROP(k)$	La somme des propositions du DO aux différents $ST_i$
$DO.PROP_i(k)$	Proposition du DO au $ST_i$ à l'itération $k$
$DO.Q_i(k)$	Quantité proposée par le DO au $ST_i$ à l'itération $k$
$DO.W_i(k)$	Prix proposé par le DO au $ST_i$ à l'itération $k$
$DO.etat_i$	L'état d'un sous-traitant selon l'agent DO
$ST_i$	Un agent sous-traitant ( $i$ : l'indice de l'agent)
$ST_i.TI$	Taux de marge initial du $ST_i$
$ST_i.TE$	Taux de marge espéré du $ST_i$
$ST_i.TM$	Taux de marge minimal du $ST_i$
$ST_i.CA\_I$	Chiffre d'affaire initial pour le $ST_i$
$ST_i.CA\_E$	Chiffre d'affaire espéré pour le $ST_i$
$ST_i.CA\_M$	Chiffre d'affaire minimal pour le $ST_i$
$ST_i.coûts$	Coûts du $ST_i$
$ST_i.PROP(k)$	Proposition du $ST_i$ au DO à l'itération $k$
$ST_i.Q(k)$	Quantité proposée par le $ST_i$ au DO à l'itération $k$
$ST_i.W(k)$	Prix proposé par le $ST_i$ au DO à l'itération $k$
$CM_i$	Capacité maximale du $ST_i$
$Part$	Variable temporaire utilisée pour calculer la différence entre les $DO.W_i(k)$ et les $ST_i.W(k)$

TAB. 4.1 – Variables utilisées dans les algorithmes

Fonctions	Définition
Emetteur.Envoyer((Q,W),Récepteur)	L'agent Emetteur envoie un couple (Q :quantité,W :prix) à l'agent Récepteur Exp. : $ST_i.Envoyer((ST_i.Q(k), ST_i.W(k)), DO)$
DO.Allouer_quantités(D, Q1,Q2,...,Qn)	Le DO alloue les quantités aux sous-traitants pour satisfaire la demande D
Concession(X,Y)	Fonction qui permet de calculer la concession d'un agent lors de la formulation d'une nouvelle proposition

TAB. 4.2 – fonctions utilisées dans les algorithmes

## Etape 2 (figure 4.3. : 2)

Suite à l'appel à propositions, chaque agent sous-traitant génère sa première proposition qu'il envoie à l'agent donneur d'ordres. Le calcul de la première proposition ne relève pas de l'exactitude. En effet, le premier prix avec lequel nous commençons la négociation peut dépendre de plusieurs critères : la personne qui négocie, l'objet de la négociation, la région dans laquelle s'effectue la négociation, la situation économique sur le marché (haute ou basse saison par exemple), etc.

Comme exemple dans la littérature, Chavez et Maes [1996] spécifient, lors de la création d'un agent, le prix désiré et le plus petit prix acceptable. Moratis [2003] propose comme un prix initial d'augmenter la somme des coûts supportés par un certain montant. De même, dans notre proposition, nous ne dévierons pas de ce principe. Le raisonnement qu'un négociateur humain adopte est généralement le suivant : "Je fixe *un prix de départ* pas trop élevé afin de ne pas éloigner l'acheteur et pas trop bas afin de pouvoir gagner suffisamment. Ce prix initial est fixé dans le but d'atteindre *un prix espéré* qui garantit une certaine marge. Avec les *prix de départ* et *espéré*, je fixe *un prix minimal* au dessous duquel je ne dois pas descendre". Dans cette optique, nous avons défini dans notre modèle trois variables qui seront instanciées lors de la création d'un agent négociateur. Ces variables représentent des taux de marge :

- Taux de marge initial (TI) : Ce taux représente le taux de marge initial. Il permet à un agent de calculer sa proposition initiale.
- Taux de marge espéré (TE) : Ce taux représente le taux de marge souhaité. Il permet à un agent de calculer le chiffre d'affaires qu'il souhaite réaliser.
- Taux de marge minimal (TM) : Ce taux représente le taux de marge minimal. Il permet à un agent de calculer la valeur minimale de la marge à réaliser. Nous considérons que le minimum serait de couvrir l'ensemble des coûts. Ainsi, une marge nulle est le minimum à accepter. D'autres alternatives peuvent être possibles : par exemple, couvrir les coûts fixes seulement, ou accepter au minimum une certaine marge. Moratis [2003] propose deux prix minimaux : un premier où il couvre ses coûts et garantit une petite marge, et un deuxième où il accepte de perdre une petite somme.

Ces différents taux permettront de calculer les propositions d'un sous-traitant. En effet, la proposition d'un sous-traitant représente ce qu'il va gagner comme chiffre d'affaires. Le chiffre

d'affaires est égale à ses coûts plus ce qu'il espère gagner comme marge. Ainsi, l'agent sous-traitant utilise ces taux pour calculer :

- Chiffre d'affaires initial :

$$ST_i.CA\_I = ST_i.coûts + ST_i.coûts * ST_i.TI$$

- Chiffre d'affaires espéré :

$$ST_i.CA\_E = ST_i.coûts + ST_i.coûts * ST_i.TE$$

- Chiffre d'affaires minimal :

$$ST_i.CA\_M = ST_i.coûts + ST_i.coûts * ST_i.TM$$

Ainsi, l'agent sous-traitant génère sa première offre de façon à respecter le taux de marge initial ( $ST_i.TI$ ). Cette première offre est un couple (quantité, prix) où la quantité est égale à la capacité maximale du sous-traitant et le prix satisfait le taux de marge initial. La génération de la première offre du sous-traitant est représentée par la méthode  $ST_i.proposer\_1()$  :

```

ST_i.proposer_1()
  DEBUT
  1.  $ST_i.CA\_I = ST_i.coûts + ST_i.coûts * ST_i.TI$ 
  2.  $ST_i.Q(0) = CM_i$ 
  3.  $ST_i.W(0) = ST_i.CA\_I / ST_i.Q(0)$ 
  4.  $ST_i.Envoyer((ST_i.Q(0), ST_i.W(0)), DO)$ 
  FIN

```

FIG. 4-4 –  $ST_i.proposer1()$

### Etape 3 (figure 4.3. : 3)

Suite à la réception des premières propositions de tous les agents sous-traitants, l'agent donneur d'ordres génère à son tour ses premières propositions aux différents agents sous-traitants ( $DO.proposer\_1()$ ). Pour générer ses propositions, l'agent donneur d'ordres, par analogie à l'agent sous-traitant, utilise aussi trois variables qui seront instanciées lors de sa création :

- Taux de marge initiale (TI) : Ce taux représente le taux de marge initial. Il permet à un agent de calculer sa proposition initiale.

- Taux de marge espérée (TE) : Ce taux représente le taux de marge souhaité. Il permet à un agent de calculer la marge qu'il souhaite réaliser.
- Taux de marge minimale (TM) : Ce taux représente le taux de marge minimal. Il permet à un agent de calculer la valeur minimale de la marge à réaliser.

Ces différents taux permettront à l'agent donneur d'ordres de calculer ses propositions et d'évaluer celles des agents sous-traitants. Les propositions faites par l'agent donneur d'ordres ne représentent pas son chiffre d'affaires comme le cas pour un agent sous-traitant. Elles représentent une somme qu'il devra payer aux différents agents sous-traitants. Ainsi, sa marge est égale à ses ventes diminuées de ses coûts et de la somme payée aux sous-traitants. De ce fait, l'agent donneur d'ordres calcule le montant transféré initial (transféré aux sous-traitants) comme suit :

$$DO.MT\_I = P * D - DO.coûts - DO.coûts * DO.TI$$

L'agent donneur d'ordres utilise aussi les taux  $DO.TE$  et  $DO.TM$  pour calculer :

- Montant transféré espéré :

$$DO.MT\_E = P * D - DO.coûts - DO.coûts * DO.TE$$

- Montant transféré minimal :

$$DO.MT\_M = P * D - DO.coûts - DO.coûts * DO.TM$$

L'agent donneur d'ordres commence par allouer les quantités en fonction des prix reçues : par ordre croissant du prix d'achat. Ainsi, la demande sera répartie en commençant par donner le plus de quantités au sous-traitant qui propose le prix d'achat le moins chère et ainsi de suite jusqu'à satisfaire cette demande. Selon cette allocation et le taux de marge initial  $DO.TI$  qui lui a été fixé, l'agent donneur d'ordres calcule les prix en minimisant la différence avec les prix reçues de la part des agents sous-traitants. Ensuite, il envoie les propositions formulées aux différents sous-traitants.

```

DO.proposer_1()
  DEBUT
  1. Allouer_quantités(D, DO.Q_1(0), DO.Q_2(0), ..., DO.Q_N(0))
  2. DO.MT_I = P * D - DO.coûts - DO.coûts * DO.TI
      (\sum_{i=1}^N (ST_i.W(0) * ST_i.Q(0)) - DO.MT_I)
  3. Part = \frac{D}{D}
  4. POUR chaque ST_i
  5. DO.etat_i = "Actif"
  6. DO.W_i(0) = ST_i.W(0) - Part
  7. DO.Envoyer((DO.Q_i(0), DO.W_i(0)), ST_i)
  8. FIN POUR
  FIN

```

FIG. 4-5 – DO.proposer1()

Par la suite, un processus réitéré de propositions/contre-propositions est mis en place. Ce processus comprend les étapes 4, 5.

#### Etape 4 (figure 4.3. : 4 ou 6)

Quand un agent sous-traitant reçoit une proposition de l'agent donneur d'ordres, il a deux possibilités :

- Envoyer son acceptation : L'agent sous-traitant envoie son acceptation dans deux cas :
  - 1) il reçoit une offre satisfaisant son taux de marge espéré( $ST_i.TE$ ).
  - 2) il reçoit la même proposition deux fois de suite et cette proposition lui permet de satisfaire son taux de marge minimal( $ST_i.TM$ ). En effet, la réception de la même proposition deux fois de suite signifie que l'agent négociant (contrepartie) ne peut plus évoluer dans la négociation ( $ST_i.proposer()$ ) : lignes 4 et 5).
- Formuler une nouvelle offre : Dans le cas où il n'envoie pas d'acceptation, l'agent sous-traitant doit formuler sa nouvelle proposition. Pour ce faire, il adopte la quantité demandée par l'agent donneur d'ordres ( $ST_i.proposer()$ ) : ligne 7), applique une réduction à sa dernière proposition formulée tout en s'assurant de satisfaire au moins sa marge minimale

( $ST_i.TM$ ) ( $ST_i.proposer()$ ) : lignes 8 à 14) et calcule en conséquence le nouveau prix à proposer ( $ST_i.proposer()$ ) : ligne 15). Ainsi, un nouveau couple (quantité, prix) est envoyée comme la nouvelle proposition à l'agent donneur d'ordres ( $ST_i.proposer()$ ) : lignes 16).

```

STi.proposer()
  DEBUT
1.   $DO.PROP_i(k) = DO.Q_i(k) * DO.W_i(k)$ 
2.   $ST_i.CA\_E = ST_i.coûts + ST_i.coûts * ST_i.TE$ 
3.   $ST_i.CA\_M = ST_i.coûts + ST_i.coûts * ST_i.TM$ 
4.  SI ( $DO.PROP_i(k) \geq ST_i.CA\_E$ ) OU
      ( $(DO.PROP_i(k) = DO.PROP_i(k-1))$ 
      ET ( $DO.PROP_i(k) \geq ST_i.CA\_M$ )) ALORS
5.   $ST_i.Envoyer("Acceptation", DO)$ 
6.  SINON
7.   $ST_i.Q(k) = DO.Q_i(k)$ 
8.   $ST_i.PROP(k-1) = ST_i.Q(k-1) * ST_i.W(k-1)$ 
9.   $C = Concession(ST_i.PROP(k-1), DO.PROP_i(k))$ 
10. SI ( $ST_i.PROP(k-1) - C \geq ST_i.CA\_M$ ) ALORS
11.  $ST_i.PROP(k) = ST_i.PROP(k-1) - C$ 
12. SINON
13.  $ST_i.PROP(k) = ST_i.PROP(k-1)$ 
14. FINSI
15.  $ST_i.W(k) = ST_i.PROP(k) / ST_i.Q(k)$ 
16.  $ST_i.Envoyer((ST_i.Q(k), ST_i.W(k)), DO)$ 
17. FIN SI
  FIN

```

FIG. 4-6 –  $ST_i.proposer()$

Afin de déterminer la réduction à effectuer, les agents sous-traitants utilisent la fonction suivante :

$$Concession(X, Y) = \frac{|X - Y|}{2} * \varepsilon$$

Avec :

X : la dernière offre formulée par l'agent sous-traitant courant :  $ST_i.PROP(k - 1)$

Y = la dernière offre formulée par l'agent donneur d'ordres à l'agent sous-traitant courant :  $DO.PROP_i(k)$

$\varepsilon$  = un paramètre déterminé expérimentalement = 0.2

Cette fonction permet de différencier les réductions effectuées d'une itération à une autre. En effet, plus la négociation évolue plus la réduction diminue. Cette fonction contient un paramètre  $\varepsilon$  qui a été déterminé expérimentalement. Ce paramètre est crucial pour l'efficacité de la négociation parce qu'il détermine les pas (réductions) effectués dans chaque itération. Il faudrait éviter une négociation efficace mais trop lente et une négociation assez rapide mais peu efficace. Plusieurs valeurs ont été expérimentées pour le paramètre  $\varepsilon = \{0.1, 0.2, 0.3 \text{ and } 0.4\}$ . La valeur la plus convenable est 0,2.

### **Etape 5 (figure 4.3. : 5)**

Suite à la réception des propositions des agents sous-traitants, l'agent donneur commence par mettre à jour sa propre qualification de l'état de chaque agent sous-traitant dans la négociation :

- Actif : un agent sous-traitant qui évolue normalement dans la négociation est considéré comme actif. La valeur par défaut d'un agent sous-traitant est actif.
- Inactif : un agent qui émet deux propositions successives identiques ne peut plus évoluer dans le processus de négociation. Dans ce cas, l'agent est considéré comme inactif (DO.proposer() : lignes 5 et 7). De même, si un des agents a formulé une proposition satisfaisante, alors, celui-ci est considéré comme inactif. Une proposition est considérée comme satisfaisante si elle satisfait le taux de marge espérée du donneur d'ordres ( $DO.TE$ ) proportionnellement à la quantité qu'elle contient (DO.proposer() : lignes 6 et 7).

```

DO.proposer()
  DEBUT
  //Mise à jour des états des sous-traitants
  1. DO.MT_E = P * D - DO.coûts - DO.coûts * DO.TE
  2. DO.MT_M = P * D - DO.coûts - DO.coûts * DO.TM
  3. POUR tout STi
  4. STi.PROP(k) = STi.Q(k) * STi.W(k)
  5. SI (STi.PROP(k) ≤  $\frac{DO.MT_E}{D} * ST_i.Q(k)$ ) OU
  6.   (STi.PROP(k) = STi.PROP(k - 1)) ALORS
  7.   DO.etati = "Inactif"
  8. FIN SI
  9. FIN POUR
  // Nouvelles propositions
  10. C = Concession( $\sum_{i=1}^N ST_i.PROP(k)$ ,  $\sum_{i=1}^N DO.PROP_i(k - 1)$ )
  11. SI ( $\sum_{i=1}^N DO.PROP_i(k - 1) + C \leq DO.MT_M$ ) ALORS
  12. DO.S_PROP(k) =  $\sum_{i=1}^N DO.PROP_i(k - 1) + C$ 
  13. SINON
  14. DO.S_PROP(k) =  $\sum_{i=1}^N DO.PROP_i(k - 1)$ 
  15. FIN SI
  16. Part =  $\frac{(\sum_{i=1}^N (ST_i.W(k) * ST_i.Q(k)) - DO.S_PROP(k))}{D}$ 
  17. POUR tout STi avec DO.etati = "actif"
  18. DO.Wi(k) = STi.W(k) - Part
  19. DO.Envoyer((DO.Qi(k), DO.Wi(k)), STi)
  20. FIN POUR
  FIN

```

FIG. 4-7 – DO.proposer()

Par la suite, l'agent donneur d'ordres génère ses propositions aux agents sous-traitants qui sont actifs et ce, en appliquant une concession par rapport à ses dernières propositions. La concession n'est appliquée que lorsqu'elle satisfait le taux de marge minimal (*DO.TM*) du donneur d'ordres (*DO.proposer()*) : lignes 11 à 16).

La concession est calculée selon la fonction suivante :

$$Concession(X, Y) = \frac{|X - Y|}{2} * \varepsilon$$

Avec :

X : la somme des dernières propositions formulées par tous les agents sous-traitants :  
 $\sum_{i=1}^N ST_i.PROP(k)$

Y = la somme des dernières propositions formulées par l'agent donneur d'ordres à tous les agents sous-traitants :  $\sum_{i=1}^N DO.PROP_i(k - 1)$

$\varepsilon$  = un paramètre déterminé expérimentalement = 0.2

Suite à cette concession, les prix sont calculés selon les quantités allouées aux agents sous-traitants (*DO.proposer()*) : lignes 18 et 19). L'agent donneur d'ordres envoie ses propositions aux agents sous-traitants considérés comme actifs (*DO.proposer()*) : ligne 20).

### Etape 6 (figure 4.3. : 7)

Le processus réitéré de propositions/contre-propositions est engagé jusqu'à ce que l'agent donneur d'ordres termine la négociation par l'envoi d'un succès ou d'un échec aux agents sous-traitants impliqués dans la négociation.

**Succès** Quand l'état des différents agents sous-traitants est *inactif* et qu'un accord peut être établi avec au moins quelques sous-traitants capables de répondre à la demande, l'agent donneur d'ordres termine la négociation et informe les contreparties du "succès" de la négociation.

**Echec** Quand un nombre maximal d'itérations est atteint sans atteindre un arrangement, l'agent donneur d'ordres arrête la négociation et informe les contreparties de "l'échec" de la négociation.

## 4.5 Conclusion

Les systèmes multi-agents ont été largement utilisés pour traiter des problématiques des chaînes logistiques. Dans cette optique, nous avons utilisé, dans le présent chapitre, ce paradigme afin de proposer un modèle de négociation qui permet d'établir des relations contractuelles proches de l'équitable dans un contexte où le partage d'informations est inexistant.

Dans le chapitre suivant, nous nous focaliserons sur le contexte du partage partiel d'informations. Nous y proposerons deux modèles de négociation multi-agents dans le but d'assurer des relations contractuelles équitables.

## Chapitre 5

# Contrats équitables dans un contexte de partage partiel d'informations : Approche multi-agent

### Sommaire

---

<b>5.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>102</b>
<b>5.2</b>	<b>Négociation multi-agent supervisée</b>	<b>102</b>
5.2.1	Le modèle M2	103
5.2.2	La dynamique multi-agent	105
5.2.3	Raisonnement flou de l'agent équitable	114
<b>5.3</b>	<b>Négociation multi-agent guidée</b>	<b>119</b>
5.3.1	Le modèle M3	120
5.3.2	La dynamique multi-agent	122
5.3.3	Raisonnement de l'agent équitable	129
<b>5.4</b>	<b>Conclusion</b>	<b>134</b>

---

## 5.1 Introduction

Une relation contractuelle équitable est une relation où les acteurs sont rémunérés à leur juste valeur. Ainsi, la marge globale de la chaîne doit être répartie proportionnellement à la valeur ajoutée de chaque acteur. Dans nos travaux, nous traitons la problématique de la mise en place de relations contractuelles équitables dans le cadre d'une chaîne logistique convergente (un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants). Ainsi, nous avons proposé dans le troisième chapitre une modélisation et une résolution analytique dans un contexte de partage complet d'informations. Dans un contexte où le partage d'informations est incomplet, nous avons opté pour une approche multi-agent. Cette approche se justifie par le contexte informationnel et par le fait que le problème soit fonctionnellement distribué. De ce fait, nous avons proposé dans le quatrième chapitre un modèle permettant d'établir des relations contractuelles dans un contexte de partage d'informations inexistant. Dans ce chapitre, nous nous focalisons sur le contexte de partage partiel d'informations. En effet, nous proposons deux modèles multi-agent ayant une même architecture mais un raisonnement différent. Ces modèles intègrent en plus des agents négociateurs un agent équitable. Dans le premier de ces modèles (M2), l'agent équitable aura le rôle d'un conseiller. Dans le deuxième (M3), il aura le rôle d'un dirigeant. Ainsi, la première section de ce chapitre présentera l'architecture, la dynamique et le modèle décisionnel de l'agent équitable dans le modèle M2. De même, la deuxième section présentera l'architecture, la dynamique et le modèle décisionnel de l'agent équitable dans le modèle M3.

## 5.2 Négociation multi-agent supervisée

Dans cette section, nous présentons le modèle M2 dans un contexte de partage partiel d'informations. Ce modèle se différencie du modèle M1 par l'intégration d'un agent équitable qui va jouer le rôle d'un médiateur dans le but de conseiller les agents négociateurs afin d'aboutir à des relations contractuelles proches de l'équitable.

Dans ce modèle, nous utiliserons pour débiter et terminer la négociation trois variables qui seront instanciés lors de la création d'un agent négociateur. Ces variables représentent des taux de marge :

- Taux de marge initial (TI) : Ce taux représente le taux de marge initial. Il permet à un

agent de calculer sa proposition initiale.

- Taux de marge espéré (TE) : Ce taux représente le taux de marge souhaité. Il permet à un agent de calculer le chiffre d'affaires qu'il souhaite réaliser.
- Taux de marge minimal (TM) : Ce taux représente le taux de marge minimal. Il permet à un agent de calculer la valeur minimale de la marge à réaliser. Nous considérons que le minimum serait de couvrir l'ensemble des coûts. Ainsi, une marge nulle est le minimum à accepter.

Dans cette section, nous présentons l'architecture du modèle, puis sa dynamique et enfin, nous présenterons en détails le raisonnement (flou) de l'agent équitable.

### 5.2.1 Le modèle M2

Le modèle proposé (M2) est une duplication de la chaîne considérée : des agents sous-traitants et un agent donneur d'ordres. De plus, un agent équitable est ajouté dans le but de guider les différents agents négociants vers une négociation qui se rapproche le plus de l'équité. Ainsi, le modèle est composé de (figure 5.1.) : Des agents sous-traitants, un agent donneur d'ordres, et un agent équitable.

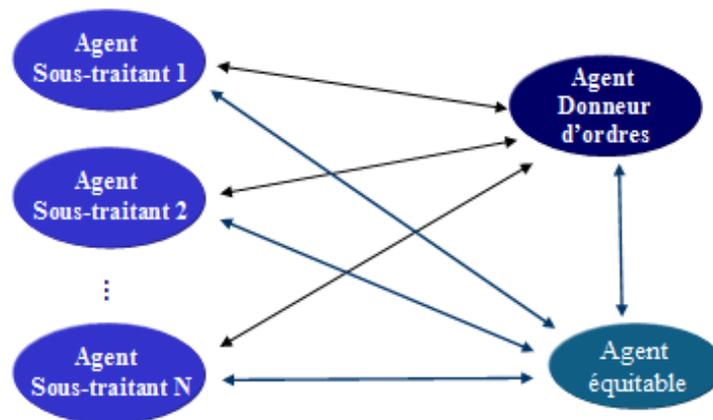


FIG. 5-1 – Architecture multi-agent : M2

Cette section présente les objectifs, les connaissances (les agents qu'il connaît) et les connaissances (statiques et dynamiques) de chaque classe d'agent.

## Un agent sous-traitant

Chaque agent sous-traitant a comme objectif (local) la maximisation de sa marge de bénéfices  $MST_i$  et comme objectif global la mise en place de relations contractuelles équitables.

Les connaissances de chaque agent sous-traitant sont : l'agent donneur d'ordres et l'agent équitable.

Ses connaissances statiques représentent les informations sur son système de production : sa capacité de production normale  $CN_i$ , sa capacité de production maximale  $CM_i$ , ses coûts fixes  $FST_i$ , son coût variable pour la capacité normale  $VST_i$  et son coût variable  $V2ST_i$  pour toute production excédentaire (au delà de la capacité de production normale).

Ses connaissances dynamiques sont :

- Son taux de marge ( $\alpha_i$ , avec  $1 \leq i \leq N$ ) communiqué à l'agent équitable.
- Le conseil reçu de la part de l'agent équitable indiquant le comportement à suivre dans le processus de négociation.
- Les paramètres négociés du contrat (type prix de gros) : le prix d'achat  $W_i$  et la quantité  $Q_i$ .

## L'agent donneur d'ordres

L'agent donneur d'ordres a deux objectifs locaux :

- le premier est de maximiser sa marge de bénéfices MDO.
- Le second est de répartir les quantités entre les sous-traitants puisque la demande est supérieure à la somme des capacités de production normales et inférieure à la somme des capacités maximales des différents sous-traitants.

L'objectif global du modèle est la mise en place de relations contractuelles équitables.

Les connaissances de l'agent donneur d'ordres sont : les différents agents sous-traitants et l'agent équitable.

Ses connaissances statiques sont : la demande  $D$ , son prix de vente sur le marché final  $P_v$ , ses coûts fixes  $FDO$ , ses coûts variables (unitaire)  $VDO$  et les capacités de production normales et maximales de chaque sous-traitant ( $CN_i$ ,  $CM_i$ ).

Ses connaissances dynamiques dépendent principalement des messages reçus des autres agents :

- Les paramètres négociés des contrats (type prix de gros) : le prix d'achat  $W_i$  et la quantité  $Q_i$  par sous-traitant.
- Son taux de marge ( $\alpha_0$ ) communiqué à l'agent équitable.
- Le conseil reçu de la part de l'agent équitable indiquant le comportement à suivre dans le processus de négociation.
- Les états des différents sous-traitants durant la négociation (*actif, inactif, en attente ou satisfait*).

### L'agent équitable

L'agent équitable a l'objectif de guider les différents agents négociants vers une négociation la plus équitable possible.

Les connaissances de l'agent équitable sont : l'agent donneur d'ordres et l'ensemble des agents sous-traitants.

Ses connaissances statiques sont : les capacités de production normales et maximales de chaque agent sous-traitant ( $CN_i, CM_i$ ).

Ses connaissances dynamiques sont :

- $\alpha_0$  : taux de marge de l'agent donneur d'ordres.
- $\alpha_i$  : les taux de marge des agents sous-traitant  $i$  (avec  $1 \leq i \leq N$ ).
- Les conseils à envoyer aux différents agents négociateurs.
- Stade de la négociation : nombre d'itérations dans le processus de négociation.

### 5.2.2 La dynamique multi-agent

La dynamique du modèle M2 est basée sur le principe de propositions / contre-propositions. La négociation est une multiple négociation bilatérale, néanmoins, une tierce partie prend part dans le processus de négociation. Afin de bien expliquer la dynamique, nous présentons dans la figure 5.2 le processus d'échanges de messages entre l'agent donneur d'ordres, l'agent équitable et un des agents sous-traitants. En effet, comme tous les sous-traitants se basent sur un même

modèle décisionnel, leur comportement est identique. Toutefois, l'agent donneur d'ordres et l'agent équitable établissent leurs raisonnements en prenant en compte la pluralité des agents sous-traitants.

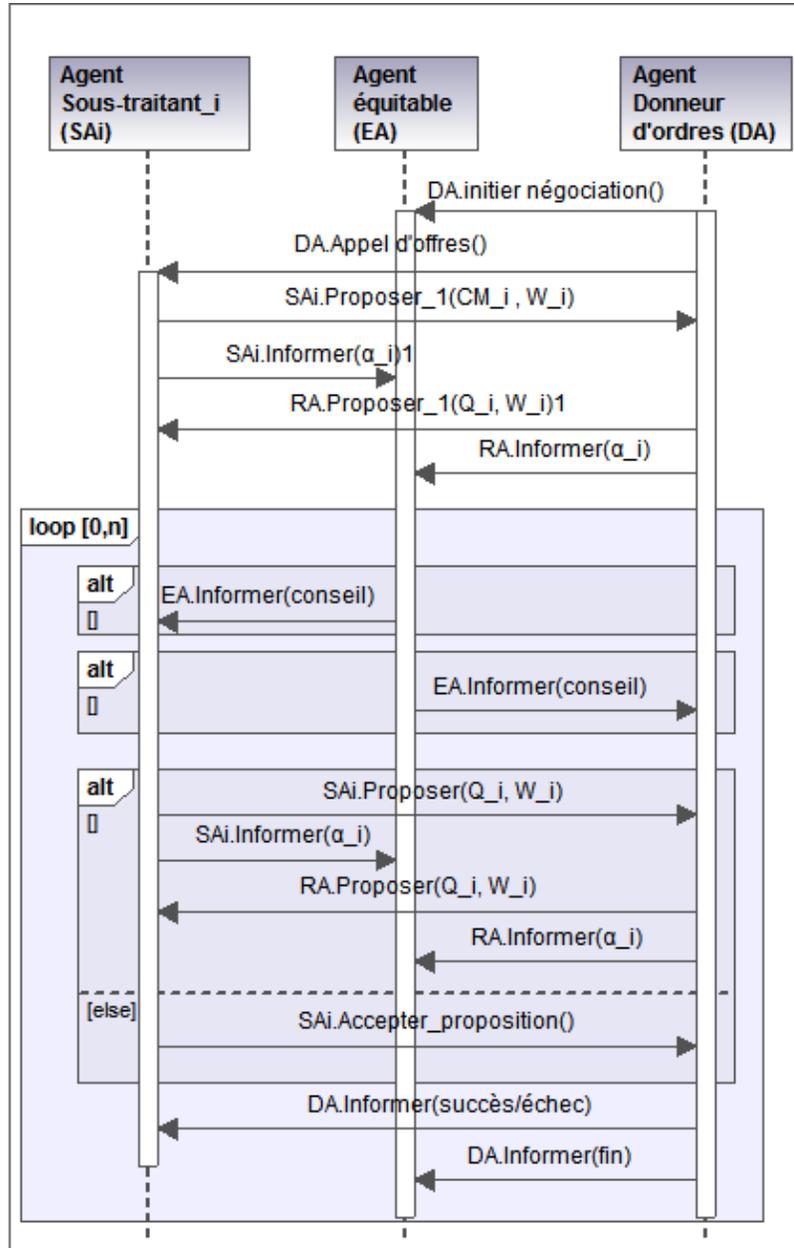


FIG. 5-2 – Dynamique multi-agent du modèle M2

C'est l'agent donneur d'ordres qui commence le processus de négociation par l'envoi d'un appel à propositions aux différents agents sous-traitants. De suite, un échange de proposition

et de contre-propositions est mis en place. L'agent qui envoie une proposition, envoie également son taux de marge potentiel correspondant à sa proposition. Ainsi, l'agent équitable est constamment informé des taux de marge des différents agents négociateurs. Durant ce processus de propositions/contre-propositions, l'agent équitable peut intervenir pour donner des conseils quand il remarque la nécessité. En effet, les différents taux de marge reçus lui permettent de savoir si un agent a émis une offre relativement haute ou basse comparée aux autres agents négociateurs. L'agent équitable peut conseiller les négociateurs dans le but de maintenir un certain équilibre et équité dans le processus de négociation.

Le processus de négociation est établi sur plusieurs étapes que nous présentons dans cette section. La section suivante présentera le raisonnement de l'agent équitable.

### **Etape 1**

C'est l'agent donneur d'ordres qui débute le processus de négociation. Il envoie un appel à propositions aux différents agents sous-traitants. De plus, il informe l'agent équitable du début du processus de négociation.

### **Etape 2**

Chaque agent sous-traitant génère sa première proposition qu'il envoie à l'agent donneur d'ordres. De plus, il envoie à l'agent équitable son taux de marge  $\alpha_i$  correspondant à la proposition qu'il vient juste de formuler. Cette première proposition est générée selon le même principe du modèle M1 : Capacité maximale du sous-traitant et un prix de début de négociation selon le taux de marge initial (TI).

### **Etape 3**

Après la réception des premières propositions de tous les agents sous-traitants, l'agent donneur d'ordres génère à son tour ses premières propositions aux différents agents sous-traitants. Pour ce faire, il commence par allouer les quantités en fonction des prix reçues : par ordre croissant du prix d'achat, et formuler les offres en conséquence. De plus, il envoie à l'agent équitable son taux de marge  $\alpha_0$  selon l'ensemble des offres qu'il a formulées. Les premières propositions

de l'agent donneur d'ordres sont générées selon le taux de marge initial du donneur d'ordres (TI).

Par la suite, un processus réitéré de propositions / contre-propositions est mis en place (Etape 4 et 5) et l'agent équitable est constamment informé des taux de marge des différents agents négociateurs.

#### **Etape 4**

Cette étape est représentée par la figure 5.3. Dans cette étape, l'agent sous-traitant reçoit une proposition de l'agent donneur d'ordres. Il peut aussi éventuellement recevoir un conseil de l'agent équitable. La réception d'un conseil permet de changer le comportement d'un agent sous-traitant. En effet, un conseil n'est reçu que s'il apporte une modification au comportement actuel de l'agent.

Lors de la réception d'un conseil de la part de l'agent équitable, l'agent sous-traitant l'applique afin de changer son comportement quant aux générations de ses propositions. Le conseil d'un agent équitable peut être :

- *Pas de concessions* : dans ce cas, l'agent sous-traitant réutilise son ancienne proposition sans y apporter de concessions.
- *Normal* : dans ce cas, l'agent sous-traitant évolue normalement dans la négociation. Ainsi, il effectue une concession sur son ancienne proposition pour générer la nouvelle.
- *Plus de concessions* : dans ce cas, l'agent sous-traitant utilise deux fois la fonction de concessions afin de générer une proposition plus modérée.

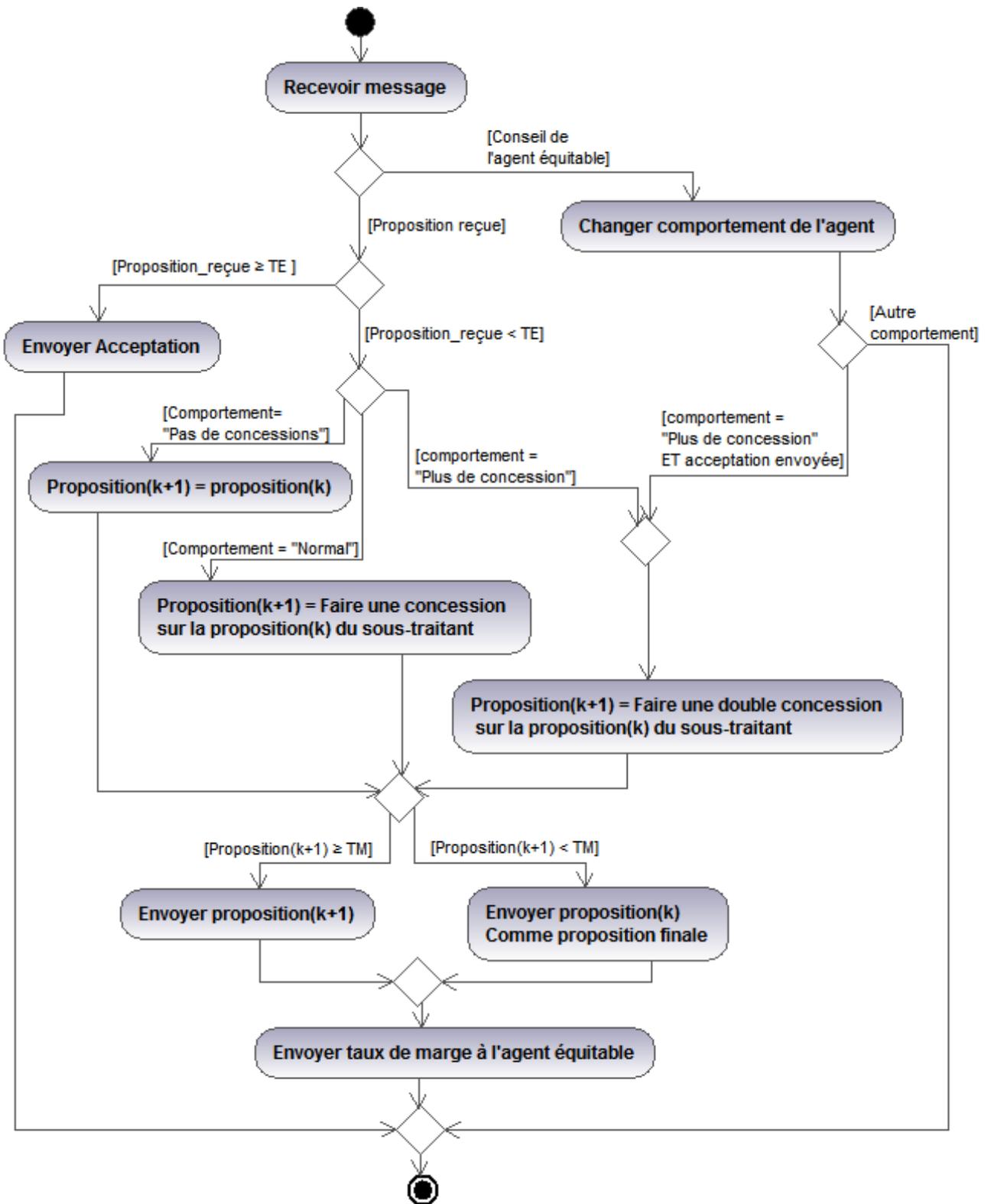


FIG. 5-3 – Diagramme d'activités de l'étape 4 - M2

La fonction concession utilisée est celle définie dans le chapitre précédent :

$$Concession(X, Y) = \frac{|X - Y|}{2} * \varepsilon$$

Avec :

X : la dernière proposition formulée par l'agent sous-traitant courant

Y = la dernière proposition formulée par l'agent donneur d'ordres à l'agent sous-traitant courant

$\varepsilon$  = un paramètre déterminé expérimentalement = 0.2

Une fois le comportement de l'agent défini, il évalue la proposition reçue de la part de l'agent donneur d'ordres et agit en conséquence. Plusieurs scénarii sont possibles :

- *Envoyer acceptance* : Si la proposition du donneur d'ordres satisfait son taux de marge espéré (TE) et que son comportement n'est pas "*plus de concessions*", l'agent sous-traitant envoie son acceptation. Généralement après l'envoi d'une acceptation, l'agent n'intervient plus dans le processus de négociation. Toutefois, il peut être incité à reprendre la négociation suite à la demande de l'agent équitable. Ceci se fait quand l'agent sous-traitant reçoit un conseil "*plus de concessions*".
- *Formuler une proposition* : Si la proposition ne satisfait pas le taux de marge espéré (TE) de l'agent sous-traitant, celui-ci formule sa nouvelle proposition. Pour ce faire, il adopte la quantité demandée par l'agent donneur d'ordres puis génère sa nouvelle proposition selon son comportement courant quant aux concessions. La nouvelle proposition doit satisfaire au moins le taux de marge minimal (TM). Dans le cas où il ne peut plus faire de concessions, il informe l'agent donneur d'ordres que c'est sa proposition finale. Ainsi, un nouveau couple (quantité, prix) est envoyé comme la nouvelle proposition à l'agent donneur d'ordres. De plus, le taux de marge ( $\alpha_i$ ) de l'agent sous-traitant, selon la proposition formulée, est envoyé à l'agent équitable.

## Etape 5

Cette étape est représentée par la figure 5.4.

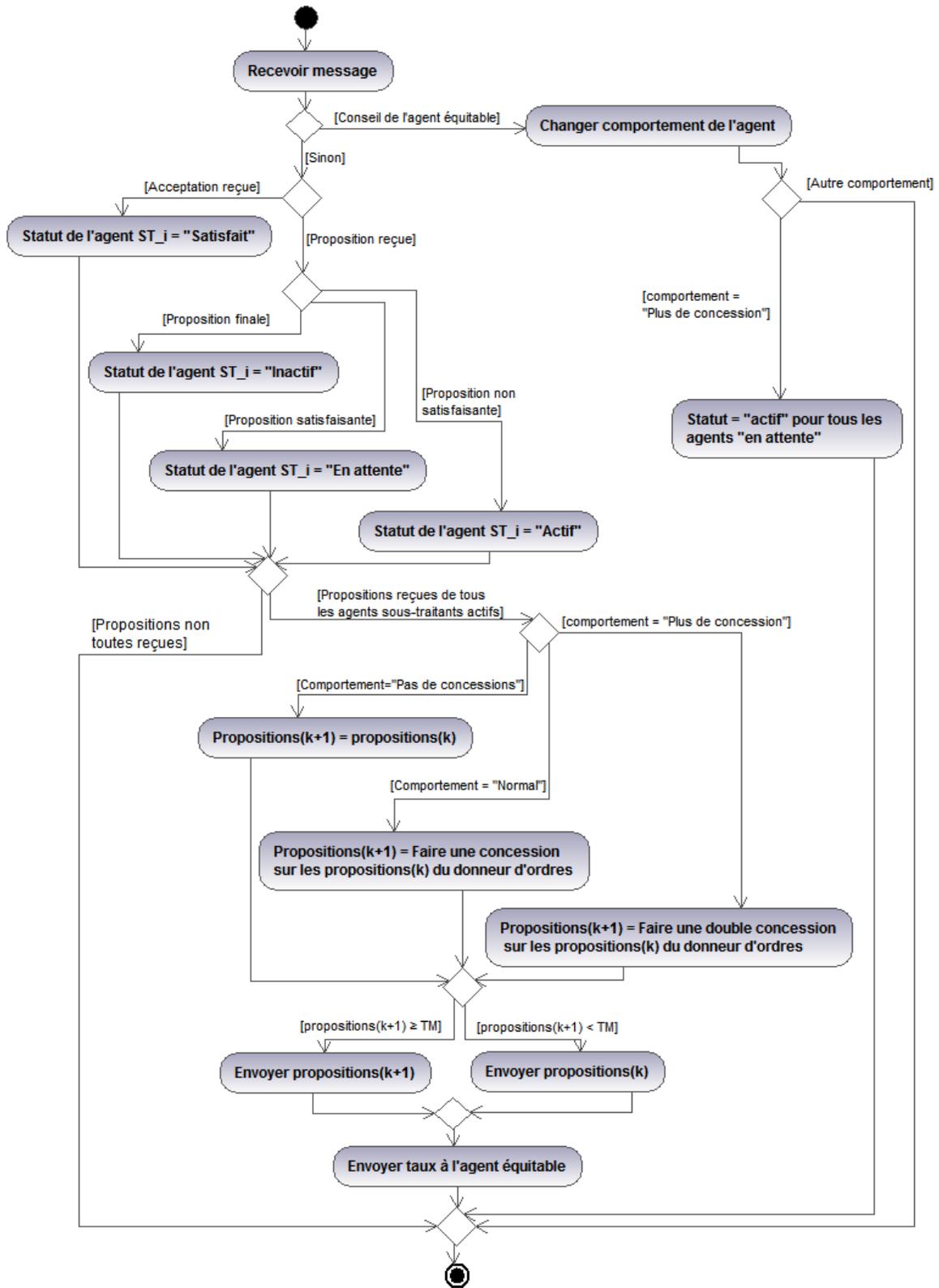


FIG. 5-4 – Diagramme d'activités de l'étape 5 - M2

L'agent donneur d'ordres reçoit les propositions des agents sous-traitants, Il peut aussi éventuellement recevoir un conseil ("*Pas de concession*", "*Normal*" ou "*Plus de concessions*") de l'agent équitable. Un conseil n'est reçu que s'il apporte une modification au comportement actuel de l'agent

Une fois son comportement défini, l'agent donneur d'ordres commence par mettre à jour sa propre qualification de l'état de chaque agent sous-traitant dans la négociation. Dans le modèle présenté dans le chapitre précédent, l'agent donneur d'ordres utilisait uniquement deux qualifications ("*actif*" et "*inactif*"). Dans ce modèle il utilise quatre qualifications :

- *Actif* : un agent qui évolue normalement dans la négociation est considéré comme actif. L'état d'un agent est par défaut "*actif*".
- *Inactif* : un agent qui informe l'agent donneur d'ordres que c'est sa proposition finale ne peut plus évoluer dans le processus de négociation. Dans ce cas, l'agent est considéré comme "*inactif*".
- *En attente* : Si un des agents a formulé une proposition satisfaisante, alors, celui-ci est mis "*en attente*". Une proposition est considérée comme satisfaisante si elle satisfait la marge espérée du donneur d'ordres proportionnellement à la quantité qu'elle contient. Cet état n'est utilisé que lorsque le comportement de l'agent donneur d'ordres n'est pas "*Plus de concessions*".
- *Satisfait* : un agent qui envoie son acceptation est considéré comme "*satisfait*".

Par la suite, l'agent donneur d'ordres génère ses propositions aux agents sous-traitants selon son comportement courant quant aux concessions :

- "*Pas de concession*" : il renvoie ses dernières propositions aux agents *actifs*.
- "*Normal*" : il formule de nouvelles propositions aux agents sous-traitants qualifiés comme "*actif*" et ce, en appliquant une seule fois la fonction de concession par rapport à ses dernières propositions.
- "*Plus de concessions*" : Il réintègre les agents "*en attente*" dans le processus de négociation. En effet, il formule de nouvelles propositions aux agents sous-traitants qualifiés comme "*actif*" et "*en attente*" et ce, en appliquant deux fois la fonction de concession par rapport à ses dernières propositions.

La concession est calculée selon la fonction suivante :

$$Concession(X, Y) = \frac{|X - Y|}{2} * \varepsilon$$

Avec :

X : la somme des dernières propositions formulées par tous les agents sous-traitants

Y = la somme des dernières propositions formulées par l'agent donneur d'ordres à tous les agents sous-traitants

$\varepsilon$  = un paramètre déterminé expérimentalement = 0.2

La concession n'est pas appliquée quand elle ne satisfait pas le taux de marge minimal (TM) du donneur d'ordres. Ainsi, l'agent donneur d'ordres génère ses nouvelles propositions et les nouveaux prix sont calculés selon les quantités allouées aux agents sous-traitants. L'agent donneur d'ordres envoie ses propositions aux agents sous-traitants concernés. De plus, le taux de marge ( $\alpha_0$ ) de l'agent donneur d'ordres, selon la proposition formulée, est envoyé à l'agent équitable.

## Etape 6

Le processus réitéré de propositions/contre-propositions (étape 4 et 5) est engagé jusqu'à ce que l'agent donneur d'ordres termine la négociation par l'envoi d'un succès ou d'un échec aux agents sous-traitants impliqués dans la négociation. Il informe de même l'agent équitable de la fin de la négociation.

**Succès** Quand l'état des agents sous-traitants est "*satisfait*", "*en attente*" ou "*inactif*" et un accord peut être établi avec au moins quelques sous-traitants capables de répondre à la demande, l'agent donneur d'ordres termine la négociation et informe les contreparties du "succès" de la négociation.

**Echec** Quand un nombre maximal d'itérations est atteint sans atteindre un arrangement, l'agent donneur d'ordres arrête la négociation et informe les contreparties de "l'échec" de la négociation.

### 5.2.3 Raisonnement flou de l'agent équitable

L'agent équitable joue le rôle d'un médiateur. Il intervient quand l'un des agents négociateurs a émis une offre relativement haute ou basse comparé aux autres agents. Son rôle est de rééquilibrer le processus de négociation. Néanmoins, comment peut-il qualifier une proposition comme haute ou basse. L'agent équitable se base sur un raisonnement flou afin de gérer l'imprécision de ces valeurs linguistiques (haute et basse) et produire des conseils sur le comportement des agents négociateurs dans le processus de négociation.

Le rôle de l'agent équitable est de produire un guidage dans le processus de négociation dans le but d'apporter un équilibre et guider les agents négociateurs vers une négociation la plus équitable possible. En effet, dès qu'il remarque qu'un agent a émis une offre relativement haute ou basse par rapport aux autres agents négociateurs, il lui demande de revoir son comportement dans le processus de négociation. Ainsi, les agents négociateurs sont guidés par l'agent équitable durant le processus de négociation.

L'agent équitable, comme le montre la figure 5.5., utilise deux catégories d'entrées :

1. Les taux de marge des différents négociateurs,
2. Le stade de la négociation.

Il produit en sortie le conseil à envoyer à un (plusieurs) agent(s) négociateur(s).

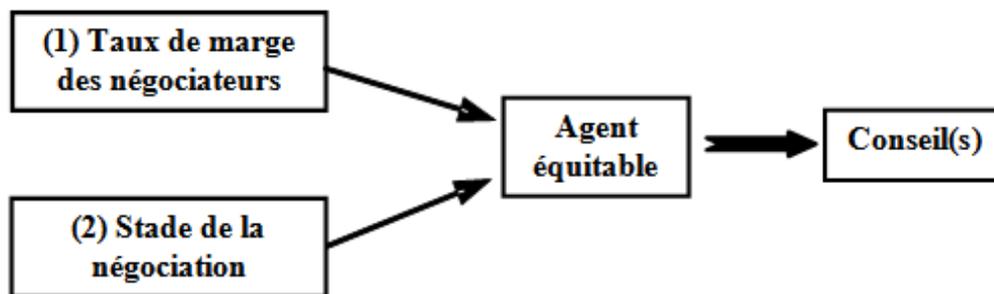


FIG. 5-5 – Entrées et sorties de l'agent équitable

L'agent équitable reçoit continuellement de la part des différents agents négociateurs leurs taux de marge  $(\alpha_i)$  :  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$  calculés selon leurs propres propositions :

$\alpha_0$  : Le taux de marge de l'agent donneur d'ordres selon sa proposition.

$\alpha_1$  : Le taux de marge de premier agent sous-traitant selon sa proposition.

$\alpha_2$  : Le taux de marge de second agent sous-traitant selon sa proposition.

....

$\alpha_N$  : Le taux de marge du  $N^{ème}$  agent sous-traitant selon sa proposition.

En se basant sur ces taux, une valeur moyenne est calculée :

$$Moy(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N) = \frac{\sum_{i=0}^N \alpha_i}{N + 1}$$

Par la suite, la distance qui sépare chaque taux de marge reçu  $\alpha_i$  de la valeur moyenne est calculée :

$$\forall i \quad Dist(\alpha_i, Moy(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)) = \alpha_i - Moy(\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N)$$

Une étape de fuzzification permet de transformer la valeur obtenue en une valeur linguistique. Cette valeur linguistique qualifie la proposition d'un agent (Figure 5.6.) :

- *Bas* : Une proposition est considérée comme relativement basse par rapport aux propositions des autres agents négociateurs.
- *Accept\_N* : Une proposition est considérée comme acceptable mais négativement (légèrement inférieure à la moyenne).
- *Très\_accept* : Une proposition est considérée comme très acceptable.
- *Accept\_P* : Une proposition est considérée comme acceptable mais positivement (légèrement supérieure à la moyenne).
- *Elevé* : Une proposition est considérée comme relativement élevée par rapport aux propositions des autres agents négociateurs.

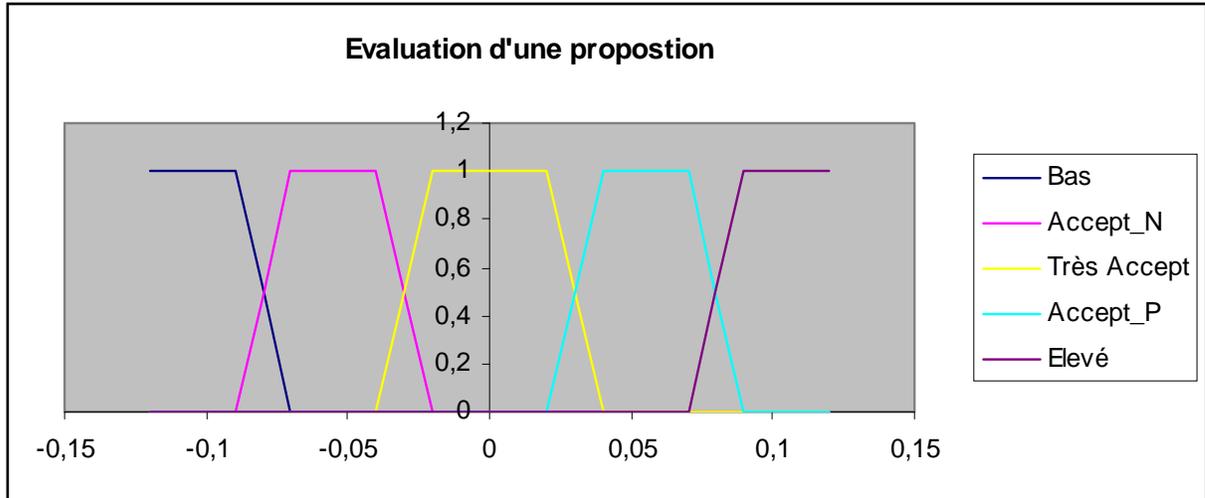


FIG. 5-6 – Evaluation d’une proposition

L’agent équitable fonde, de plus, son raisonnement sur le stade de la négociation. Le stade de la négociation (figure 5.7.) représente l’avancement du processus de négociation (nombre d’itérations). Deux stades sont présentés :

- *Début* : Le processus de la négociation vient de débiter.
- *Avancé* : Le processus de la négociation est dans un stade avancé.

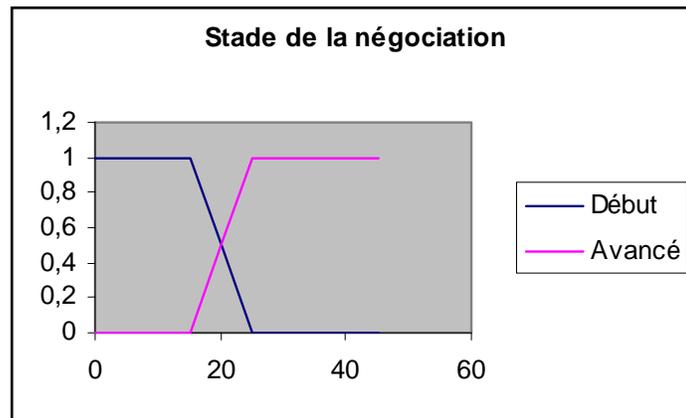


FIG. 5-7 – Stade de la négociation

Ainsi, des valeurs numériques sont converties en des valeurs linguistiques (grâce aux variables floues). En conséquence, l’agent équitable utilise une base de règles floues afin de produire la valeur de sortie qui représente le comportement à suivre pour un agent négociateur.

<b>R1</b> : SI stade est Début ET Taux est Bas ALORS Comportement est "Pas de concession"
<b>R2</b> : SI stade est Début ET Taux est Accept_N ALORS Comportement est "Normal"
<b>R3</b> : SI stade est Début ET Taux est Très_Accept ALORS Comportement est "Normal"
<b>R4</b> : SI stade est Début ET Taux est Accept_P ALORS Comportement est "Normal"
<b>R5</b> : SI stade est Début ET Taux est Elevé ALORS Comportement est "Plus de concession"
<b>R6</b> : SI stade est Avancé ET Taux est Bas ALORS Comportement est "Pas de concession"
<b>R7</b> : SI stade est Avancé ET Taux est Accept_N ALORS Comportement est "Pas de concession"
<b>R8</b> : SI stade est Avancé ET Taux est Très_Accept ALORS Comportement est "Normal"
<b>R9</b> : SI stade est Avancé ET Taux est Accept_P ALORS Comportement est "Plus de concession"
<b>R10</b> : SI stade est Avancé ET Taux est Elevé ALORS Comportement est "Plus de concession"

TAB. 5.1 – Base des règles de l’agent équitable du modèle M2

Trois comportements sont utilisés par l’agent équitable :

- *Pas de concessions* : dans ce cas, l’agent négociateur évolue dans le processus de négociation sans faire de concessions. La contre-proposition d’un agent est sa dernière proposition.
- *Normal* : dans ce cas, l’agent négociateur continue normalement sa négociation en faisant la concession habituellement faite.
- *Plus de concessions* : dans ce cas, l’agent négociateur est considérée par l’agent équitable comme quelqu’un de favorisé par rapport aux autres agents. De ce fait, l’agent équitable lui demande de faire plus de concessions. La contre-proposition de l’agent négociateur est calculée en appliquant une double concession.

Afin de déterminer le comportement à suivre pour chaque agent, l’agent équitable utilise la base de règles suivantes :

L’output généré grâce à la base des règles est le comportement d’un agent. Ce comportement est déduit de la partie conséquences des règles. Pour ce faire, nous utilisons les opérateurs flous ET, OU définis par Zadeh [1965].

L’opérateur ET est défini par la fonction suivante :

$$\mu_A(x)ET\mu_B(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

L'opérateur OU est défini par la fonction suivante :

$$\mu_A(x)OU\mu_B(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

La base de règles peut générer une, deux ou quatre règles. Le conseil à envoyer à un agent négociateur est déduit des règles déclenchées :

- Une règle déclenchable : dans ce cas, il n'y a pas de conflit. Nous déduisons directement le comportement.

Exp. : **R1** : SI stage est Début ET Taux est Bas ALORS Comportement est "Pas de concession"

R1 est la seule règle déclenchée. Le conseil concernant le comportement est alors "Pas de concession".

- Deux ou quatre règles déclenchables : Dans ce cas, le conseil qui a la valeur la plus forte est retenu. En cas d'égalité, la priorité est donnée à "Plus de concessions" ou "Pas de concessions". Ces deux valeurs ne peuvent pas être déclenchées ensemble. L'une ou l'autre peut être déclenchée avec la valeur "Normal".

Exp. : Supposons que nous avons pour un agent négociateur l'appartenance aux ensembles flous comme suit :

$$\mu_{Début}(stade) = 1, \quad \mu_{Bas}(Taux) = 0,6 \quad \text{et} \quad \mu_{Accept\_N}(Taux) = 0,4$$

Ainsi, les règles R1 et R2 sont déclenchées. L'application des règles floues se fait comme suit :

R1 donne "Pas de concessions" avec une appartenance de  $\min(\mu_{Début}(stade), \mu_{Bas}(Taux)) = 0,6$

R2 donne "Normal" avec une appartenance de  $\min(\mu_{Début}(stade), \mu_{Bas}(Taux)) = 0,4$

R1 OU R2 donne "Pas de concessions" avec une appartenance de  $\max(0,6; 0,4) = 0,6$

Ainsi, le conseil à communiquer à l'agent négociateur concerné est "Pas de concessions".

La logique floue inclue généralement trois grandes étapes :

La première étape est la fuzzification : des valeurs numériques sont reçus et converties en des valeurs linguistiques.

La seconde étape est l'inférence floue : les valeurs linguistiques générées par l'étape de fuzzification sont utilisées afin produire des sorties linguistiques grâce à une base de règles.

La troisième et dernière étape est la défuzzification : de nombreuses méthodes de défuzzification ont été proposées dans la littérature, le centre de gravité est la méthode la plus utilisée. Dans cette étape, les sorties floues doivent être converties en des valeurs numériques dans le but d'éliminer l'aspect vague des valeurs floues [Bouchon-Meunier, 1995]. Cependant, nombreux travaux ont ignoré cette étape. De plus, les auteurs dans [Van Leekwij et Keere, 1999] classifient les systèmes flous en deux grandes catégories : les systèmes de contrôle flous et les systèmes à raisonnement (connaissance) flou. Dans la première catégorie, l'étape de défuzzification est nécessaire parce qu'une valeur floue n'est pas très efficace dans un système de contrôle. Dans la seconde catégorie, l'étape de défuzzification n'est pas toujours nécessaire. En effet, les systèmes à raisonnement flou visent à produire un raisonnement qualitatif pour un domaine bien spécifique. Ainsi, si la valeur linguistique de sortie contient assez d'informations pertinentes, il n'y a aucun besoin d'utiliser une étape de défuzzification.

Dans notre cas, le raisonnement flou produit par l'agent équitable ne nécessite pas une étape de défuzzification. En effet, le rôle de l'agent équitable est de produire un certain équilibre et équité à la négociation. Ainsi, Il communique des conseils aux agents négociateurs quant aux comportements qu'ils doivent suivre durant le processus de négociation. De plus, l'agent équitable ne possède pas assez d'informations pour être capable de faire une étape de défuzzification : l'appartenance à un conseil peut être calculée grâce à l'inférence floue mais un conseil ne peut être converti numériquement. De ce fait, les valeurs linguistiques produites par la base des règles (les conseils) sont envoyés aux agents négociateurs. Ces agents négociateurs sauront comment se comporter durant le processus de négociation selon le message (conseil) reçu.

### 5.3 Négociation multi-agent guidée

Dans cette section, nous présentons le modèle M3 dans un contexte de partage partiel d'informations. Ce modèle se différencie du modèle M1 par l'intégration d'un agent équitable et du modèle M2 par le rôle de cet agent équitable. Celui-ci va jouer le rôle d'un médiateur dans le but de diriger (non seulement conseiller) les agents négociateurs afin d'aboutir à des relations contractuelles proches de l'équitable.

Dans ce modèle, nous utiliserons pour débiter et terminer la négociation deux variables qui seront instanciés lors de la création d'un agent négociateur. Ces variables représentent des taux

de marge :

- Taux de marge initial (TI) : Ce taux représente le taux de marge initial. Il permet à un agent de calculer sa proposition initiale.
- Taux de marge minimal (TM) : Ce taux représente le taux de marge minimal. Il permet à un agent de calculer la valeur minimale de la marge à réaliser. Nous considérons que le minimum serait de couvrir l'ensemble des coûts. Ainsi, une marge nulle est le minimum à accepter.

Dans cette section, nous commencerons par présenter l'architecture du modèle, puis sa dynamique et enfin nous présenterons en détails le raisonnement de l'agent équitable

### 5.3.1 Le modèle M3

Le modèle proposé (M3) présente une même architecture que le modèle précédent (figure 5.8) : Des agents sous-traitants, un agent donneur d'ordres, et un agent équitable. Toutefois, le modèle décisionnel de l'agent équitable est différent. Il a un rôle plus important dans le processus de négociation.

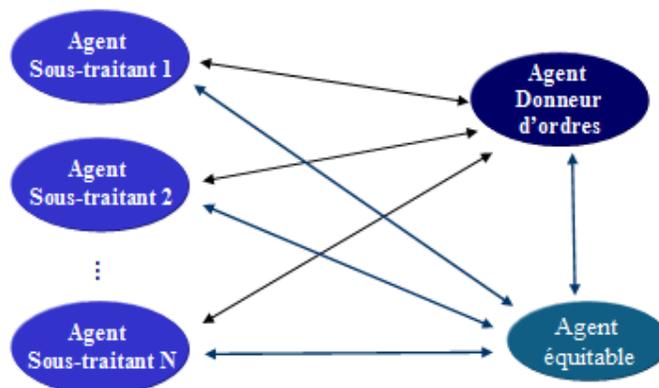


FIG. 5-8 – Architecture multi-agent : M3

Cette section présente les objectifs, les connaissances (les agents qu'il connaît) et les connaissances (statiques et dynamiques) de chaque classe d'agent.

## Un agent sous-traitant

Chaque agent sous-traitant a comme objectif (local) la maximisation de sa marge de bénéfices  $MST_i$  et comme objectif global la mise en place de relations contractuelles équitables.

Les connaissances de chaque agent sous-traitant sont : l'agent donneur d'ordres et l'agent équitable.

Ses connaissances statiques représentent les informations sur son système de production : sa capacité de production normale  $CN_i$ , sa capacité de production maximale  $CM_i$ , ses coûts fixes  $FST_i$ , son coût variable pour la capacité normale  $VST_i$  et son coût variable  $V2ST_i$  pour toute production excédentaire (au delà de la capacité de production normale).

Ses connaissances dynamiques sont les messages reçus par les différents agents :

- Son taux de marge ( $\alpha_i$ , avec  $1 \leq i \leq N$ ) communiqué à l'agent équitable.
- Le taux reçu de l'agent équitable à appliquer dans la négociation.
- Les paramètres négociés du contrat (type prix de gros) : le prix d'achat  $W_i$  et la quantité  $Q_i$ .

## L'agent donneur d'ordres

L'agent donneur d'ordres a deux objectifs :

- le premier est de maximiser sa marge de bénéfices MDO.
- Le second est de répartir les quantités entre les sous-traitants puisque la demande est supérieure à la somme des capacités de production normales et inférieure à la somme des capacités maximales des différents sous-traitants.

L'objectif global du modèle est la mise en place de relations contractuelles équitables.

Les connaissances de l'agent donneur d'ordres sont : les différents agents sous-traitants et l'agent équitable.

Ses connaissances statiques sont : la demande  $D$ , son prix de vente sur le marché final  $P_v$ , ses coûts fixes  $FDO$ , ses coûts variables (unitaire)  $VDO$  et les capacités de production normales et maximales de chaque sous-traitant ( $CN_i$ ,  $CM_i$ ).

Ses connaissances dynamiques dépendent principalement des messages reçus des autres agents :

- Les paramètres négociés du contrat (type prix de gros) : le prix d'achat  $W_i$  et la quantité  $Q_i$ .
- Son taux de marge ( $\alpha_0$ ) communiqué à l'agent équitable.
- Le taux reçu de l'agent équitable à appliquer dans la négociation.
- Les états des différents sous-traitants durant la négociation (actif, inactif).

### **L'agent équitable**

L'agent équitable a l'objectif de guider les différents agents négociants à une négociation la plus équitable possible.

Les connaissances de l'agent équitable sont : l'agent donneur d'ordres et l'ensemble des agents sous-traitants.

Ses connaissances statiques sont : la demande  $D$ , les capacités de production normales et maximales de chaque sous-traitant ( $CN_i$ ,  $CM_i$ ) et les taux de marge minimaux des agents négociateurs.

Ses connaissances dynamiques sont les taux de marge  $\alpha_i$  reçus des différents agents négociants :

- $\alpha_0$  : le taux de marge de l'agent donneur d'ordres
- $\alpha_i$  : les taux de marge des agent sous-traitant  $i$  (avec  $1 \leq i \leq N$ ).
- Le taux à envoyer aux agents négociateurs afin d'être appliqué dans le processus de négociation.
- Stade de la négociation : nombre d'itérations dans le processus.

### **5.3.2 La dynamique multi-agent**

La dynamique du modèle, représentée par la figure 5.9.

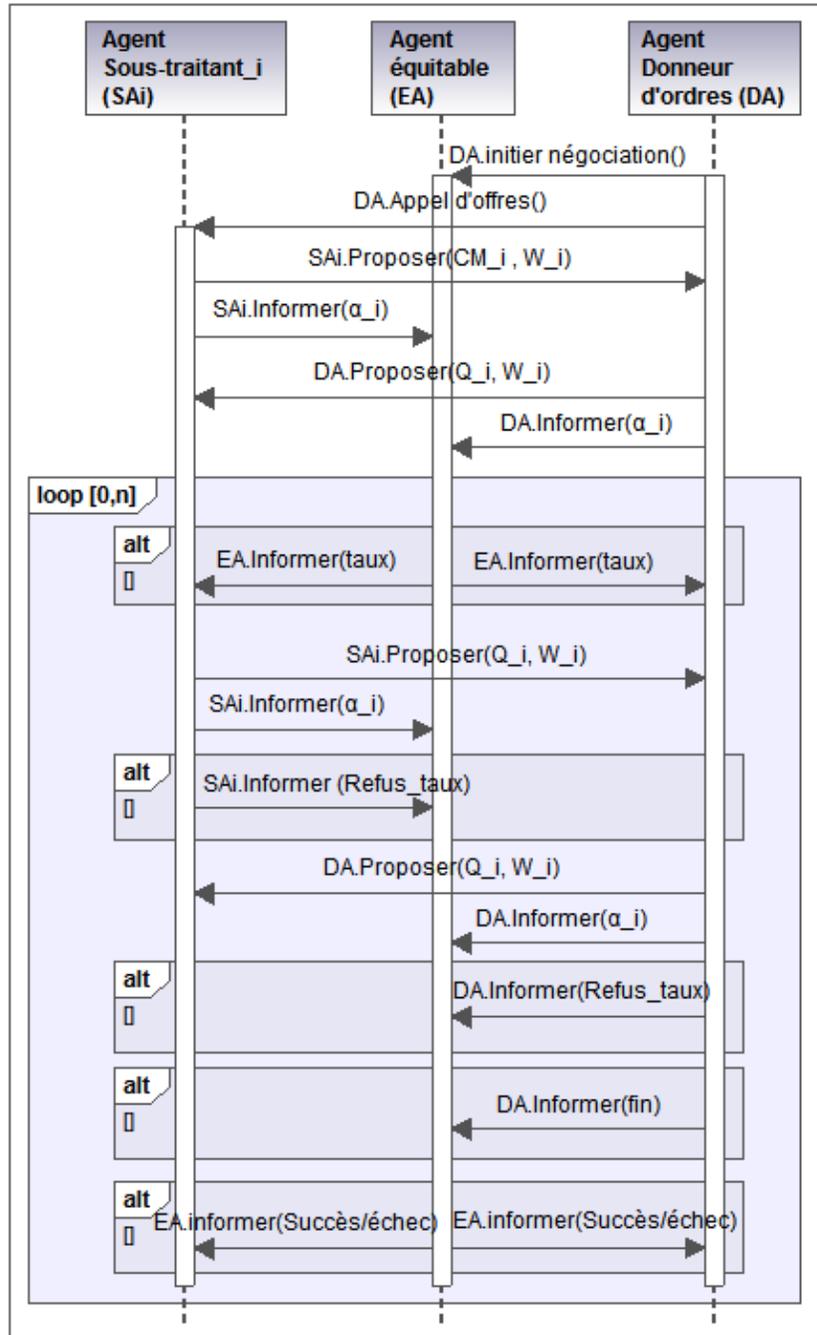


FIG. 5-9 – Dynamique multi-agent du modèle M3

La dynamique est basée sur le principe de propositions / Contre-propositions. La négociation est une multiple négociation bilatérale, néanmoins, une tierce partie prend part dans le processus de négociation. C'est l'agent donneur d'ordres qui commence le processus de négocia-

ciation par l'envoi d'un appel à propositions aux différents agents sous-traitants. De suite, un échange de propositions et de contre-propositions est mis en place. L'agent qui envoie une proposition, envoie également son taux de marge potentiel correspondant à sa proposition à l'agent équitable. Ainsi, l'agent équitable est constamment informé des taux de marge des différents agents négociateurs. Durant ce processus, l'agent équitable peut intervenir quand il remarque la nécessité : en effet, les différents taux de marge reçus permettent à l'agent équitable de savoir si les agents négociateurs ne sont pas dans le même ordre d'équité. L'agent équitable dirige les négociateurs dans le but de maintenir un certain équilibre et équité dans le processus de négociation.

Le processus de négociation est établi sur plusieurs étapes que nous présentons dans ce paragraphe. Le paragraphe suivant présentera le raisonnement de l'agent équitable. Les trois premières étapes sont identiques au modèle précédent, le changement réside dans le processus réitéré de propositions/contre-propositions et dans le raisonnement et le rôle de l'agent équitable.

### **Etape 1**

C'est l'agent donneur d'ordres qui débute le processus de négociation. Il envoie un appel à propositions aux différents agents sous-traitants. De plus, il informe l'agent équitable du début du processus de négociation.

### **Etape 2**

Chaque agent sous-traitant génère sa première proposition qu'il envoie à l'agent donneur d'ordres. De plus, il envoie à l'agent équitable son taux de marge  $\alpha_i$  actuel, sa capacité maximale  $CM_i$  et son taux de marge minimal. Cette première proposition contient : la capacité maximale du sous-traitant et un prix de début de négociation selon le taux de marge initial  $TI$ .

### **Etape 3**

Après la réception des premières propositions de tous les agents sous-traitants, l'agent donneur d'ordres génère à son tour ses premières propositions aux différents agents sous-traitants. Pour ce faire, il commence par allouer les quantités en fonction des prix reçues : par ordre

croissant du prix d'achat, et formuler les offres en conséquence. De plus, il envoie à l'agent équitable son taux de marge  $\alpha_0$  actuel, la demande D et son taux de marge minimal. Les premières propositions de l'agent donneur d'ordres sont générées selon le taux de marge initial TI.

Par la suite, un processus réitéré de proposition / contre-proposition est mis en place (Etape 4 et 5) et l'agent équitable est constamment informé des taux de marge des différents agents négociateurs.

#### **Etape 4**

Cette étape est représentée par la figure 5.10.

L'agent sous-traitant reçoit une proposition de l'agent donneur d'ordres. Il adopte la quantité demandée par l'agent donneur d'ordres pour générer sa nouvelle proposition. Il peut aussi éventuellement recevoir de l'agent équitable un taux de marge à appliquer.

Lors de la réception d'un taux de marge de la part de l'agent équitable, l'agent sous-traitant applique ce taux afin de calculer sa nouvelle proposition et l'envoyer à l'agent donneur d'ordres. Si le taux reçu ne satisfait son taux de marge minimal (taux reçu doit être supérieure à TM), il le refuse. Ainsi, il calcule sa nouvelle proposition sans prendre compte du taux reçu. De plus, il envoie un message "*Refus*" à l'agent équitable.

Si l'agent sous-traitant ne reçoit pas de taux de la part de l'agent équitable, il calcule normalement sa proposition en appliquant la fonction de concession défini précédemment. Ainsi, un nouveau couple (quantité, prix) est envoyé à l'agent donneur d'ordres comme la nouvelle proposition. De plus, le taux de marge potentiel ( $\alpha_i$ ) de la proposition formulée est envoyé à l'agent équitable.

Si l'agent sous-traitant ne peut pas faire de concessions, il renvoie sa dernière proposition.

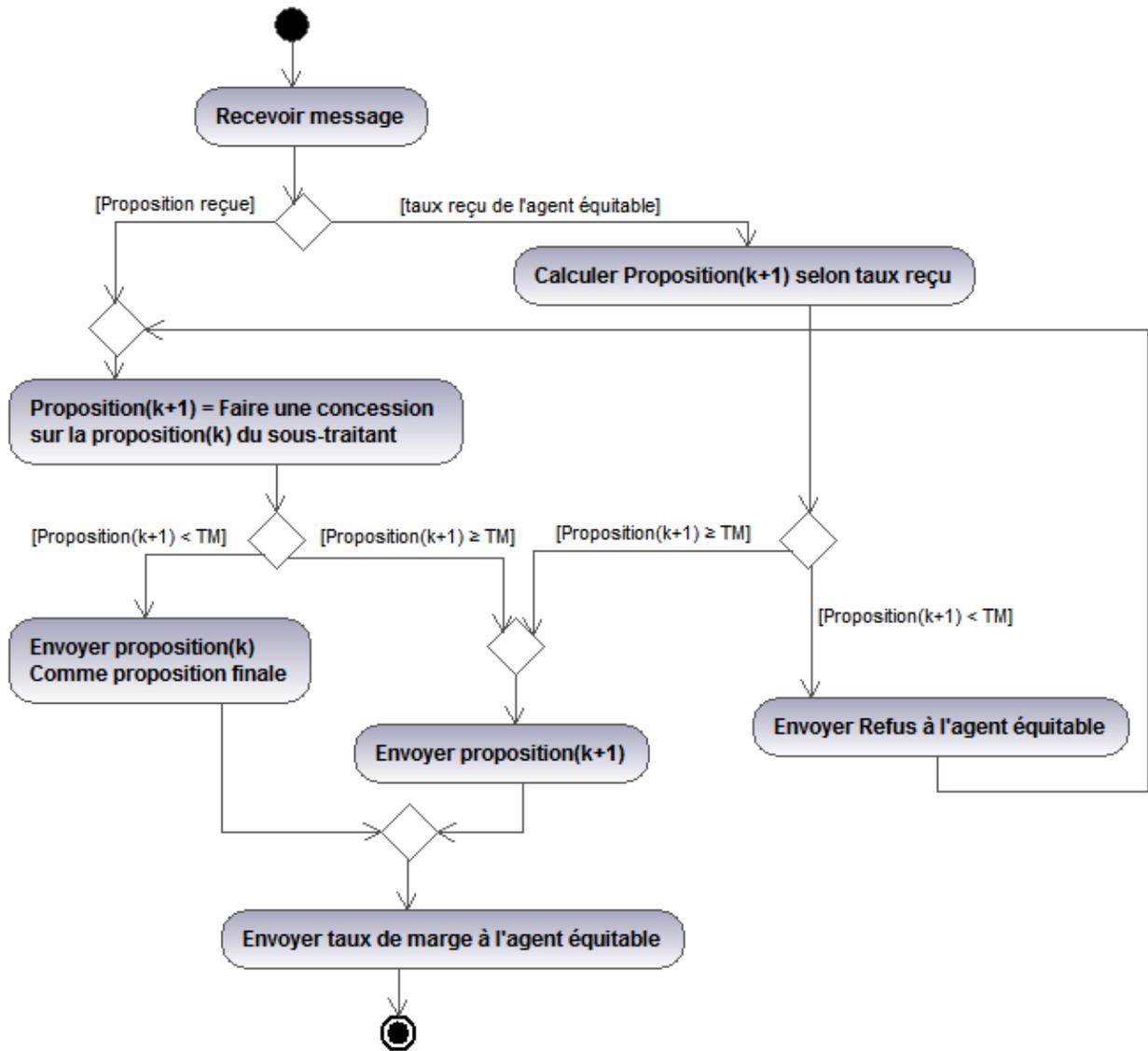


FIG. 5-10 – Diagramme d'activités de l'étape 4 - M3

### Etape 5

Cette étape est représentée par la figure 5.11.

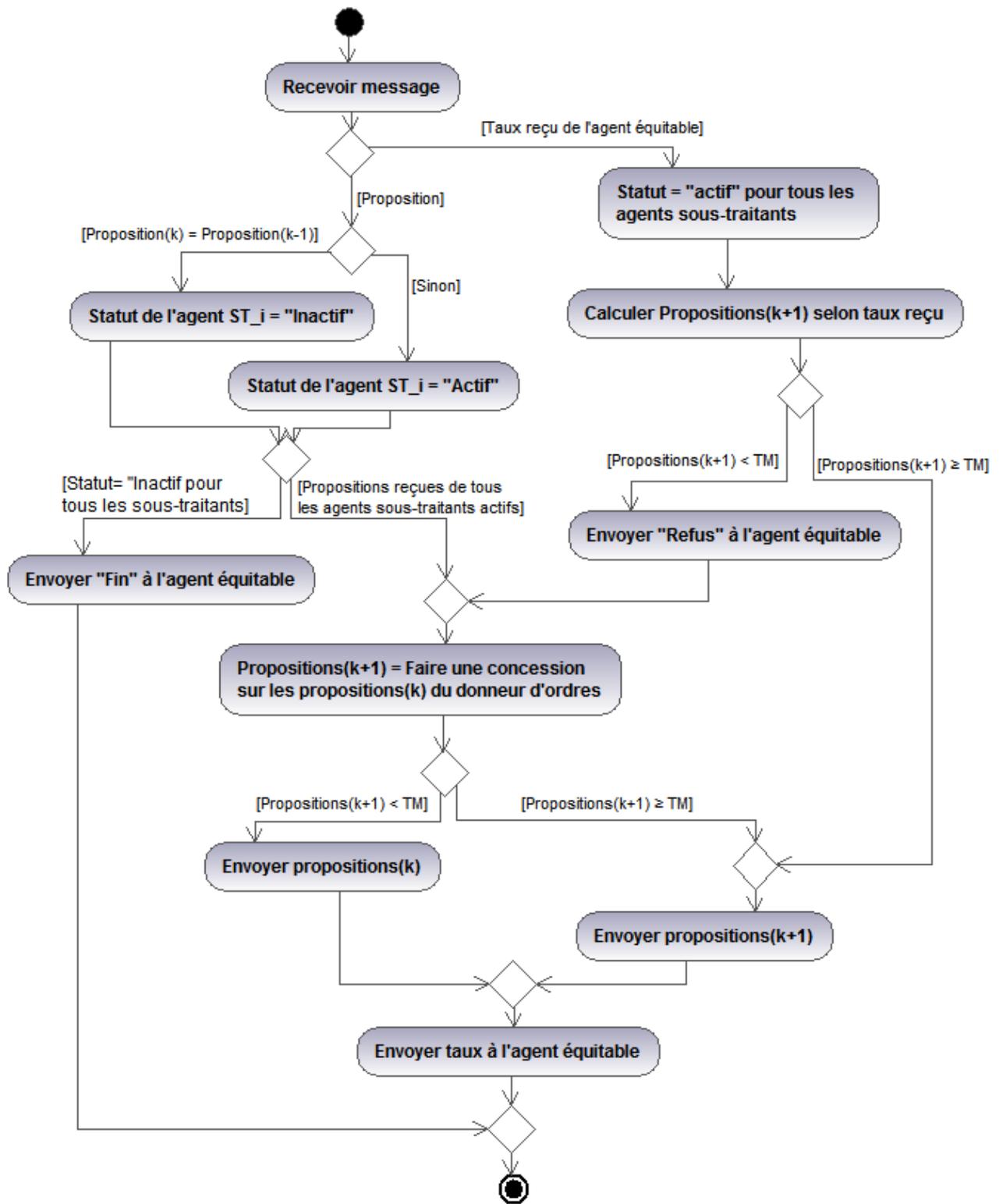


FIG. 5-11 – Diagramme d'activités de l'étape 5 - M3

L'agent donneur d'ordres reçoit les propositions des agents sous-traitants. Il peut aussi éventuellement recevoir de l'agent équitable un taux de marge à appliquer.

Dans le présent modèle, l'agent donneur d'ordres utilise uniquement deux qualifications pour les agents sous-traitants :

- *Actif* : un agent qui évolue normalement dans le processus de négociation est considéré comme "*actif*". L'état d'un agent est par défaut "*actif*".
- *Inactif* : un agent sous-traitant qui envoie dans deux itérations successives la même proposition est considéré comme "*inactif*".

Lors de la réception d'un taux de marge de la part de l'agent équitable, l'agent donneur d'ordres remet les états de tous les agents sous-traitants à "*actif*". En effet, l'intervention de l'agent équitable remet tous les agents dans le processus de négociation. Par la suite, il applique le taux reçu afin de calculer ses nouvelles propositions et les envoyer aux différents agents sous-traitants. Si le taux reçu ne satisfait pas le taux de marge minimal (TM) de l'agent donneur d'ordres, celui-ci le refuse. Ainsi, il calcule ses nouvelles propositions sans prendre compte du taux reçu. De plus, il envoie un message "*Refus*" à l'agent équitable.

Si l'agent donneur d'ordres ne reçoit pas de taux de la part de l'agent équitable, il commence par vérifier les états des agents sous-traitants : si un des agents sous-traitants envoie une proposition identique à sa précédente, il est considéré comme "*inactif*". Si tous les agents sous-traitants deviennent inactifs, l'agent donneur d'ordres envoie un message "*Fin*" à l'agent équitable pour l'informer de la fin du processus de négociation. Sinon, l'agent donneur d'ordres calcule ses propositions pour les agents sous-traitants dont l'état est "*actif*" en appliquant la fonction de concession défini précédemment. Si l'agent donneur d'ordres ne peut pas faire de concessions, il adopte ses anciennes propositions. Ainsi, Les propositions (quantité, prix) sont envoyées aux agents sous-traitants *actifs*. De plus, le taux de marge potentiel ( $\alpha_0$ ) de l'agent donneur d'ordres est envoyé à l'agent équitable.

## **Etape 6**

Le processus réitéré de propositions/contre-propositions (étape 4 et 5) est engagé jusqu'à ce que l'agent donneur d'ordres envoie le message "*Fin*" à l'agent équitable. Celui-ci peut

demander aux agents de recommencer avec un nouveau taux dans le but d'améliorer l'équité. Toutefois, le message "*Fin*" est synonyme de la fin du processus de négociation. La terminaison d'un processus de négociation se fait par un succès ou par un échec.

**Succès** Quand l'agent équitable reçoit le message "*Fin*" et qu'un accord peut être établi tout en respectant les taux de marge minimaux de tous les agents, l'agent équitable informe les agents négociateurs du "*succès*" de la négociation.

**Echec** Quand l'agent équitable reçoit le message "*Fin*" et qu'un des agents négociateurs ne satisfait pas son taux de marge initial, l'agent équitable informe les agents négociateurs de "*l'échec*" de la négociation. De plus, quand un nombre maximal d'itérations est atteint sans atteindre un arrangement, l'agent équitable informe les agents négociateurs de "*l'échec*" de la négociation.

### 5.3.3 Raisonnement de l'agent équitable

L'agent équitable intervient quand les agents négociateurs commencent à formuler des propositions diversifiées. L'objectif de l'agent équitable est de rééquilibrer le processus de négociation. Pour ce faire, l'agent équitable se base sur des règles qui utilisent à la fois des variables floues et des valeurs (textuelles) reçues des agents négociateurs afin de leur envoyer un taux de marge à appliquer.

Le rôle de l'agent équitable est de produire un guidage dans le processus de négociation. En effet, dès qu'il remarque une différence significative entre les taux de marge des différents agents, il intervient en indiquant aux agents négociateurs un taux à appliquer.

L'agent équitable reçoit en entrée (Figure5.12) :

1. Les taux de marge des différents négociateurs.
2. Le stade de la négociation.
3. Les messages des agents négociateurs : "*Fin*" et "*Refus*".

Il produit en sortie (Figure5.12) :

- Taux de marge à envoyer aux différents agents négociateurs

- Les messages : "Succès" ou "échec".

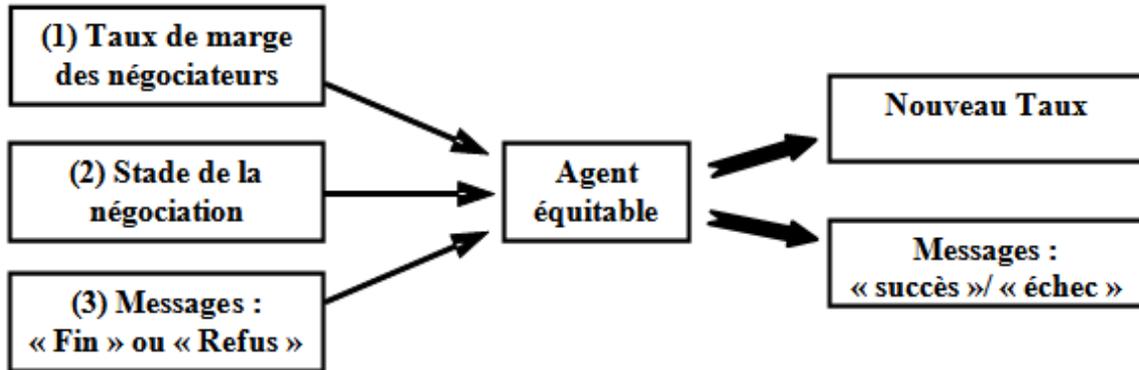


FIG. 5-12 – Entrées et sorties de l'agent équitale (M3)

L'agent équitale reçoit continuellement de la part des différents agents négociateurs leurs taux de marge ( $\alpha_i$ ) :  $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_N$  calculés selon leurs propres propositions :

$\alpha_0$  : Le taux de marge de l'agent donneur d'ordres selon sa proposition.

$\alpha_1$  : Le taux de marge de premier agent sous-traitant selon sa proposition.

$\alpha_2$  : Le taux de marge de second agent sous-traitant selon sa proposition.

....

$\alpha_N$  : Le taux de marge du N<sup>ème</sup> agent sous-traitant selon sa proposition.

En se basant sur ces valeurs, la différence entre la valeur min et la valeur max de ces taux est calculée :

$$\text{étendue} = \max(\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_N) - \min(\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_N)$$

Une étape de fuzzification permet de transformer la valeur obtenue en une variable linguistique. Cette variable linguistique permet de donner une indication sur l'état de l'équité dans le processus de négociation. Ainsi, la valeur étendue ou l'état de la négociation peut être (Figure.5.13) :

- *Idéale* : La négociation est dans un état d'équité idéale. Ceci est vrai quand les valeurs des différents taux de marge des agents négociants sont très proches, ainsi, la différence entre la valeur max et la valeur min des taux est relativement petite.

- *Très Acceptable* : La négociation est dans un état très acceptable. Dans ce cas, les valeurs des taux de marge des agents négociateurs sont relativement proches.
- *Peu Acceptable* : La négociation est dans un état plus ou moins acceptable. Dans ce cas, les valeurs des taux de marge des agents négociateurs sont relativement distantes.
- *Médiocre* : La négociation est dans un état médiocre quand la différence entre la valeur min et la valeur max des taux de marge est assez significative. Dans ce cas, nous considérons que les agents négociateurs se sont éloignés de ce que nous appelons une négociation équitable.

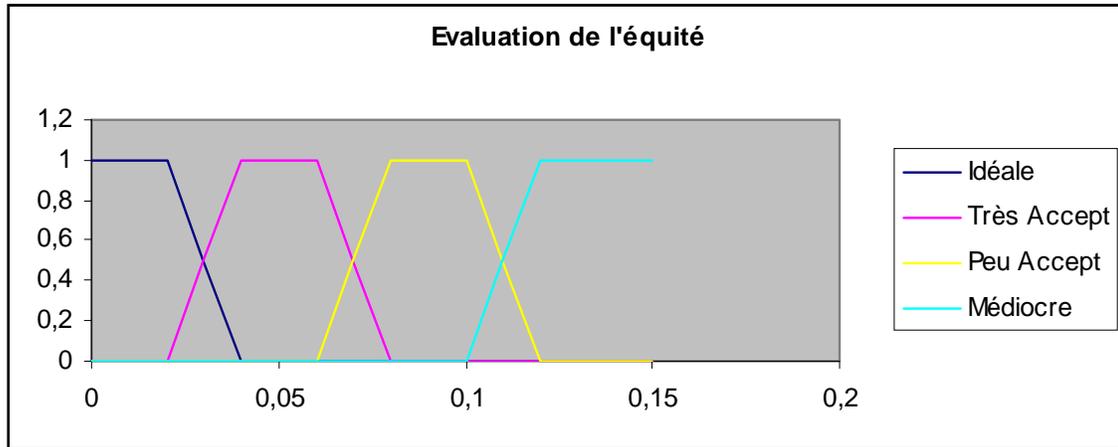


FIG. 5-13 – Evaluation de l'équité

L'agent équitable fonde aussi son raisonnement sur le stade de la négociation (Figure 5.14) :

- *Début* : Le processus de la négociation vient de débiter.
- *Avancé* : Le processus de la négociation est dans un stade avancé.

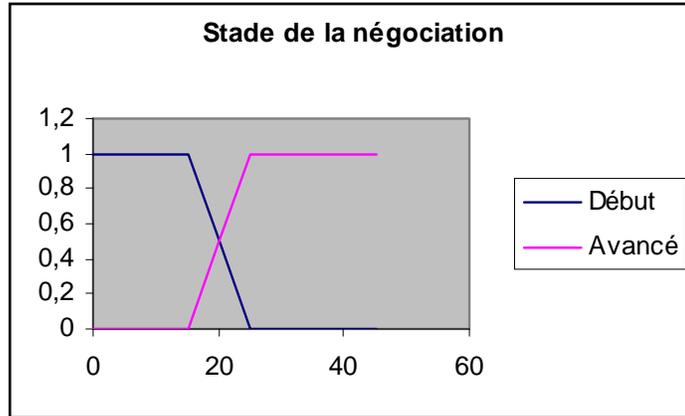


FIG. 5-14 – Stade de la négociation

L'agent équitable fonde également son raisonnement sur des valeurs linguistiques reçues par les différents agents négociateurs. Ces valeurs sont :

- "*Refus*" : Ce message est reçu quand le seuil envoyé par l'agent équitable ne satisfait pas un des agents. En effet, dans le cas d'un marché tendu où les bénéfices à partager ne sont pas élevés, la négociation se fait par des petits pas. Ainsi, un changement considérable du taux de marge peut défavoriser un des agents négociateurs. De ce fait, quand un agent négociateur reçoit un taux qui le fait perdre, il envoie un message "*Refus*" à l'agent équitable.
- "*Fin*" : Ce message est reçu quand la négociation arrive à un état de blocage. En effet, à un certain moment de la négociation, les agents négociateurs ne sont plus aptes à faire plus de concessions. Ainsi, la négociation devra prendre fin soit par un "*succès*" si tous les agents sont gagnants ou par un "*échec*" si un des agents est perdant.

En se basant sur ces entrées, l'agent équitable peut décider de calculer ou pas un nouveau taux à appliquer par les différents agents négociateurs. Ce taux est calculé grâce à la fonction moyenne suivante :

$$Taux(\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_N) = \frac{\sum_{i=0}^N \alpha_i}{N + 1}$$

avec  $\alpha_0$  : taux de marge reçu du donneur d'ordres

$\alpha_i$  : taux de marge reçu du ième sous-traitant  
 D : Demande sur le marché final  
 $CM_i$  : Capacité maximale du ième sous-traitant  
 N : nombre de sous-traitants

En effet, dans le cas d'une équité non médiocre au début de la négociation, l'agent équitable laisse le processus de négociation avancer et attend les taux de marge des itérations suivantes. Si l'équité est médiocre, il calcul un nouveau taux qu'il envoie aux agents négociateurs.

**R1** : SI Non("Fin") ET stade est Début ET équité est NON(médiocre) ALORS attendre itérations suivantes

**R2** : SI Non("Fin") ET stade est Début ET équité est médiocre ALORS Calculer *Taux*

Lors de l'avancement de la négociation, l'agent équitable peut calculer un nouveau taux si l'équité est peu acceptable ou médiocre. Sinon, il laisse le processus de négociation avancer et attend les itérations suivantes.

**R3** : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Idéale ALORS attendre itérations suivantes

**R4** : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Très\_acceptable ALORS attendre itérations suivantes

**R5** : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Peu\_acceptable ALORS Calculer *Taux*

**R6** : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Médiocre ALORS Calculer *Taux*

Plus le processus de négociation avance, plus nous approchons de la fin de la négociation. Généralement, l'agent équitable reçoit les messages "*Fin*" et "*Refus*" à un stade avancé. Lors de la réception du message "*Fin*", le stade de la négociation n'est plus important puisque nous approchons de la fin du processus. Ainsi, l'agent équitable va tenter d'améliorer l'équité de la négociation ou la terminer. Ainsi, si le message "*Fin*" est reçu et le message "*Refus*" n'est pas reçu et que nous sommes dans une équité non "*Idéale*", l'agent équitable tente une amélioration par le calcul d'un nouveaux taux. Si l'équité est idéale, l'agent termine le processus par la vérification du succès de la négociation.

**R7** : SI "Fin" ET NON("Refus") ET équité est NON(Idéale) ALORS Calculer *Taux*

**R8** : SI "Fin" ET NON("Refus") ET équité est Idéale ALORS Vérifier succès

Si les messages "*Fin*" et "*Refus*" sont reçus, l'agent équitable termine le processus par la vérification du succès de la négociation.

**R9** : SI "Fin" ET "Refus" ALORS Vérifier succès

Afin de vérifier le succès de la négociation, il suffit à l'agent équitable de vérifier si les taux de marge minimaux des agents sont satisfaits.

Ainsi, la base des règles de l'agent équitable est la suivante :

<p><b>R1</b> : SI Non("Fin") ET stade est Début ET équité est NON(médiocre) ALORS attendre itérations suivantes</p>
<p><b>R2</b> : SI Non("Fin") ET stade est Début ET équité est médiocre ALORS Calculer(<i>Taux</i>)</p>
<p><b>R3</b> : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Idéale ALORS attendre itérations suivantes</p>
<p><b>R4</b> : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Très_acceptable ALORS attendre itérations suivantes</p>
<p><b>R5</b> : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Peu_acceptable ALORS Calculer(<i>Taux</i>)</p>
<p><b>R6</b> : SI Non("Fin") ET stade est Avancé ET équité est Médiocre ALORS Calculer(<i>Taux</i>)</p>
<p><b>R7</b> : SI "Fin" ET NON("Refus") ET équité est NON(Idéale) ALORS Calculer(<i>Taux</i>)</p>
<p><b>R8</b> : SI "Fin" ET NON("Refus") ET équité est Idéale ALORS Vérifier succès</p>
<p><b>R9</b> : SI "Fin" ET "Refus" ALORS Vérifier succès</p>

TAB. 5.2 – Base des règles de l'agent équitable du modèle M3

## 5.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous nous sommes focalisés sur le contexte d'un partage partiel d'informations. En effet, nous avons proposé deux modèles multi-agent ayant une même architecture mais un raisonnement différent. Ces modèles intègrent en plus des agents négociateurs (agent donneur d'ordres et agents sous-traitants) un agent équitable. Dans le premier modèle (M2),

cet agent joue le rôle d'un conseiller. En effet, il communique de simples conseils aux agents négociateurs quant aux comportements qu'ils doivent tenir durant le processus de négociation. Dans le deuxième modèle (M3), l'agent équitable joue le rôle d'un dirigeant. En effet, il dirige la négociation en communiquant aux agents négociateurs des taux de marge à appliquer durant le processus de négociation.

# Chapitre 6

## Validation expérimentale

### Sommaire

---

<b>6.1</b>	<b>Introduction</b>	<b>137</b>
<b>6.2</b>	<b>Critères d'évaluation de l'équité</b>	<b>137</b>
6.2.1	Le succès de la négociation	138
6.2.2	La maximisation de la marge de la chaîne logistique	138
6.2.3	Le critère d'équité moyenne (Fairness Average Criterion : FAC)	139
6.2.4	Le critère du résultat individuel le moins inéquitable (Least Unfair Criterion : LUC)	140
<b>6.3</b>	<b>Implémentation &amp; technologies utilisées</b>	<b>140</b>
<b>6.4</b>	<b>Résultats</b>	<b>141</b>
6.4.1	Le modèle M1	141
6.4.2	Le modèle M2	144
6.4.3	Le modèle M3	146
<b>6.5</b>	<b>Etude comparative selon les critères d'évaluation de l'équité</b>	<b>149</b>
6.5.1	Le succès de la négociation	149
6.5.2	La maximisation de la marge de la chaîne logistique	152
6.5.3	Le critère d'équité moyenne (Fairness Average Criterion : FAC)	154
6.5.4	Le critère du résultat individuel le moins inéquitable (Least Unfair Criterion : LUC)	155
<b>6.6</b>	<b>Conclusion</b>	<b>157</b>

---

## 6.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous effectuons l'expérimentation des modèles que nous avons développés au cours des trois derniers chapitres. Pour ce faire, nous commençons dans la première section par présenter des critères d'évaluation de l'équité et de l'efficacité d'une chaîne logistique. Ces critères que nous proposons permettent d'évaluer les résultats suite aux négociations mises en place dans une chaîne logistique selon différents points de vue :

Le premier est un critère commun à tous les travaux qui traitent de la négociation : le succès de la négociation.

Le deuxième critère concerne la coordination de la chaîne logistique.

Le troisième est un critère moyen global (Le critère d'équité moyen) qui permet de regarder l'équité d'un point de vue global par rapport à la chaîne logistique.

Le quatrième critère est un critère moyen individuel (Le critère du plus inéquitable résultat individuel) qui permet de regarder l'équité d'un point de vue individuel des acteurs de la chaîne.

La deuxième section de ce chapitre sera consacrée aux résultats expérimentaux et à une étude comparative des résultats donnés par les différents modèles proposés.

## 6.2 Critères d'évaluation de l'équité

La coordination d'une chaîne logistique est un élément primordial dans l'étude des relations contractuelles. En effet, les travaux relatifs aux contrats parlent de la coordination que peut apporter un contrat à la chaîne logistique. Selon certains auteurs [Tsay, 1999] [Weng, 1999a] [Anupindi et Bassok, 2002] [Larivière, 2002] [Cachon, 2003] [Anupindi et Bassok, 2002], la coordination existe si les décisions prises conviennent à la réalisation des objectifs de chaque entreprise. Par analogie, dans nos travaux, chaque entreprise a comme objectifs : avoir une marge minimale et survivre. Ceci est réalisé quand nous avons un succès de la négociation mise en place.

Gomez-Padilla [2005] parle d'une coordination efficace économiquement. L'auteur entend par efficacité économique la réalisation d'un profit total maximum pour la chaîne logistique dans son ensemble. En d'autres termes, il faut étudier si les décisions prises individuellement par les entreprises contractantes coordonnent la chaîne et correspondent à une maximisation du profit de la chaîne. Par analogie, dans nos travaux, la maximisation de la marge globale de

la chaîne est un des objectifs à réaliser. Ceci correspond à notre deuxième critère.

Avec ces deux critères inspirés de la littérature, nous proposons deux autres critères :

Le premier représente l'équité moyenne des résultats globalement pour l'ensemble des acteurs [Kallel et al., 2010b].

Le deuxième représente l'équité individuelle pour chaque acteur [Kallel et al., 2010b]. Nous proposons ce critère dans le but de déceler les résultats individuels les moins inéquitables. En effet, une négociation peut s'avérer très équitable globalement mais pénalisante pour l'un des membres de la chaîne.

Cette section présente les quatre critères d'évaluation de l'équité : Succès de la négociation, Maximisation de la marge globale de la chaîne, équité moyenne globale et résultat individuelle le moins inéquitable.

### 6.2.1 Le succès de la négociation

Le critère le plus important est le succès de la négociation. En effet, si la négociation n'aboutit pas, nous ne pouvons plus rien évaluer. La chaîne logistique perd sa valeur et peut même cesser d'exister sur le marché. Nous considérons que la négociation n'aboutit pas si un des acteurs ne satisfait pas son taux de marge minimal (TM). Ainsi, afin de vérifier si un modèle permet le succès de la négociation, nous devons vérifier que les acteurs de la chaîne logistique sont arrivés à un accord et que tous les acteurs sont gagnants (en satisfaisant leurs taux de marge minimaux).

Ainsi, l'inéquation suivante devra être vérifiée :

$$\forall i, \alpha_i \geq TM_i$$

Avec  $\alpha_i$  : taux de marge d'un agent à la fin du processus de négociation

$TM_i$  : Taux de marge minimal d'un agent

$i$  : pour le donneur d'ordres  $i=0$  et pour les sous-traitants  $1 \leq i \leq N$

### 6.2.2 La maximisation de la marge de la chaîne logistique

Le deuxième critère, de point de vue importance, est la maximisation de la marge globale de la chaîne logistique. En effet, dans un contexte de répartition équitable, une maximisation

de la marge de la chaîne est synonyme de plus de gain pour les différents acteurs.

Ce critère est calculé par l'addition des marges des différents acteurs :

$$MCH = MDO + \sum_{i=1}^N MST_i$$

Avec MCH : Marge globale de la chaîne logistique

MDO : Marge du donneur d'ordres

MST<sub>i</sub> : Marge d'un sous-traitant

### 6.2.3 Le critère d'équité moyenne (Fairness Average Criterion : FAC)

Le critère d'équité moyenne permet d'évaluer globalement les résultats des acteurs de la chaîne. En effet, ce critère permet, grâce à une fonction moyenne, de calculer l'équité moyenne globale. Ceci est réalisé en deux étapes :

1. la première consiste à calculer pour chaque acteur la distance entre ses résultats selon le modèle expérimenté et les résultats selon une répartition équitable.
2. la deuxième étape consiste à calculer une valeur moyenne permettant ainsi de donner une idée sur l'équité moyenne pour l'ensemble des acteurs.

Pour une meilleure représentation graphique des résultats, nous avons choisi l'échelle suivante. Ce critère est compris entre 0 et 1 : 0 signifie une négociation totalement inéquitable et 1 signifie la négociation la plus équitable. Ce critère est calculé grâce à la fonction suivante :

$$FAC(\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_N) = 1 - \frac{\sum_{i=0}^N |\alpha_i - \alpha'_i|}{N + 1}$$

Avec :

$\alpha_i$  : taux de marge d'un agent (DO pour  $i=0$  et  $i$ ème sous-traitant pour  $1 \leq i$ ) dans le modèle considéré.

$\alpha'_i$  : taux de marge d'un agent (DO pour  $i=0$  et  $i$ ème sous-traitant pour  $1 \leq i$ ) dans une répartition équitable.

#### 6.2.4 Le critère du résultat individuel le moins inéquitable (The least Unfair Criterion : LUC)

Le critère d'équité moyenne permet d'évaluer globalement les résultats des acteurs de la chaîne. Par contre, le critère du résultat individuel le moins inéquitable permet d'évaluer individuellement les résultats des acteurs de la chaîne. En effet, une négociation peut s'avérer très équitable globalement mais pénalisante pour l'un des membres de la chaîne. L'idéal serait de joindre les deux.

Ce critère est calculé en deux étapes :

1. la première étape consiste à calculer pour chaque acteur la distance entre ses résultats selon le modèle expérimenté et les résultats selon une répartition équitable.
2. la deuxième étape consiste à détecter la valeur la plus inéquitable.

Pour une meilleure représentation graphique des résultats, nous avons choisi l'échelle suivante. Ce critère est compris entre 0 et 1 : 0 signifie une négociation totalement inéquitable et 1 signifie la négociation la plus équitable. Ce critère est calculé grâce à l'algorithme suivant :

1.  $LUC=1 - |\alpha_i - \alpha'_i|$
2. Pour  $i$  de 1 à  $N$
3. Si  $(1 - |\alpha_i - \alpha'_i|) < LUC$  Alors
4.  $LUC=1 - |\alpha_i - \alpha'_i|$
5. Fin Si
6. Fin Pour

Avec :

$\alpha_i$  : taux de marge d'un agent (DO pour  $i=0$  et  $i$ ème sous-traitant pour  $1 \leq i$ ) dans le modèle considéré.

$\alpha'_i$  : taux de marge d'un agent (DO pour  $i=0$  et  $i$ ème sous-traitant pour  $1 \leq i$ ) dans une répartition équitable.

### 6.3 Implémentation & technologies utilisées

Dans le but d'évaluer les travaux réalisés, nous avons implémenté les modèles présentés dans le manuscrit avec la plateforme JADE. JADE (Java Agent DEvelopment Framework)

[Bellifemine et al., 2001] [Bellifemine et al., 2007] [JAD, 2011] est un environnement de développement implémenté en Java qui simplifie l'implémentation des systèmes multi-agents à travers un middle-ware qui se conforme aux spécifications standards de l'organisation FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents) [FIPA, 2002b].

JADE est un logiciel libre qui est distribué par la compagnie Telecom Italia et qui est gérée depuis 2003 par les cinq compagnies suivantes : Telecom Italia, Motorola Whitestein Technologies AG, Profactor GmbH, et France Telecom R&D. Ce qui explique le nombre abondant des projets industriels et académiques qui emploient cette plateforme.

Le choix de la plateforme JADE a été motivé principalement pour les raisons suivantes :

- sa disponibilité sur le Net,
- sa conformité aux spécifications standard de FIPA [FIPA, 2002b],
- et la documentation abondante sur sa mise en oeuvre.

Cette section est consacrée à la présentation des résultats expérimentaux des différents modèles.

## 6.4 Résultats

Dans cette section, nous présentons un échantillon des expérimentations menées sur chacun des modèles multi-agent proposées : M1, M2 et M3. Ces expérimentations nous ont permis de savoir si les différents modèles mènent au succès de la négociation ou à un échec.

### 6.4.1 Modèle M1

Le modèle M1 est une reproduction de la chaîne considérée : un agent qui représente le donneur d'ordres et un agent pour chacun des sous-traitants. Une négociation est mise en place entre l'agent donneur d'ordres et les agents sous-traitants. Les agents négociateurs se positionnent dans une logique où ils ne partagent pas d'informations autre que leurs propositions. L'objectif est d'arriver à un consensus équitable. Ce modèle, présenté dans le chapitre 4, a bien permis d'établir des relations contractuelles de type prix de gros. Nous présentons ici quatre exemples qui se différencient par le nombre de sous-traitants.

**Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de deux sous-traitants.**

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		8366,2	0,94	0,81
	80	500	10000	15				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	2699		
	350	70	4000	10	13			
ST <sub>2</sub>	100	50	1500	12	14	564,8		

TAB. 6.1 – Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 2 sous-traitants

Le tableau présente un exemple de nos expérimentations. Dans cet exemple, nous avons pris les hypothèses suivantes : un donneur d'ordres(DO) négocie avec 2 sous-traitants (ST<sub>1</sub> and (ST<sub>2</sub>). Le donneur d'ordres répond à une demande fixe D=500, son prix de vente P=80, il supporte des coûts fixes FDO=10000 et des coûts variables unitaires VDO=15. Le sous-traitant ST<sub>1</sub> a une capacité normale de production normale CN=350, une capacité supplémentaire CS=70, des coûts fixes FST=4000, un coût variable pour la capacité normale VST=10 et un coût variable pour la capacité excédentaire V2ST=13. Le sous-traitant ST<sub>2</sub> a une capacité normale de production normale CN=100, une capacité supplémentaire CS=150, des coûts fixes FST=1500, un coût variable pour la capacité normale VST=12 et un coût variable pour la capacité excédentaire V2ST=14.

Les différents acteurs réalisent les marges suivantes :

- Le DO réalise une marge de 8366,2.
- Le sous-traitant ST<sub>1</sub> réalise une marge de 2699.
- Le sous-traitant ST<sub>2</sub> réalise une marge de 564,8.

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs ont réalisé des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,94;LUC=0,81). Ainsi, des relations contractuelles peuvent être établies entre le donneur d'ordres et les sous-traitants. Les contrats établis sont de type prix de gros. ce type est représenté par un couple (Quantité; Prix).

le donneur d'ordres a établi le contrat C1(420; 26,45) avec ST<sub>1</sub> et C2(80; 37,81) avec ST<sub>2</sub>. Ainsi, tous les acteurs de cette chaîne logistique sont gagnants. Nous appelons un acteur

gagnant quelqu'un qui arrive à couvrir l'ensemble de ses coûts et réaliser éventuellement une petite marge de bénéfices.

**Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de trois sous-traitants.**

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		285,3	0,96	0,91
	32	500	3000	8				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	259		
	150	40	1600	6	7,5			
ST <sub>2</sub>	220	30	2000	5	7	442,5		
ST <sub>3</sub>	80	20	1200	7	7,8	283,2		

TAB. 6.2 – Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 3 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,96 ; LUC=0,91). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : Le donneur d'ordres a établi le contrat C1(190 ; 16,1) avec ST<sub>1</sub>, C2(250 ; 15,01) avec ST<sub>2</sub> et C3(60 ; 31,72) avec ST<sub>3</sub>.

**Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de quatre sous-traitants.**

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		-8,2	-	-
	13,41	3000	4000	3				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	73		
	800	50	4000	4	5,5			
ST <sub>2</sub>	850	20	5000	3,5	5	51,2		
ST <sub>3</sub>	700	100	3000	4,5	6,2	0,4		
ST <sub>4</sub>	500	80	2000	5,2	7	13,6		

TAB. 6.3 – Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 4 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons qu'une des marges est négative. De ce fait, la négociation n'a pas aboutit à un succès mais à un échec. L'échec n'est pas une conséquence du nombre de sous-traitants. D'autres cas testés avec 4 sous-traitants ont aboutit à un succès. L'échec est généralement la conséquence d'un marché tendu où il n'y a pas beaucoup de gains à partager.

**Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de cinq sous-traitants.**

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		982,6	0,92	0,78
	26	1000	800	6				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	683,4		
	200	30	1000	10	12			
ST <sub>2</sub>	370	10	1500	9	10,5	2094,8		
ST <sub>3</sub>	150	50	900	11	12	650		
ST <sub>4</sub>	100	50	500	11,5	13	335		
ST <sub>5</sub>	80	10	300	12,5	14	729,2		

TAB. 6.4 – Hypothèses et résultats du modèle M1 avec 5 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,92; LUC=0,78). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(230; 17,58) avec ST<sub>1</sub>, C2(380; 17,71) avec ST<sub>2</sub>, C3(200; 19) avec ST<sub>3</sub>, C4(150; 22,85) avec ST<sub>4</sub> et C5(40; 17,33) avec ST<sub>5</sub>.

### 6.4.2 Modèle M2

Le modèle M2 est une extension du premier. Ainsi, ce modèle comporte un agent donneur d'ordres qui négocie avec plusieurs agents sous-traitants, de plus, il comporte un agent équitable qui tente de diriger les agents négociateurs vers un consensus équitable. Dans ce modèle, une négociation est mise en place entre l'agent donneur d'ordres et les agents sous-traitants. Durant ce processus, l'agent équitable peut intervenir en fournissant des conseils aux agents négociateurs quant au comportement à suivre dans le processus de négociation. Les agents négociateurs se positionnent dans une logique coopérative où ils acceptent de partager une information (taux de marge réalisable) avec l'agent équitable et d'en recevoir des conseils. L'objectif est d'arriver à un consensus équitable. Ce modèle, présenté dans le chapitre 5, a bien permis d'établir des relations contractuelles de type prix de gros. Nous présentons ici quatre exemples qui se différencient par le nombre de sous-traitants.

**Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de deux sous-traitants.**

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		7899,6	0,96	0,85
	80	500	10000	15				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	3089,6		
	350	70	4000	10	13			
ST <sub>2</sub>	100	50	1500	12	14	640,8		

TAB. 6.5 – Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 2 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,96 ; LUC=0,85). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(420 ; 27,38) avec ST<sub>1</sub> et C2(80 ; 38,76) avec ST<sub>2</sub>.

**Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de trois sous-traitants.**

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		419,9	0,98	0,95
	32	500	3000	8				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	240		
	150	40	1600	6	7,5			
ST <sub>2</sub>	220	30	2000	5	7	402,5		
ST <sub>3</sub>	80	20	1200	7	7,8	207,6		

TAB. 6.6 – Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 3 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,98 ; LUC=0,95). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(190 ; 16) avec ST<sub>1</sub>, C2(250 ; 14,85) avec ST<sub>2</sub> et C3(60 ; 30,46) avec ST<sub>3</sub>.

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		73,5	0,99	0,99
	13,41	3000	4000	3				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	5		
	800	50	4000	4	5,5			
ST <sub>2</sub>	850	20	5000	3,5	5	43,5		
ST <sub>3</sub>	700	100	3000	4,5	6,2	6		
ST <sub>4</sub>	500	80	2000	5,2	7	2		

TAB. 6.7 – Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 4 sous-traitants

### Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de quatre sous-traitants.

Dans cet exemple, contrairement au premier modèle, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,99;LUC=0,99). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(850 ; 8,8) avec ST<sub>1</sub>, C2(770 ; 10,05) avec ST<sub>2</sub>, C3(800 ; 8,47) avec ST<sub>3</sub> et C4(580 ; 8,9) avec ST<sub>4</sub>.

### Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de cinq sous-traitants.

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		1537,6	0,96	0,92
	26	1000	800	6				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	706,4		
	200	30	1000	10	12			
ST <sub>2</sub>	370	10	1500	9	10,5	1445		
ST <sub>3</sub>	150	50	900	11	12	690		
ST <sub>4</sub>	100	50	500	11,5	13	350		
ST <sub>5</sub>	80	10	300	12,5	14	746		

TAB. 6.8 – Hypothèses et résultats du modèle M2 avec 5 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,96;LUC=0,92). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(230 ; 17,68) avec ST<sub>1</sub>,

C2(380; 16) avec ST<sub>2</sub> , C3(200; 19,2) avec ST<sub>3</sub> , C4(150; 23) avec ST<sub>4</sub> et C5(40; 17,4) avec ST<sub>5</sub>.

### 6.4.3 Modèle M3

Le modèle M3 reprend la même architecture que le modèle M2 : il comporte un agent donneur d'ordres qui négocie avec plusieurs agents sous-traitants, de plus, il comporte un agent équitable qui tente de diriger les agents négociateurs vers un consensus équitable. Toutefois, la dynamique et le rôle de l'agent équitable diffèrent. Dans ce modèle, les agents négociateurs se positionnent dans une logique encore plus coopérative que M2. En effet, ils acceptent de partager une information (taux de marge réalisable) avec l'agent équitable et d'en recevoir, non pas des conseils mais, des directives concernant les propositions à formuler. Ce modèle, présenté dans le chapitre 5, a bien permis d'établir des relations contractuelles de type prix de gros. Nous présentons ici quatre exemples qui se différencient par le nombre de sous-traitants.

#### Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de deux sous-traitants.

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		7399,6	0,99	0,97
	80	500	10000	15				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	3274,4		
	350	70	4000	10	13			
ST <sub>2</sub>	100	50	1500	12	14	956		

TAB. 6.9 – Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 2 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,99;LUC=0,97). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(420; 27,82) avec ST<sub>1</sub> et C2(80; 42,7) avec ST<sub>2</sub>.

#### Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de trois sous-traitants.

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable

(FAC=0,99 ;LUC=0,99). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(190 ; 16) avec ST<sub>1</sub>, C2(250 ; 14,35) avec ST<sub>2</sub> et C3(60 ; 29,38) avec ST<sub>3</sub>.

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		609,7	0,99	0,99
	32	500	3000	8				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	240		
	150	40	1600	6	7,5			
ST <sub>2</sub>	220	30	2000	5	7	277,5		
ST <sub>3</sub>	80	20	1200	7	7,8	142,8		

TAB. 6.10 – Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 3 sous-traitants

#### Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de quatre sous-traitants.

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		73,5	0,99	0,99
	13,41	3000	4000	3				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	5		
	800	50	4000	4	5,5			
ST <sub>2</sub>	850	20	5000	3,5	5	43,5		
ST <sub>3</sub>	700	100	3000	4,5	6,2	6		
ST <sub>4</sub>	500	80	2000	5,2	7	2		

TAB. 6.11 – Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 4 sous-traitants

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,99 ;LUC=0,99). Les contrats prix de gros qui ont permis la réalisation de ces marges sont établis comme suit : le donneur d'ordres a établi le contrat C1(850 ; 8,8) avec ST<sub>1</sub>, C2(770 ; 10,05) avec ST<sub>2</sub>, C3(800 ; 8,47) avec ST<sub>3</sub> et C4(580 ; 8,9) avec ST<sub>4</sub>.

#### Cas d'une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de cinq sous-traitants.

Dans cet exemple, nous remarquons que tous les acteurs réalisent des marges positives. De ce fait, la négociation a aboutit à un succès avec des résultats proches de l'équitable (FAC=0,98 ;LUC=0,97). Ainsi, le donneur d'ordres a établi le contrat C1(230 ; 17,88) avec

Acteur	Hypothèses					Résultats	Critères d'équité	
						Marge réalisée	FAC	LUC
DO	P	D	FDO	VDO		1789,4	0,98	0,97
	26	1000	800	6				
ST <sub>1</sub>	CN	CS	FST	VST	V2ST	752,4		
	200	30	1000	10	12			
ST <sub>2</sub>	370	10	1500	9	10,5	1030,8		
ST <sub>3</sub>	150	50	900	11	12	710		
ST <sub>4</sub>	100	50	500	11,5	13	432		
ST <sub>5</sub>	80	10	300	12,5	14	760,4		

TAB. 6.12 – Hypothèses et résultats du modèle M3 avec 5 sous-traitants

ST<sub>1</sub>, C2(380; 14,91) avec ST<sub>2</sub> , C3(200; 19,3) avec ST<sub>3</sub> , C4(150; 23,82) avec ST<sub>4</sub> et C5(40; 17,46) avec ST<sub>5</sub>.

## 6.5 Etude Comparative selon les critères d'évaluation de l'équité

Cette section présente une comparaison entre les modèles M1, M2 et M3 selon les différents critères d'évaluation de l'équité présentés dans la première section.

### 6.5.1 Succès de la négociation

Le succès de la négociation est le critère le plus important. En effet, si la négociation n'aboutit pas, nous ne pouvons plus rien évaluer. La chaîne logistique perd sa valeur et peut même cesser d'exister sur le marché. Ce critère dépend principalement de la marge globale réalisable sur le marché. Un marché tendu qui génère une marge globale relativement petite peut poser des problèmes quant au processus de négociation. Par contre, un marché qui permet de générer une marge globale relativement grande facilite le processus de négociation.

#### Modèle M1

Le premier modèle a bien permis le succès de la négociation. Toutefois, elle n'est pas toujours garantie. Le succès dépend principalement de la marge globale réalisable. Plus le marché est tendu, plus la marge globale réalisable est petite. Ceci peut affecter le processus de négociation. En effet, plus la marge globale réalisable est petite, plus le consensus est difficile entre plusieurs acteurs sur la répartition de cette marge. La figure 6.1 montre l'évolution du pourcentage de

succès de la négociation en fonction la marge globale réalisable.

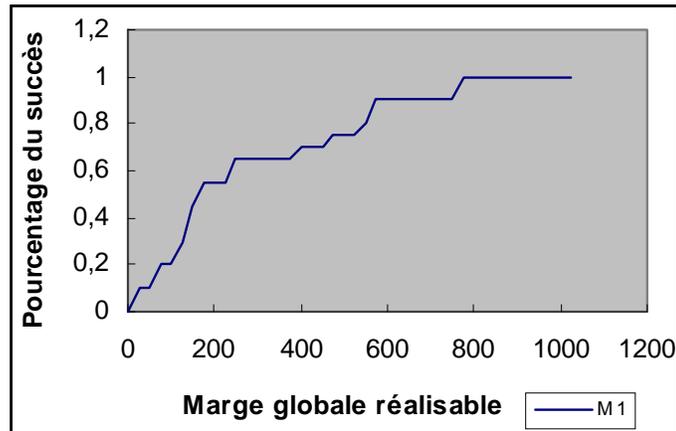


FIG. 6-1 – Succès de la négociation pour le modèle M1

## Modèle M2

En termes de succès de la négociation, Le deuxième modèle a aussi permis le succès de la négociation. De même que pour le premier modèle, le succès dépend principalement de la marge globale réalisable. Plus la marge globale réalisable est petite, plus le consensus est difficile entre plusieurs acteurs sur la répartition de cette marge. La figure 6.2 montre l'évolution du pourcentage de succès de la négociation en fonction la marge globale réalisable.

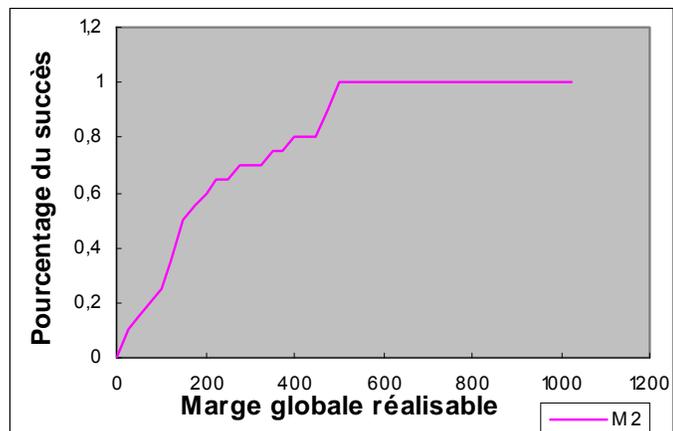


FIG. 6-2 – Succès de la négociation pour le modèle M2

## Modèle M3

Le troisième modèle présente une habilité à permettre un consensus avec des marges globales assez petites. La figure 6.3 montre l'évolution du pourcentage de succès de la négociation en fonction la marge globale réalisable.

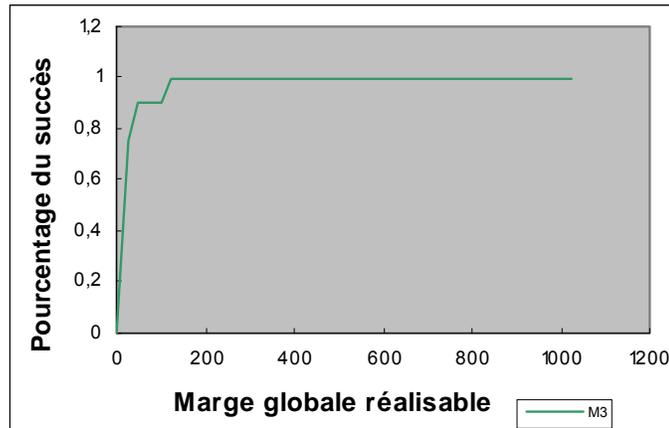


FIG. 6-3 – Succès de la négociation pour le modèle M3

## Comparatif du succès selon les trois modèles

La succès de la négociation, qui représente le critère le plus important, est plus ou moins satisfait par les trois modèles. Toutefois, certains modèles sont plus efficaces que d'autres pour ce critère. En effet, la figure 6.4 montre le pourcentage du succès de la négociation des trois modèles.

Le modèle M3 permet le succès de la négociation avec des marges très petites. Il permet ainsi de donner les meilleurs résultats.

Les modèles M1 et M2 permettent aussi le succès de la négociation mais pour des marges globales significativement plus grandes que celles du modèle M3. Toutefois, le modèle M2 présente de meilleurs résultats que le modèle M1. Nous remarquons d'après la figure 6.4 une légère amélioration des résultats pour des marges globales petites ( de 0 à 300) et une amélioration significative pour des marges globales plus grandes ( de 300 à 750).

La différence entre les trois modèles est due principalement à la stratégie de partage d'informations adoptée dans chaque modèle. En effet, le modèle M1 n'adopte pas de partage d'in-

formations. Par contre, les modèles M2 et M3 qui présentent de meilleures solutions adoptent des stratégies de partage d'informations différentes.

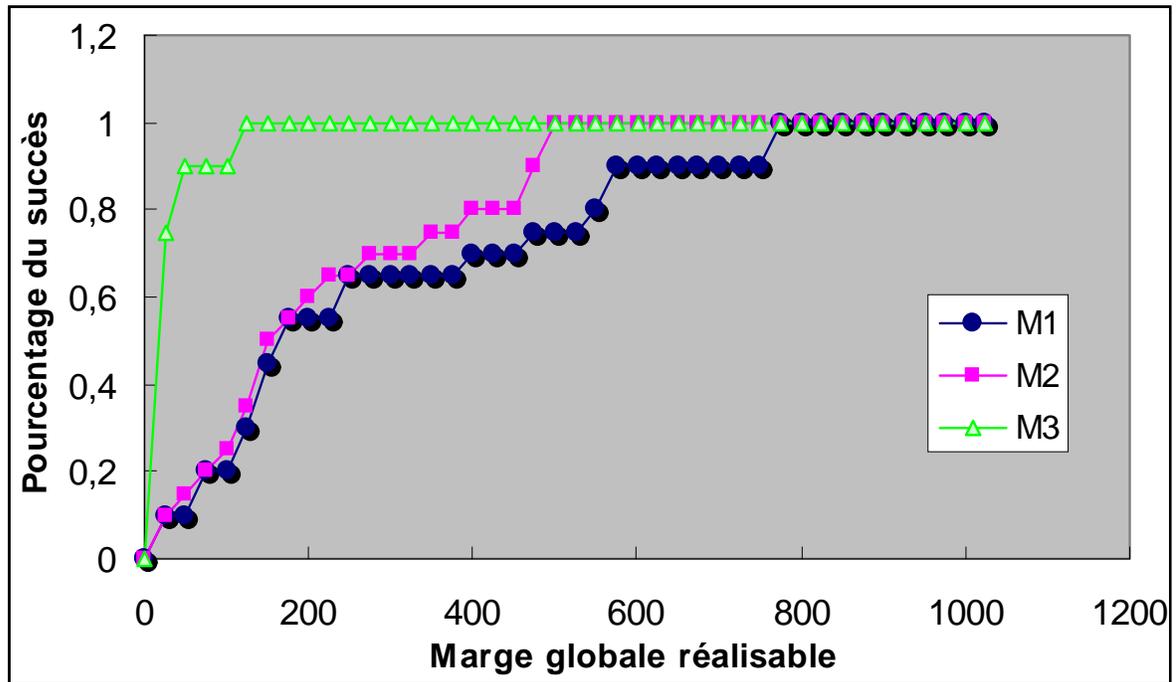


FIG. 6-4 – Etude comparative du succès selon les différents modèles

### 6.5.2 Maximisation de la marge globale de la chaîne

La maximisation de la marge est le deuxième critère de point de vue importance. En effet, dans un contexte de répartition équitable, une maximisation de la marge de la chaîne est synonyme de plus de gain pour les différents acteurs.

Dans un contexte d'informations connues (figure 6.5), l'approche analytique a permis une optimisation de la marge globale. La centralisation des informations permet d'optimiser les coûts et de maximiser ainsi la marge globale de la chaîne logistique.

Dans un contexte où les informations ne sont pas totalement partagées, la maximisation de la marge globale n'est pas garantie. En effet, les modèles multi-agents réalisés ne garantissent pas toujours des résultats optimaux (figure 6.5). Ces modèles ont un même comportement quant à la maximisation de la marge. Celle-ci dépend de la répartition de la demande du marché entre

les agents sous-traitants. Cette répartition est réalisée de la même façon pour les trois modèles (M1, M2 et M3) à savoir : allouer les quantités du moins au plus cher. De ce fait, les trois modèles permettent de réaliser la même marge globale.

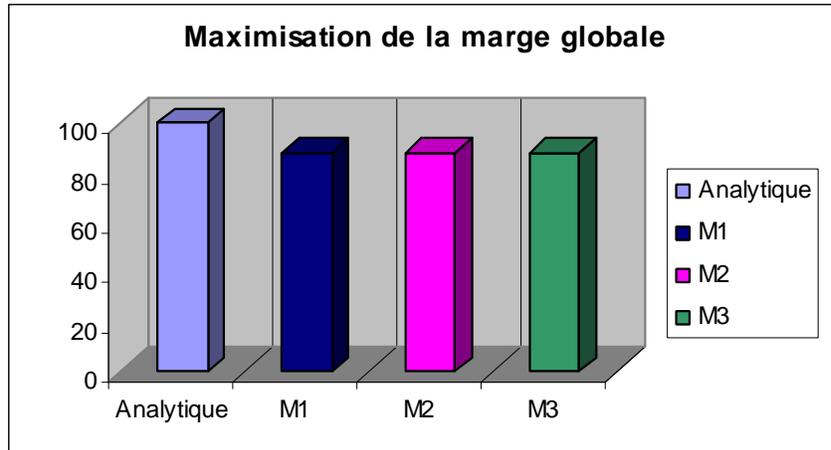


FIG. 6-5 – Maximisation de la marge globale

Pour les modèles multi-agents, la marge globale est en moyenne inférieure à la marge optimale réalisable (Tab. 6.13). Sur les expérimentation menées, la pire valeur retrouvée est à 61% de l'optimum, la meilleure valeur est à 100% et la moyenne est à 88% de l'optimum.

Résultats	
Pire valeur	61%
Valeur moyenne	88%
Meilleure valeur	100%

TAB. 6.13 – Résultats de la maximisation de la marge globale selon les modèles multi-agents

Ces résultats s'expliquent par le manque d'informations concernant les systèmes de coûts de chaque acteur.

Les modèles que nous avons présenté utilisent une résolution décentralisée via un processus de négociation multi-agent. Cette décentralisation permet de protéger les informations des différents acteurs de la chaîne mais, en contre partie, la maximisation de la marge globale de la chaîne n'est pas garantie.

### 6.5.3 Le critère d'équité moyenne (Fairness Average Criterion : FAC)

Le critère d'équité moyenne permet d'évaluer globalement les résultats des acteurs de la chaîne. En effet, ce critère permet, grâce à une fonction moyenne, de calculer l'équité moyenne globale. Ce critère est compris entre 0 et 1 : 0 signifie une négociation totalement inéquitable et 1 signifie la négociation la plus équitable.

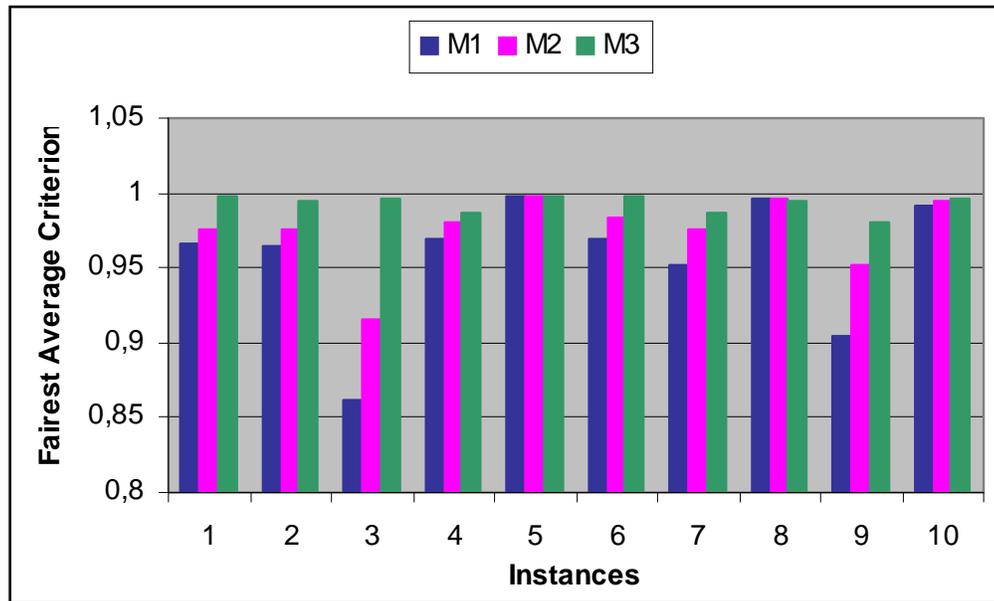


FIG. 6-6 – Comparaison du critère d'équité moyenne sur quelques instances

La figure 6.7 montre une comparaison du critère FAC sur un échantillon des expérimentations réalisées (quelques instances). La figure montre une amélioration des résultats pour les modèles qui adoptent un partage partiel d'informations à savoir M2 et M3. Encore plus, le modèle M3 apporte des résultats très proches des résultats optimaux. Ceci s'explique par le guidage proposé par l'agent équitable dans le modèle M3.

Toutefois, certaines instances particulières présentent des résultats différents : L'instance 5 de la figure 6.7 montre des résultats équivalents pour les trois modèles et l'instance 8 montre, pour les modèles M1 et M2, des résultats légèrement meilleurs que le modèle M3.

La figure 6.8 montre une comparaison du critère FAC en moyenne sur les expérimentations réalisées. Cette figure montre bien en moyenne que les trois modèles fournissent de bons résultats.

tats. De même, elle montre que les modèles qui adoptent un partage partiel d'informations (M2 et M3) fournissent de meilleurs résultats par rapport au modèle qui n'adopte aucun partage d'information (M1).

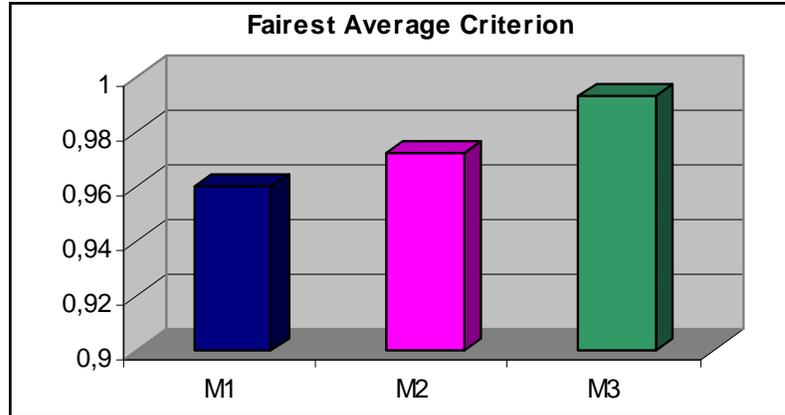


FIG. 6-7 – Comparaison moyenne du critère d'équité moyenne

#### 6.5.4 Le critère du résultat individuel le moins inéquitable (The least Unfair Criterion : LUC)

Le critère du résultat individuel le moins inéquitable permet d'évaluer individuellement les résultats des acteurs de la chaîne. Ce critère calcule le résultat individuel le moins inéquitable. En effet, une négociation peut s'avérer très équitable globalement mais pénalisante pour l'un des membres de la chaîne. L'idéal serait de joindre les deux. Ce critère est compris entre 0 et 1 : 0 signifie une négociation totalement inéquitable et 1 signifie la négociation la plus équitable.

La figure 6.9 montre une comparaison du critère LUC sur un échantillon des expérimentations réalisées (quelques instances). La figure montre une amélioration des résultats pour les modèles qui adoptent un partage partiel d'informations à savoir M2 et M3. Encore plus, le modèle M3 apporte des résultats très proches des résultats optimaux. Ceci s'explique par le guidage proposé par l'agent équitable dans le modèle M3.

Toutefois, certaines instances particulières présentent des résultats différents : L'instance 5 de la figure 6.9 montre des résultats quasi-équivalents pour les trois modèles et l'instance 8 montre, pour les modèles M1 et M2, des résultats légèrement meilleurs que le modèle M3.

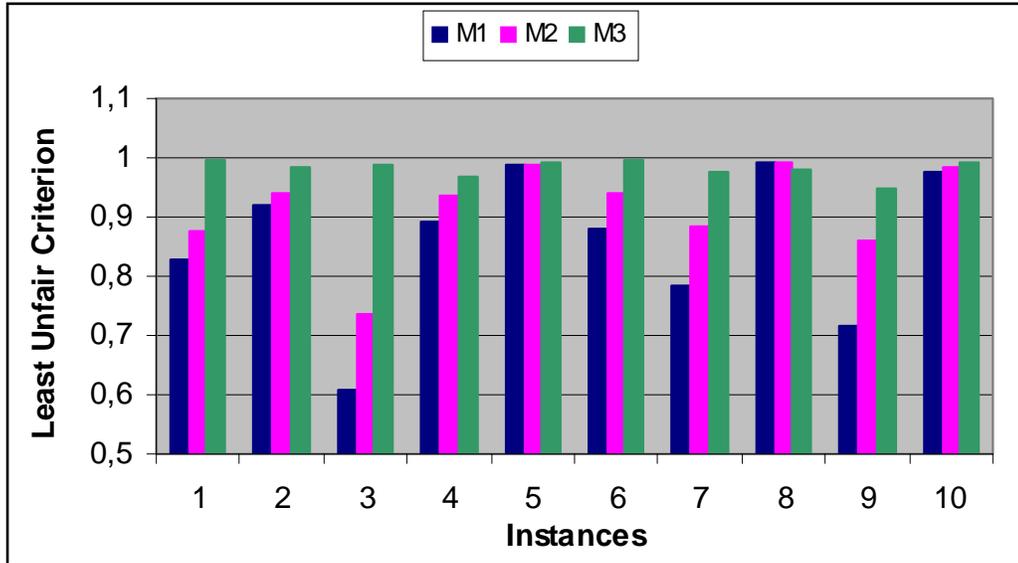


FIG. 6-8 – Comparaison du critère du résultat individuel le moins inéquitable sur quelques instances

La figure 6.10 montre une comparaison du critère LUC en moyenne sur les expérimentations réalisées. Cette figure montre bien en moyenne que les trois modèles fournissent de bons résultats. De même, elle montre que les modèles qui adoptent un partage partiel d'informations (M2 et M3) fournissent de meilleurs résultats par rapport au modèle qui n'adopte aucun partage d'information (M1).

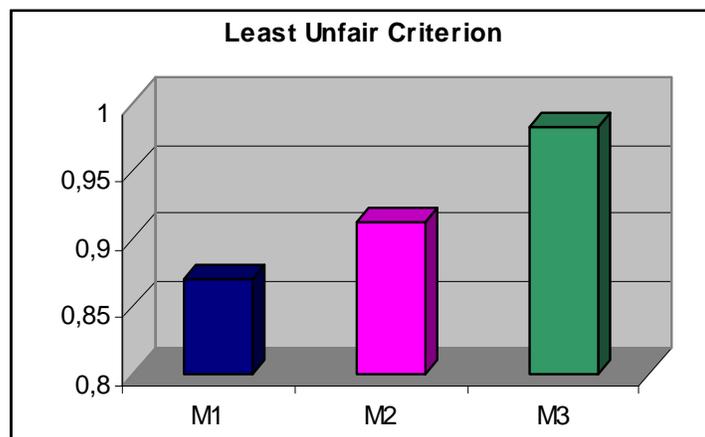


FIG. 6-9 – Comparaison moyenne du critère du résultat individuel le moins inéquitable

## 6.6 Conclusion

Dans ce chapitre, afin de valider les modèles proposés dans le présent manuscrit, nous avons proposé différents critères permettant d'évaluer la coordination de la chaîne logistique. Ces critères permettent d'évaluer l'efficacité et l'équité des résultats des différents modèles suite aux négociations mises en place afin d'arriver à un consensus.

Le premier de ces critères est un critère commun à tous les travaux qui traitent de la négociation : le succès de la négociation [Chavez et Maes, 1996] [Moratis, 2003] [Kallel et al., 2010a] [Kallel et al., 2010b].

Le deuxième critère concerne la coordination de la chaîne logistique [Gomez-Padilla, 2005].

Le troisième est un critère moyen global (Le critère d'équité moyen) qui permet de regarder l'équité d'un point de vue global par rapport à la chaîne logistique [Kallel et al., 2010b].

Le quatrième critère est un critère moyen individuel (Le critère du plus inéquitable résultat individuel) qui permet de regarder l'équité d'un point de vue individuel des acteurs de la chaîne [Kallel et al., 2010b].

L'implémentation des différents modèles a été réalisée grâce à la plateforme JADE. Les résultats des différents modèles ont démontré de meilleurs résultats pour les modèles qui adoptent un partage partiel d'informations. En effet, les modèles M2 et M3 apportent de meilleurs résultats sur les différents critères proposés. Le modèle M3 présente nettement de meilleurs résultats. Ceci dit, le modèle M1 apporte aussi des résultats assez efficaces et équitables.

# Conclusion générale

Depuis plus d'une décennie, le concept de chaînes logistiques est considéré comme un levier stratégique. Ce concept implique un effort de tous les acteurs du réseau dans le but d'avoir une meilleure rentabilité de la chaîne et celle de ses acteurs. Pour y arriver, les entreprises d'une même chaîne logistique collaborent dans le but d'instaurer des relations de partenariat durables. Ces relations sont généralement concrétisées par des contrats déterminant les modalités d'échanges physiques, financiers et éventuellement informationnels. Dans ce cadre, la présente thèse s'est intéressée à la mise en place de relations contractuelles entre donneur d'ordres et sous-traitants [Cachon, 2003] [Gomez-Padilla et al., 2005] dans une logique de commerce équitable [Le Velly, 2006].

Le principe du commerce équitable est d'établir des relations commerciales plus justes où la répartition des gains se fait de façon plus équitable [Le Velly, 2006]. Ainsi, nous nous sommes intéressés à des relations contractuelles que nous avons appelées équitables. Nous avons défini un contrat équitable comme une relation de partenariat durable qui spécifie les modalités d'échanges physiques, financiers et éventuellement informationnels de façon à garantir la juste rémunération à chaque partie contractante [Kallel et al., 2008a].

Dans cette optique, la problématique, que nous avons traitée, concerne la mise en place de relations contractuelles équitables du type prix de gros. Le contrat prix de gros stipule qu'un prix est défini préalablement et ne changera pas sur la durée du contrat quelque soit la quantité commandée [Cachon, 2003]. Plus précisément, nous nous sommes intéressés aux échanges à instaurer entre un donneur d'ordres et un ou plusieurs sous-traitants de façon à garantir l'équité. Ces échanges portent sur les flux physiques et financiers, mais incluent également les échanges informationnels. Les flux physiques représentent les quantités de produits échangés et les flux

financiers représentent les transferts monétaires. Les échanges informationnels restent toutefois ambigus. En effet, la stratégie de partage d'information existante influe grandement sur les prises de décisions, ce qui peut affecter la performance de la chaîne traitée et celle de ses acteurs. De même, elle influe sur la manière de résoudre le problème.

Dans un premier temps, nous avons proposé une approche permettant de répartir les bénéfices de manière à établir un contrat équitable. Par la suite, Nous avons appliqué cette approche sur deux types de chaînes :

Dans un premier lieu, nous nous sommes placés dans le cas d'une chaîne dyadique. Nous avons résolu ce problème de manière analytique pour une demande aléatoire.

Dans un deuxième lieu, nous sommes placés dans le cas général d'une chaîne avec un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants. Le problème est traité différemment selon le contexte de partage d'information existant.

Dans le cadre d'un partage d'information total, nous avons proposé une résolution analytique. Cette approche a permis d'assurer l'équité entre les acteurs de la chaîne. Cette approche ne peut être utilisée dans le cadre d'un partage d'information partiel ou inexistant. De ce fait, nous avons opté pour une approche multi-agent. Cette approche se justifie, non seulement par le contexte de partage d'informations mais également, par le fait que le problème soit fonctionnellement distribué et que la performance de la chaîne résulte des comportements individuels de ses membres et de leurs interactions. Ainsi, dans un contexte de partage d'information inexistant, nous avons présenté un modèle multi-agent (M1) [Kallel et al., 2008b]. Ce modèle est une reproduction réelle de la chaîne considérée : un agent qui représente le donneur d'ordres et un agent pour chacun des sous-traitants. Une dynamique de négociation inspirée du contract-net réitéré [FIPA, 2002a] a été mise en place entre les agents afin d'établir des contrats prix de gros. Les agents négociateurs se positionnent dans une logique où ils ne partagent pas d'informations autre que leurs propositions. L'objectif est d'arriver à un consensus équitable. Ce modèle a permis généralement d'aboutir à un succès de la négociation. De même, il a aussi permis de fournir des résultats assez efficaces et équitables.

Dans le cadre d'un partage partiel d'information, nous avons proposé deux modèles multi-agents : M2 [Kallel et al., 2010a] et M3[Kallel et al., 2011]. Ces modèles intègrent en plus des agents négociateurs un agent équitable. Dans le modèle M2, cet agent joue le rôle d'un conseiller.

Dans le modèle M3, il joue le rôle d'un dirigeant. L'objectif est d'arriver à établir des relations contractuelles de type prix de gros le plus proche de l'équitable.

Le modèle M2 [Kallel et al., 2010a] est une extension du modèle M1. Ainsi, ce modèle comporte un agent donneur d'ordres qui négocie avec plusieurs agents sous-traitants, de plus, il comporte un agent équitable qui tente de guider les agents négociateurs vers un consensus équitable grâce à un raisonnement flou. Dans ce modèle, une négociation est mise en place entre l'agent donneur d'ordres et les agents sous-traitants. Durant ce processus, l'agent équitable peut intervenir en fournissant des conseils aux agents négociateurs quant au comportement à suivre dans le processus de négociation. Les agents négociateurs se positionnent dans une logique coopérative où ils acceptent de partager une information (taux de marge réalisable) avec l'agent équitable et d'en recevoir des conseils.

Le modèle M3 [Kallel et al., 2011] reprend la même architecture que le modèle M2 : il comporte un agent donneur d'ordres qui négocie avec plusieurs agents sous-traitants, de plus, il comporte un agent équitable qui tente de diriger les agents négociateurs vers un consensus équitable. Toutefois, la dynamique et le rôle de l'agent équitable diffèrent. Dans ce modèle, les agents négociateurs se positionnent dans une logique encore plus coopérative que le modèle M2. En effet, ils acceptent de partager une information (taux de marge réalisable) avec l'agent équitable et d'en recevoir, non pas des conseils mais, des directives concernant les propositions à formuler.

Dans le but de valider et d'évaluer expérimentalement nos propositions, nous avons proposé des critères qui permettraient d'évaluer les résultats suite aux négociations mises en place par les différents modèles :

- Le premier critère est un critère commun à tous les travaux qui traitent de la négociation : le succès de la négociation [Chavez et Maes, 1996] [Moratis, 2003] [Kallel et al., 2010a] [Kallel et al., 2010b].
- Le deuxième critère concerne la coordination de la chaîne logistique. Cette coordination est synonyme de la maximisation de la marge globale du réseau [Gomez-Padilla, 2005].
- Le troisième est un critère moyen global (Le critère d'équité moyen) qui permet de regarder l'équité d'un point de vue global par rapport à la chaîne logistique [Kallel et al., 2010b].
- Le quatrième critère est un critère moyen individuel (Le critère du plus inéquitable résultat

individuel) qui permet de regarder l'équité d'un point de vue individuel des acteurs de la chaîne [Kallel et al., 2010b].

L'implémentation des différents modèles a été réalisée grâce à la plateforme JADE. Les résultats des différents modèles ont démontré de meilleurs résultats pour les modèles qui adoptent un partage partiel d'informations.

M1 est le modèle dans lequel les agents négociateurs se positionnent dans une logique où ils ne partagent pas d'informations autre que leurs propositions. Ce modèle a permis généralement d'aboutir à un succès de la négociation. De même, il a aussi permis de fournir des résultats assez efficaces et équitables.

Les modèles M2 et M3 sont des modèles dans lesquels les agents négociateurs se positionnent dans une logique coopérative. En effet, ils acceptent de partager une information (taux de marge réalisable) avec l'agent équitable et d'en recevoir des conseils (M2) ou des directives (M3). Ces modèles apportent de meilleurs résultats sur les différents critères d'évaluation proposés que le modèle M1. Le modèle M2 permet de fournir des résultats efficaces et proches de l'équitable. Le modèle M3 présente nettement de meilleurs résultats. En effet, le modèle M3, où les agents négociateurs acceptent de recevoir des directives, permet de fournir des solutions très efficaces et très proches de l'équitable.

Ces modèles présentent de bons résultats quant à la mise en place de contrats prix de gros dans le cadre d'une demande déterministe. Toutefois, la réalité du marché est généralement autre. La demande a plus tendance à avoir un aspect aléatoire. De plus, malgré que le contrat prix de gros demeure l'un des contrats les plus étudiés, d'autres types de contrats existent sur le marché et doivent être étudiés.

Les travaux de la présente thèse ouvrent plusieurs perspectives. Une première perspective serait d'étudier le problème avec d'autres types de demande. En effet, les modèles proposés traitent une demande déterministe. Ces modèles seront adaptés ou redéfinies pour pouvoir traiter des demandes aléatoires, saisonnières ou même des demandes floues. Comme deuxième perspective, nous envisageons de généraliser notre étude à d'autres types de contrats. Ainsi, d'autres modèles devront être proposés afin de pouvoir établir des contrats équitables du type : rabais, rachat ou autres. Une autre perspective serait de développer un modèle qui permettrait d'étudier le contexte économique de la chaîne logistique afin de proposer le ou les meilleurs

contrats et d'en proposer, par la suite, les modalités permettant aux membres de la chaîne d'établir un consensus contractuel équitable.

# Bibliographie

- [Agrawal et al., 2008] Agrawal S., Sengupta R.N., Shanker K., 2008. "Impact of information sharing and lead time on bullwhip effect and on-hand inventory". *European Journal of Operational Research*, 192(2), pp. 576-593.
- [Alber et Walker,1997] Alber K.L., Walker W.T., 1997. "Supply Chain Management : Practitioner Notes". Falls Church, VA : APICS Educational & Research Foundation, 14, pp. 95-104.
- [Anane et al., 2009] Anane. D., Aknine. S., Pinson S., 2009. "Coordination d'activités dans les chaînes logistiques. une approche multi-agent par formation de coalitions". *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 14(2) :113–136.
- [Anderson et Lee, 2000] Anderson D.L., Lee H.L., 2000. "The Internet-Enabled Supply Chain : From the "First Click" to the "Last Mile"". In : *Achieving supply chain excellence through technology*, Vol. 2, Montgomery Research, San Francisco, CA, pp. 15-22.
- [Anupindi et Bassok, 2002] Anupindi R., Bassok Y., 2002. "Supply Contracts with Quantity Commitments and Stochastic Demand". Dans : Tayur, S. , Ganeshan, R. , Magazine, M. (eds.) : *Quantitative Models for Supply Chain Management*, Kluwer, USA : 197-232.
- [Baganha et Cohen,1998] Baganha M., Cohen M., 1998. "The stabilizing effect of inventory in supply chains". *Operations Research*, 46(3), pp. 572-583.
- [Banerjee et al., 2001] Banerjee S., Banerjee A., Burton J., Bistline W., 2001. "Controlled partial shipments in two-echelon supply chain networks : a simulation study". *International Journal of Production Economics*, 71, pp. 91-100.
- [Bannock et al.,2003] Bannock G.,Baxter R.E., Davis E., 2003. "Penguin Dictionary of Economics, Seventh Edition", The Penguin Books, England.

- [Barnes-Schuster et al., 2000] Barnes-Schuster D., Bassok Y., Anupindi R., 2000. "Optimizing Delivery lead time / inventory placement in a two-stage production / distribution system". Rapport technique, University of Chicago.
- [Bellifemine et al., 2001] Bellifemine F., Poggi A., Rimassa G., 2001. "Jade : a fipa2000 compliant agent development environment". In AGENTS '01 : Proceedings of the fifth international conference on Autonomous agents, pages 216–217, New York, NY, USA. ACM.
- [Bellifemine et al., 2007] Bellifemine F.L., Caire G., Greenwood D., 2007. "Developing Multi-Agent Systems with JADE". John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- [Bouchon-Meunier, 1995] Bouchon-Meunier B., 1995. "Logique floue et applications". Addison Wesley, Paris, 1995.
- [Bussmann et Müller, 1993] Bussmann S., Müller J., 1993. "A negotiation framework for cooperating agents". In Deen, S. M., 'editeur : CKBS-SIG : Proc. of the Special Interest Group on Cooperating Knowledge Based Systems (1992), pages 1–17. DAKE Centre, Keele.
- [Cachon et Fisher, 2000] Cachon G.P., Fisher M., 2000. "Supply chain inventory management and the value of shared information". *Management Science*, 46(8), pp. 1032-1048.
- [Cachon, 2003] Cachon G.P., 2003. "Supply Chain Coordination with Contracts", *Handbooks in Operations Research and Management Science*, 11 :Supply Chain Management : Design, Coordination and Operation, Elsevier, Amsterdam, 229-340.
- [Cachon et Larivière, 2005] Cachon G.P., Larivière M.A., 2005. "Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts : Strengths and Limitations". *Management Science*, 51(1), pp. 30– 44.
- [Cachon et Kok, 2010] Cachon G.P., Kok G., 2010. "Competing manufacturers in a retail supply chain : on contractual form and coordination". *Management Science*. 56(3). 571-589.
- [Chaib-draa, 1996] Chaib-draa B., 1996. "Interaction between agents in routine, familiar and unfamiliar situations". *International Journal of Intelligent and Cooperative Information Systems*, 1 :7–20.

- [Chavez et Maes, 1996] Chavez A., Maes P., 1996. "Kasbah : An Agent Marketplace for Buying and Selling Goods". In Proceedings of the First International Conference on the Practical Application of Intelligent Agents and Multi-Agent Technology, London, UK.
- [Chen, 2003] Chen F., 2003. "Information Sharing and Supply chain coordination". In : S. Graves and T. de Kok, editors. Handbooks in Operations Research and Management Science : Supply Chain management, Elsevier, Netherlands.
- [Chen et Yu, 2005] Chen F., Yu B., 2005. "Quantifying the Value of Leadtime Information in a Single-Location Inventory System". Manufacturing & Service Operations Management, 7(2), pp. 144-151.
- [Chen et al., 2007] Chen M.C., Yang T., Yen C.T., 2007. "Investigating the value of information sharing in multi-echelon supply chains". Quality and Quantity, 41(3), pp. 497-511.
- [Christopher, 1992] Christopher M., 1992. "Logistics and Supply Chain Management", Pitman Publishing, London.
- [Chu et Lee, 2006] Chu W.H.J., Lee C.C., 2006. "Strategic information sharing in a supply chain". European Journal of Operational Research, 174 (3), pp. 1567-1579.
- [Cohen et al., 2003] Cohen M., Ho T., Ren J., Terwiesch C., 2003. "Measuring imputed cost in the semiconductor equipment supply chain". Working papers, Wharton School.
- [Colin, 2003] Colin R., 2003. "Formation à la gestion des chaînes logistiques". Supports de formation.
- [Cooper et Ellram, 1993] Cooper M.C., Ellram L.M., 1993. "Characteristics of supply chain management and the implications for purchasing and logistics strategy". International Journal of Logistics Management, 4(2), pp. 13-24.
- [Cooper et al., 1997] Cooper M.C., Douglas M.L., Janus D.P., 1997. "Supply Chain Management : More Than a New name for Logistics". The International Journal of Logistics Management, Vol. 8, No. 1, pp. 1-14.
- [Croom et al., 2000] Croom S., Romano P., Giannakis M., 2000. "Supply Chain Management : an analytical framework for critical literature". European Journal of Purchasing & Supply Management, n°6, p67-83.
- [CSCMP, 2011] <http://cscmp.org/aboutcscmp/definitions.asp>

- [Dejonckheere 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*, 153(3), pp. 727-750.
- [Digital et Cardelli, 1995] Digital L.C., Cardelli L., 1995. "A language with distributed scope". *Computing Systems*, 8 :286–297.
- [Dobson et Pinker, 2006] Dobson G., Pinker J., 2006. "The value of sharing lead time information". *IIE Transactions*, 38, pp. 171-183.
- [Domscke et Scholl, 2000] Domscke W., Scholl A., 2000. "Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre". Berlin.
- [Dong et Xu, 2002] Dong Y., Xu K., 2002. "A supply chain model of vendor managed inventory". *Transportation Research Part E*, 38(2), pp. 75–95.
- [Doran et al., 1997] Doran J.E., Franklin S., Jennings N.R., Norman T.J., 1997. "On cooperation in multi-agent systems". *The Knowledge Engineering Review*, Volume 12 Issue 3, September, Cambridge University Press New York, NY, USA.
- [Dupont, 1998] Dupont L., 1998. "La gestion industrielle", Hermès, Paris.
- [Dupont, 2003] Dupont L., 2003. "Solutions pratiques : logistique et supply chain, questions-réponses". Editions Weka, tome 1.
- [Duvallet et al., 2006] Duvallet J., Gomez-Padilla A., LLERENA D., 2006. "Approche économique de la coordination dans les chaînes logistiques". MOSIM'06 - du 3 au 5 avril 2006 – Rabat- Maroc.
- [Ehtamo et al., 1999] Ehtamo H., Verkamaand M., Hamalainen R., 1999. "How to select fair improving directions in a negotiation model over continuous issues". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics Part C : Applications and Reviews*, 29 :26 – 33.
- [Epen et Iyer, 1997] Eppen G., Iyer A., 1997. "Backup agreements in fashion buying - the value of upstream flexibility". *Management Science*. 43(11). 1469-84.
- [Ferber, 1995] Ferber J., 1995. "Les Systèmes Multi-Agents vers une intelligence collective", InterEdition, Paris.
- [Fiala05] Fiala P., 2005. "Information sharing in Supply Chains", *Omega*, Volume 33, Issue 5, October 2005, Pages 419-423.

- [FIPA, 2002a] FIPA, 2002. "FIPA Iterated Contract Net Interaction Protocol Specification", Foundation for Intelligent physical agents, <http://www.fipa.org/specs/fipa00030/>
- [FIPA, 2002b] FIPA, 2002. FIPA ACL Message Structure Specification. <http://www.fipa.org/specs/fipa00061/>
- [Fleisch et Powell, 2001] Fleisch S.G., Powell E., 2001. "The Value of Information Integration in Meeting Delivery Dates". *Journal of Organizational Computing & Electronic Commerce*, 11(1).
- [Fouin, 2008] Fouin C., 2008. "Comment sécuriser sa supply chain : approche théorique". Editions Techniques de l'Ingénieur.
- [François, 2007] François J., 2007. "Planification des chaînes logistiques : Modélisation du système décisionnel et performance". Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1.
- [Froehlichner et Vendemini, 1999] Froehlichner T., Vendemini S., 1999. "Connivences d'acteurs, Contrats, Coopération Inter-entreprises et Métamorphose des Organisations". Presses Universitaires de Nancy, Paris.
- [Gavirneni, 2001] Gavirneni S., 2001. "Benefits of Co-operation in a Production Distribution Environment". *European Journals of Operational Research*, 130, pp. 612-622.
- [Ghédira, 1993] Ghédira K., 1993. "MASC une approche Multi-Agents des Problèmes de Satisfaction de Contraintes", PhD-thesis, ENSAE.
- [Ghédira, 2007] Ghédira K., 2007. "Logistique de la production, Approches de modélisation et de résolution". Numéro 2710808781.
- [Giannoccaro et Pontrandolfo, 2004] Giannoccaro I., Pontrandolfo P., 2004. "Supply chain coordination by revenue sharing contracts". *International Journal of Production Economics*, 89, pp. 131-139.
- [Gilley et Rasheed, 2000] Gilley K.M., Rasheed A., 2000. "Making more by doing less : An analysis of outsourcing and its effects on firm performance". *Journal of Management*, Volume 26, Issue 4, 8 July 2000, Pages 763-790.
- [Gomez-Padilla, 2005] Gomez-Padilla A., 2005. "Modélisation des relations verticales : une approche logistique et économique", Thèse de doctorat, Institut Nationale Polytechnique de Grenoble, 2005.

- [Gomez-Padilla et al., 2005] Gomez-Padilla A., Duvallet J., Llerena D., 2005. "Contract Typology as a Research Method in Supply Chain Management". Dans : H. Kotzab, S. Seuring, M. Müller, G. Reiner, (eds.) : *Research Methodologies in Supply Chain Management*, Physica, Heidelberg, p. 525-538.
- [Guinipero et Brand, 1996] Guinipero L.C., Brand R.R., 1996. "Purchasing's role in supply chain management". *The International Journal of Logistics Management*. vol. 7, n. 1, pp. 29-38.
- [Guo et al., 2006] Guo B., Ding H., Liu Z., 2006. "Information Sharing Value of A Complex Multilevel Supply Chain". *Service Systems and Service Management ICSSSM'06*, Troyes, pp. 1403-1408, Octobre.
- [Harrington, 1999] Harrington L.H., 1999. "Supply chain management : overview of supply chain operations references model". *Industry Week*, 248(2).
- [Higginson et Alam, 1997] Higginson J.K., Alam A., 1997. "Supply chain management techniques in medium-to-small manufacturing firms". *The International Journal of Logistics Management*, 8(2), pp. 19-31.
- [Hirschman, 1995] Hirschman A.O., 1995. "Défection et prise de parole", Paris, Fayard.
- [Hoekstra et Romme, 1992] Hoekstra s., Romme J., 1992. "Integral Logistics Structures : Developing customer oriented goods flow". McGraw-Hill, London.
- [Holmström, 1998] Holmström J., 1998. "Business process innovation in the supply chain : A case study of implementing vendor managed inventory". *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 4(2-3), pp. 127-131.
- [Hong-Minh et al., 2000] Hong-Minh S.M., Disney S.M., Naim M.M., 2000. "The dynamics of emergency transshipment supply chains". *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 30, pp. 788-815.
- [Hoover et al., 2001] Hoover W., Eloranta E., Holmström J., Huttunen K., 2001. "Managing the Demand-Supply Chain : Value Innovations for Customer Satisfaction". John Wiley & Sons, New York.
- [Hsairi, 2010] Hsairi L., 2010. "Framework et système de négociation intelligente à base d'argumentation pour un modèle Multi-Agents d'entreprise étendue". Thèse de doctorat de l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax.

- [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*, 41(7), pp. 1483-1517.
- [Huang et al., 2007] Huang M.X., Pan Q., Cheng Y.M., 2007. "An Incentive Mechanism of Information Sharing in Supply Chain. Management". *Science and Engineering ICMSE'07*, Harbin, pp. 711-716, Août.
- [Humez, 2008] Humez V., 2008. "Proposition d'un outil d'aide à la décision pour la gestion des commandes en cas de pénurie : une approche par la performance". Thèse de doctorat, Université de toulouse, Institut National de Polytechnique.
- [JAD, 2011] (2011). Jade - java agent development framework. <http://jade.tilab.com>.
- [Jahnukainen et al., 1996] Jahnukainen J., Lahti M., Luhtala M., 1996. "LOGIpro-Tilauhjautuvien toimitusketjujen kehittäminen". MET- julkaisu 5, Helsinki, Metalliteollisuuden keskusliitto.
- [Jansson et al., 2001] Jansson K., Karvonen I., Mattila VP., Nurmilaakso J., Ollus M., Salakari I., 2001. "Uuden tietotekniikan vaikutukset liiketoimintaan", *Teknologiakatsaus* 111/2001, Teknologian Kehittämiskeskus Tekes, Helsinki.
- [Jennings et al., 2001] Jennings N.R., Faratin P., Lomuscio A.R., Parsons S., Sierra C., Wooldridge M.J., 2001. "Automated negotiation : prospects, methods and challenges". *International Journal of Group Decision and Negotiation*, vol. 10 :199–215.
- [Ji et Yang, 2009] Ji G., Yang G., 2009. "Capacity manipulation and menus of two part tariff contract in supply chain". 6th International Conference on Service Systems and Service Management, China June 08-10 ICSSSM'09.
- [Jia et al., 2007] Jia Q., Guo W., Li B., 2007. "Study On The Effect Of Information Sharing Strategy To Complex Supply Chain System Based On Multi-Dimension View By Simulation". *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing WiCom'07*, Shanghai, pp. 4847-4850, Septembre.
- [Kallel et al., 2008a] Kallel O., Dupont L., Ben Jaafar I., Ghedira K., 2008. "Résolution d'un problème de contrat réservation de capacité dans une chaîne logistique équitable". *MO-SIM'08, TEC & DOC - LAVOISIER*, vol. 2. - p.1077-1084. ISBN 978-2-7430-1057-7.

- [Kallel et al., 2008b] Kallel O., Ben Jaafar I., Dupont L., Ghedira K., 2008. "Multi-agent negotiation in a supply chain : case of the wholesale price contract". 10th International Conference on Enterprise Information Systems, INSTICC. - p.305-314., Barcelona, SPAIN, ISBN 978-989-8111-48-7.
- [Kallel et al., 2010a] Kallel O., Dupont L., Ben Jaafar I., Ghedira K., 2010. "Guided Multi-Agent Negotiation in a fair supply chain". The Third International Workshop on Agent-based Complex Automated Negotiations, AAMAS 2010, Toronto, Canada, 2010.
- [Kallel et al., 2010b] Kallel O., Ben Jaafar I., Dupont L., Ghedira K., 2010. "Multi-agent negotiation of fair contracts". The 40th International Conference on Computers & Industrial Engineering, Awaji Island, Japon, 2010. IEEE, - 6 p. ISBN 978-1-4244-7295-6.
- [Kallel et al., 2011] Kallel O., Ben Jaafar I., Dupont L., Ghedira K., 2011. "Fuzzy Guidance Strategies for Fair Multi-Agent Negotiation of Wholesale Price Contracts". The IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), Singapore, 6-9 Dec.
- [Karaesmen et al., 2002] Karaesmen F., Buzacott J.A., Dallery Y., 2002. "Integrating advance order information in make-to-stock production systems". IIE Transactions, 34, pp. 649-662.
- [Ketzenberg et al., 2007] Ketzenberg M.E., Rosenzweig E.D., Marucheck A.E., Metters R., 2007. "A framework for the value of information in inventory replenishment". European Journal of Operational Research. vol. 182, n. 3, pp. 1230-1250.
- [Lai et al., 2006] Lai G., Li C., Sycara K., "Efficient multi-attribute negotiation with incomplete information". Group Decision and Negotiation, 15 :511–528.
- [Lakhal et al., 2001] Lakhal S., Martel A., Ketani O., Oral M., 2001. "On the optimization of supply chain networking decisions". European Journal of Operational Research, 129, pp. 259- 270.
- [Langabeer et Rose, 2001] Langabeer J., Rose J., 2001. "Creating Demand Driven Supply Chains", Chandos Publishing, Oxford.
- [Lapide, 2001] Lapide L., 2001. "New developments in business forecasting". Journal of Business Forecasting Methods & Systems, 20(4), pp. 11-13.

- [Larivière, 2002] Larivière M.A., 2002. "Supply Chain Contracting and Coordination with Stochastic Demand". Dans : Tayur, S. , Ganeshan, R. , Magazine, M. (eds.) : Quantitative Models for Supply Chain Management, Kluwer, USA : 233-268.
- [Lauras, 2004] Lauras M., "Méthodes de diagnostic et d'évaluation de performance pour la gestion de chaînes logistiques : application à la coopération maison-mère – filiales internationales dans un groupe pharmaceutique et cosmétique". Thèse de Doctorat, L'Institut National Polytechnique de Toulouse.
- [Laux et al., 2004] Laux J.S.K., Huang G.Q., Mak K.L., 2004. "Impact of information sharing on inventory replenishment in divergent supply chains". International Journal of Production Research, 42(5), pp. 919-941.
- [Lee et al., 1997] Lee H.L., Padmanabhan P., Whang S., 1997. "Information distortion in a supply chain : the bullwhip effect". Management Science, 43(4), pp. 546-558.
- [Lee et Whang, 2000] Lee H.L., Whang S., 2000. "Information sharing in a supply chain". Int. J. Manufacturing Technology and Management, Vol. 1, No. 1, pp. 79-93.
- [Le Velly, 2006] Le Velly R., 2006. "Le commerce équitable : des échanges marchands contre et dans le marché". Revue française de sociologie 2/2006 (Vol. 47), p. 319-340.
- [Li et al., 2001] Li J., Shaw M.J., Sikora R.T., 2001. "The effects of information sharing strategies on supply chain performance". IEEE Transactions of Engineering Management, Octobre.
- [Li et al, 2006] Li J., Sikora R., Shaw M.J., Tan G.W., 2006. "A strategic analysis of inter organizational information sharing". Decision Support Systems, 42(1), pp. 251-266.
- [Li et Zhang, 2008] Li L., Zhang H., 2008. "Confidentiality and information sharing in supply chain coordination". Management Science, 54(8), pp. 1467-1481.
- [Li et al., 2009] Li M., Vo Q.B., Kowalczyk R., 2009. "Searching for fair joint gains in agent-based negotiation", AAMAS, Budapest, Hungary.
- [Liu et Zhao, 2007] Liu J., Zhao J., 2007. "Bullwhip Effect and the Value of Information Sharing in Supply Chain - Illustrated by a Shipbuilding Supply Chain". Service Systems and Service Management ICSSSM'07, Chengdu, Juin.

- [Lovejoy, 1998] Lovejoy W.S., 1998. "Integrated Operations : a proposal for operations management teaching and research". *Production & Operations Management*, (Special issue on teaching POM), 7(2), pp. 106-124.
- [Mahmoudi, 2006] Mahmoudi J., 2006. "Simulation et gestion des risques en planification distribuée de chaînes logistiques : application au secteur de l'électronique et des télécommunications". Thèse de Doctorat, L'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace.
- [Mehrabi et al., 2007] Mehrabi A., Baboli A., Campagne J.P., 2007. "Evaluer la valeur de partage d'information de délais dans une chaîne logistique avec l'algorithme génétique". 7e Congrès international de génie industriel, Québec, Juin.
- [Mehrabikoushki, 2008] Mehrabikoushki A., 2008. "Partage d'informations dans la chaîne logistique : Evaluation des impacts sur la performance d'une chaîne logistique des modes de collaboration mis en oeuvre entre les partenaires et des informations échangées". Thèse de doctorat de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon.
- [Mendes et al., 1996] Mendes M., Loyolla W., Magedanz T., Assis Silva F.M., Krause S., 1996. "Agent Skills and their Rolls in Mobile Computing and Personal Communication". In *Proceedings of the 14th IFIP World Computer Congress, World Conference on Mobile Communication*, Canberra, Australia, September.
- [Miao et Chen, 2005] Miao L., Chen J., 2005. "Information Sharing with Scorce Goods in Cournot Retailers". *International Conference on Services Systems and Services Management ICSSSM'05*, Chonqing, pp. 654-658, Juin.
- [Moratis, 2003] Moraitis P., 2003. "Un modèle de raisonnement pour agents autonomes fondé sur l'argumentation". In *Journées Nationales de Modèles de Raisonnement*.
- [Moyaux et al., 2007] Moyaux T., Chaib-Draa B., D'Amours S., 2007. "Information Sharing as a Coordination Mechanism for Reducing the Bullwhip Effect in a Supply Chain". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 37(3), pp. 396-409.
- [Oliver et Webber, 1982] Oliver R.K., Webber M.D., 1982. "Supply Chain Management : Logistics Catches Up with Strategy". Chapman and Hall, London, pp. 63 – 75.
- [Pasternack, 1985] Pasternack B., 1985. "Optimal pricing and returns policies for perishable commodities". *Marketing Science*, 4(2), 166-176.

- [Pasternack, 2001] Pasternack B.A., 2001. "The capacitated newsboy problem with revenue sharing". *Journal of Applied Mathematics and Decision Sciences*, 5(1) : 21-33.
- [Pirard, 2005] Pirard F., 2005. "Une démarche hybride d'aide à la décision pour la reconfiguration et la planification stratégique des réseaux logistiques des entreprises multi-sites". Thèse de Doctorat, Facultés Universitaires Catholiques de Mons, Belgique.
- [Poirier et Reiter, 2001] Poirier C., Reiter S.E., 2001. "La Supply Chain", Dunod.
- [Raschas et Piekarek, 2001] Raschas M., Piekarek A., 2001. "Quel ERP pour la PME?", *Applica Lille*, Novembre.
- [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'Ecole Nationale Supérieure de l'Aéronautique et de l'Espace.
- [S. Sen et Airiau, 2006] S. Sen I.G., Airiau S., 2006. "Expertise and trust-based formation of effective coalitions : an evaluation of art testbed". In *The workshop Trust in Agent Societies at AAMAS 2006*.
- [Sahin et Robinson, 2005] Sahin F., Robinson E.P., 2005. "Information Sharing and Coordination in Make-to-Order Supply Chains". *Journal of Operations Management*, 23(6), pp. 579-598.
- [SCOR10.0] SCOR 10.0 Model Reference. Supply Chain Council, Inc. ISBN : 978-0-615-20259-4.
- [Shew et al., 2009] Shew J., Larson K., 2009. "The Blind Leading the Blind : A Third-Party Model for Bilateral Multi-issue Negotiations under Incomplete Information". *Advances in Agent-Based Complex Automated Negotiations*, SCI 233, pp. 61-88.
- [Siala et al., 2005] Siala Béji M., Ghedira K., 2005. "Une approche Multi-Agents pour la répartition des commandes dans une Supply Chain". *E-revue e-sta*.
- [Simatupang et Sridharan, 2001] Simatupang T.M., Sridharan R., 2001. "The collaborative supply chain : A scheme for information sharing and incentive alignment". *Research Manuscript*, Massey University.
- [Spengler, 1950] Spengler J., 1950. "Vertical Integration and Antitrust Policy". *Journal of Political Economy*, 58 : 347-352.

- [Stadtler et Kilger, 2000] Stadtler H., Kilger C., 2000. "Supply Chain Management and Advanced Planning". (Eds), Springer, Heidelberg, Germany.
- [Swaminathan et al., 1997] Swaminathan J.M., Sadeh N.M., Smith S.F., 1997. "Effect of sharing supplier capacity information". Haas School of Business, University of California, Berkeley.
- [Swaminathan et al., 1998] Swaminathan J.M., Smith S.F., Sadeh N.M., 1998. "Modeling supply chain dynamics : A multi-agent approach". *Decision Sciences*, 29(3), pp. 607-632.
- [Tan, 2001] Tan K.C., 2001. "A framework of Supply Chain Management literature". *European Journal of Purchasing & Supply Management*, Volume 7, Issue 1, March 2001, Pages 39-48.
- [Taratynava, 2009] Taratynava N., 2009. "Modélisation par la théorie des jeux des échanges de prévisions dans un réseau d'entreprises" Thèse de doctorat de l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne.
- [Taratynava et al., 2009] Taratynava N., Burlat P., Boucher X., 2009. "Analyse des échanges de prévisions dans une chaîne logistique MTS/MTO". *Journal Européen des Systèmes Automatisés*, 10.
- [Taylor, 2002] Taylor T., 2002. "Supply chain coordination under channel rebates with sales effort effects". *Management Sci.* 48(8) 992–1007.
- [Tixier et al., 1996] Tixier D., Mathe H., Colin J., 1996. "La logistique d'entreprise". 2-ème édition, Dunod, Paris.
- [Thierry et Bel, 2002] Thierry C., Bel G., 2002. "Gestion de chaînes logistiques dans le domaine aéronautique : outils d'aide à la décision pour l'amélioration du partenariat", *Revue Française de Gestion Industriel*.
- [Thonemann, 2002] Thonemann U.W., 2002. "Improving supply-chain performance by sharing advance demand information". *European Journal of Operational Research*, 142(1), pp. 81-107.
- [Tian et Huang, 2007] Tian Y., Huang D., 2007. "The Impact of Downstream Information Sharing on Upstream Supply Chain with Fuzzy Demand". *Mechatronics and Automation ICMA'07*, Harbin, pp. 2241-2246, Août.

- [Tirole, 1999] Tirole J., 1999. "Incomplete Contracts : Where Do We Stand?". *Econometrica*, vol. 67, n°4, juillet 1999, p. 741-781.
- [Tomlin, 2000] Tomlin B., 2000. "Supply chain design : Capacity, flexibility and wholesale price strategies". PhD thesis, Sloan School of Management, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
- [Tsay, 1999] Tsay A.A., 1999. "The Quantity Flexibility Contract and Supplier-Customer Incentives". *Management Science*, 45(10) : 1339-1358.
- [Tsong, 2000] Tsong F., 2000. "Impact of information sharing on statistical quality control". *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A*, 30, pp. 211-216.
- [Van Leekwij et Keere, 1999] Van Leekwijck W., Keere E.E., 1999. "Defuzzification : criteria and classification". *Fuzzy Sets and Systems*, Volume 108, Issue 2, 1 December 1999, Pages 159-178.
- [Von Neumann et Morgenstern, 1944] Von Neumann J., Morgenstern O., 1944. "The Theory of Games and Economic Behaviour". Princeton University Press.
- [Weng, 1999a] Weng Z.K., 1999. "The power of coordinated decisions for short life cycle products in a manufacturing and distribution Supply Chain". *IIE Transactions*, 31(11) : 1037-1049.
- [Weng, 1999b] Weng Z.K., 1999. "Concurrence, postponement and trans-shipment in a two-echelon manufacturing and distribution system". *International Journal of Production Research*, 37, pp. 341-357.
- [Wooldridge et Jennings, 1995] Wooldridge M.J., Jennings N.R., 1995. "Intelligent Agents : theory and Practice". *Knowledge Engineering Review*, January.
- [Wu et Cheng, 2008] Wu Y.N., Cheng T.C.E., 2008. "The impact of information sharing in a multiple-echelon supply chain". *International Journal of Production Economics*, 115(1), pp. 1-11.
- [Zadeh, 1965] Zadeh L., 1965. "Fuzzy sets". *Information Control*, 8 :338-353.
- [Zadeh, 2008] Zadeh L., 2008. "Is there a need for fuzzy logic?". *Information Sciences.*, 178(13) :2751-2779.

- [Zaojie et Guoying, 2007] Zaojie K., Guoying H., 2007. "The Effect of Information Sharing on Inventory in A Two-stage Supply Chain". Automation and Logistics ICAL'07, Jinan, pp. 2883-2886, Août.
- [Zhang et al., 2007] Zhang H., Wu P., Zhao X., Yeung J., 2007. "The Impact of Information Sharing Pattern and Replanning Cycle on the Performance of Supply Chain". Automation and Logistics ICAL'07, Jinan, pp. 2902-2906, Août.
- [Zhao et Qiu, 2007] Zhao X., Qiu M., 2007. "Information Sharing in a Multi- Echelon Inventory System". Tsinghua Science & Technology, 12(4), pp. 466-474.
- [Zhao et Xie, 2002] Zhao X., Xie J., 2002. "Forecasting errors and the value of information sharing in a supply chain". International Journal of Production Research, 40(2), pp. 311-335.



---

# L'impact des relations contractuelles entre donneurs d'ordres et sous-traitants sur la performance d'une chaîne logistique équitable

---

Omar KALLEL

**Mots clés :** Contrats équitables, chaînes logistiques, systèmes multi-agents

**Résumé :** La présente thèse s'intéresse à la mise en place de relations contractuelles entre donneur d'ordres et sous-traitants dans une logique de commerce équitable. Nous définissons un contrat équitable comme une relation de partenariat durable qui spécifie les modalités d'échanges physiques, financiers et éventuellement informationnels de façon à garantir la juste rémunération à chaque partie contractante. Dans cette optique, nous nous sommes intéressés à la mise en place de relations contractuelles équitables du type prix de gros. La première phase de notre travail a consisté à proposer une approche permettant de répartir les bénéfices de manière à établir un contrat équitable. La deuxième phase a consisté à appliquer cette approche sur deux types de chaînes : une chaîne dyadique résolue de manière analytique pour une demande aléatoire et une chaîne convergente avec un donneur d'ordres et plusieurs sous-traitants. Dans le cadre de la chaîne convergente, l'approche de résolution diffère selon le contexte de partage d'information. Une résolution analytique est proposée dans le cadre d'un partage d'information total. Dans le cadre d'un partage inexistant, nous avons proposé un modèle multi-agent (M1) qui présente une dynamique de négociation inspirée du contract-net réitéré entre un agent donneur d'ordres et des agents sous-traitants. Dans le cadre d'un partage partiel d'information, nous avons proposé deux modèles multi-agents: (M2) et (M3). Ces modèles intègrent, en plus des agents négociateurs, un agent équitable. Dans (M2), cet agent joue le rôle d'un conseiller. Dans (M3), il joue le rôle d'un dirigeant. Dans le but de valider expérimentalement nos propositions, des critères d'évaluation de l'équité ont été proposés. L'implémentation des modèles a été réalisée grâce à la plateforme JADE. Les différents modèles ont produits des résultats proches de l'équitable. Toutefois, les modèles qui adoptent un partage partiel d'informations présentent de meilleurs résultats.

**Keywords :** Fair contracts, supply chain, multi-agent systems

**Abstract :** This thesis is concerned with the establishment of contractual relationships between retailers and subcontractors in a fair trade way. We define a fair contract as a long lasting partnership that specifies physical, financial and eventually informational exchanges to ensure fair repartition of benefits between contracting parties. Thus, we were interested to set up fair wholesale prices contracts. The first phase of our work was to propose an approach to distribute the benefits in order to establish a fair contract. The second phase was to apply this approach on two types of supply chains: a dyadic supply chain solved analytically for a stochastic demand and a convergent supply chain with a retailer and several subcontractors. For the convergent chain, the solving approach differs depending on the context of information sharing. An analytical resolution is proposed for a context of total sharing of information. In the context of inexistent information sharing, we proposed a multi-agent model (M1) having a negotiation dynamic inspired from the iterated contract-net between a retailer agent and several subcontractor agents. In the context of partial information sharing, we proposed two multi-agent models (M2) and (M3). In these models a fair agent is added to the bargaining agents. In (M2), the fair agent acts as an advisor. In (M3), it acts as a director. In order to experimentally validate our proposals, fairness evaluation criteria have been proposed. The implementation of these models was performed using the JADE platform. The different models have produced relatively fair results. However, models adopting partial information sharing have produced better results.