



**HAL**  
open science

# Modélisation par la théorie des jeux des échanges de prévisions dans un réseau d'entreprises

Natallia Taratynava

► **To cite this version:**

Natallia Taratynava. Modélisation par la théorie des jeux des échanges de prévisions dans un réseau d'entreprises. Autre. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, 2009. Français. NNT : 2009EMSE0034 . tel-00802540

**HAL Id: tel-00802540**

**<https://theses.hal.science/tel-00802540>**

Submitted on 20 Mar 2013

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

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



N° d'ordre : 544 GI

# THÈSE

présentée par

Natallia TARATYNAVA

pour obtenir le grade de  
Docteur de l'École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne

Spécialité : Génie Industriel

## *Modélisation par la théorie des jeux des échanges de prévisions dans un réseau d'entreprises*

soutenue à Saint-Étienne, le 13 novembre 2009

### Membres du jury

Président :	Lionel DUPONT	Professeur, École des Mines d'Albi-Carmaux
Rapporteurs :	Jean-Claude HENNET	Directeur de Recherches CNRS, Université Paul Cézanne
	Claude PELLEGRIN	Professeur, Université Lumière Lyon2
Examineurs :	Daniel LLERENA	Maître de Conférences, Université Pierre Mendès France
	Gilles PACHÉ	Professeur, Université de la Méditerranée
Directeurs de thèse :	Patrick BURLAT	Professeur, École des Mines de Saint-Etienne
	Xavier BOUCHER	Maître Assistant, École des Mines de Saint-Etienne

**Spécialités doctorales :**

SCIENCES ET GENIE DES MATERIAUX  
 MECANIQUE ET INGENIERIE  
 GENIE DES PROCÉDES  
 SCIENCES DE LA TERRE  
 SCIENCES ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT  
 MATHEMATIQUES APPLIQUEES  
 INFORMATIQUE  
 IMAGE, VISION, SIGNAL  
 GENIE INDUSTRIEL  
 MICROELECTRONIQUE

**Responsables :**

J. DRIVER Directeur de recherche – Centre SMS  
 A. VAUTRIN Professeur – Centre SMS  
 G. THOMAS Professeur – Centre SPIN  
 B. GUY Maître de recherche – Centre SPIN  
 J. BOURGOIS Professeur – Centre SITE  
 E. TOUBOUL Ingénieur – Centre G2I  
 O. BOISSIER Professeur – Centre G2I  
 JC. PINOLI Professeur – Centre CIS  
 P. BURLAT Professeur – Centre G2I  
 Ph. COLLOT Professeur – Centre CMP

**Enseignants-chercheurs et chercheurs autorisés à diriger des thèses de doctorat (titulaires d'un doctorat d'État ou d'une HDR)**

AVRIL	Stéphane	MA	Mécanique & Ingénierie	CIS
BATTON-HUBERT	Mireille	MA	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
BENABEN	Patrick	PR 2	Sciences & Génie des Matériaux	CMP
BERNACHE-ASSOLANT	Didier	PR 0	Génie des Procédés	CIS
BIGOT	Jean-Pierre	MR	Génie des Procédés	SPIN
BILAL	Essaïd	DR	Sciences de la Terre	SPIN
BOISSIER	Olivier	PR 2	Informatique	G2I
BOUCHER	Xavier	MA	Génie Industriel	G2I
BOUDAREL	Marie-Reine	MA	Génie Industriel	DF
BOURGOIS	Jacques	PR 0	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
BRODHAG	Christian	DR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
BURLAT	Patrick	PR 2	Génie industriel	G2I
COLLOT	Philippe	PR 1	Microélectronique	CMP
COURNIL	Michel	PR 0	Génie des Procédés	DF
DAUZERE-PERES	Stéphane	PR 1	Génie industriel	CMP
DARRIEULAT	Michel	IGM	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
DECHOMETTS	Roland	PR 1	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
DESRAYAUD	Christophe	MA	Mécanique & Ingénierie	SMS
DELAFOSSÉ	David	PR 1	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
DOLGUI	Alexandre	PR 1	Génie Industriel	G2I
DRAPIER	Sylvain	PR 2	Mécanique & Ingénierie	SMS
DRIVER	Julian	DR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
FEILLET	Dominique	PR 2	Génie Industriel	CMP
FOREST	Bernard	PR 1	Sciences & Génie des Matériaux	CIS
FORMISYN	Pascal	PR 1	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
FORTUNIER	Roland	PR 1	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
FRACZKIEWICZ	Anna	DR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
GARCIA	Daniel	CR	Génie des Procédés	SPIN
GIRARDOT	Jean-Jacques	MR	Informatique	G2I
GOEURIOT	Dominique	MR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
GOEURIOT	Patrice	MR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
GRAILLOT	Didier	DR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
GROSSEAU	Philippe	MR	Génie des Procédés	SPIN
GRUY	Frédéric	MR	Génie des Procédés	SPIN
GUILHOT	Bernard	DR	Génie des Procédés	CIS
GUY	Bernard	MR	Sciences de la Terre	SPIN
GUYONNET	René	DR	Génie des Procédés	SPIN
HERRI	Jean-Michel	PR 2	Génie des Procédés	SPIN
INAL	Karim	MR	Microélectronique	CMP
KLÖCKER	Helmut	MR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
LAFOREST	Valérie	CR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
LERICHE	Rodolphe	CR	Mécanique et Ingénierie	SMS
LI	Jean-Michel	EC (CCI MP)	Microélectronique	CMP
LONDICHE	Henry	MR	Sciences & Génie de l'Environnement	SITE
MOLIMARD	Jérôme	MA	Mécanique et Ingénierie	SMS
MONTHEILLET	Frank	DR 1 CNRS	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
PERIER-CAMBY	Laurent	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
PIJOLAT	Christophe	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
PIJOLAT	Michèle	PR 1	Génie des Procédés	SPIN
PINOLI	Jean-Charles	PR 0	Image, Vision, Signal	CIS
STOLARZ	Jacques	CR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
SZAFNICKI	Konrad	CR	Sciences & Génie de l'Environnement	DF
THOMAS	Gérard	PR 0	Génie des Procédés	SPIN
VALDIVIESO	François	MA	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
VAUTRIN	Alain	PR 0	Mécanique & Ingénierie	SMS
VIRICELLE	Jean-Paul	MR	Génie des procédés	SPIN
WOLSKI	Krzysztof	MR	Sciences & Génie des Matériaux	SMS
XIE	Xiaolan	PR 1	Génie industriel	CIS

**Glossaire :**

PR 0 Professeur classe exceptionnelle  
 PR 1 Professeur 1<sup>ère</sup> catégorie  
 PR 2 Professeur 2<sup>ème</sup> catégorie  
 MA(MDC) Maître assistant  
 DR (DR1) Directeur de recherche  
 Ing. Ingénieur  
 MR(DR2) Maître de recherche  
 CR Chargé de recherche  
 EC Enseignant-chercheur  
 IGM Ingénieur général des mines

**Centres :**

SMS Sciences des Matériaux et des Structures  
 SPIN Sciences des Processus Industriels et Naturels  
 SITE Sciences Information et Technologies pour l'Environnement  
 G2I Génie Industriel et Informatique  
 CMP Centre de Microélectronique de Provence  
 CIS Centre Ingénierie et Santé

## REMERCIEMENTS

Avant tout, je voudrais manifester toute ma reconnaissance à mes directeurs de thèse, Monsieur Patrick BURLAT et Monsieur Xavier BOUCHER, pour avoir accepté de diriger mes travaux de recherche. Leurs compétences, leurs conseils et leurs encouragements ont été une aide précieuse pour réaliser ce travail. Je les remercie de leur disponibilité et de leur soutien qui m'ont toujours redonné confiance et volonté.

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous les membres du Jury pour l'honneur qu'ils m'ont fait de juger ce travail et pour l'intérêt qu'ils lui ont accordé. C'est pour moi un motif de fierté d'avoir un aussi prestigieux jury:

Monsieur Jean-Claude HENNET, Directeur de Recherches CNRS à l'Université Paul Cézanne,

Monsieur Claude PELLEGRIN, Professeur à l'Université Lumière Lyon 2,

Monsieur Lionel DUPONT, Professeur à l'École des Mines d'Albi-Carmaux,

Monsieur Daniel LLERENA, Maître de Conférences à l'Université Pierre Mendès France,

Monsieur Gilles PACHE, Professeur à l'Université de la Méditerranée,

Monsieur Patrick BURLAT, Professeur à l'École des Mines de Saint-Etienne,

Monsieur Xavier BOUCHER, Maître Assistant HDR à l'École des Mines de Saint-Etienne.

Je suis extrêmement reconnaissante à Jean-Claude HENNET et Claude PELLEGRIN d'avoir accepté d'évaluer ce travail en qualité de rapporteurs. Merci pour leur lecture attentive et les suggestions constructives qu'ils en ont fait et qui a contribué à l'enrichissement de ce travail.

Je tiens à remercier vivement Monsieur Lionel DUPONT, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury de ma soutenance de thèse.

Je voudrais bien remercier Monsieur Daniel LLERENA et Monsieur Alexis GARAPIN, Maîtres de Conférences à l'Université Pierre Mendès France et membres du laboratoire GAEL, pour la coopération dans le cadre du projet CoPilotes 2, qui nous a permis de développer le jeu d'économie expérimentale.

Je tiens également à témoigner ma reconnaissance à tous les membres et anciens membres du centre G2I et, plus particulièrement, de l'équipe OMSI pour leur accueil et leur soutien. Je voudrais exprimer ma gratitude à Nilou, Jean-François, Liliane et Marie Line pour leur gentillesse et leur aide administrative, logistique et technique.

Je remercie mes collègues et amis doctorants Khouloudka, Olga, Mohand, Victor, Evgeny, Ksucha, Mohamed et bien d'autres encore... Avec vous j'ai passé d'agréables années. Je tiens à remercier aussi mes amies lointaines Наташа, Наташа, Маша, Татьяна, Женя, Лена.

Il n'y a pas de mots pour dire merci à ma famille, particulièrement à ma mère, mon père, mon frère qui m'ont soutenu en toutes circonstances et sans qui, ce travail n'aurait pu arriver à terme. Merci pour la confiance qu'ils ont placée en moi. Que mes chers parents, mon frère et mes amis trouvent ici l'expression de ma grande reconnaissance et de ma profonde gratitude.

*À mes chers parents*



## RESUME

L'objet de notre étude est une chaîne logistique à deux étages composée d'un donneur d'ordres face à une demande aléatoire de marché et d'un fournisseur qui est lié au donneur d'ordres par un contrat linéaire de prix de gros. Le donneur d'ordres, qui est plus proche du marché final, aura une meilleure connaissance de la demande et transmettra à son fournisseur de l'information sur les prévisions de cette demande. Les prévisions sur la demande du marché seront de type binaire : demande haute ou demande basse. L'information sera donc à la fois asymétrique car le donneur d'ordres sera au départ mieux informé, mais aussi imparfaite car ces informations ne seront que des prévisions approchées des commandes réelles finales du marché. En fonction de ses propres objectifs de maximisation de profit, le donneur d'ordres pourra décider de transmettre à son fournisseur des prévisions exactes, ou bien surestimées de façon à s'assurer que celui-ci possède bien un stock suffisant au moment où il lui transmettra la commande réelle du marché. En face, le fournisseur pourra décider de faire confiance ou non aux prévisions données par son donneur d'ordres, et ceci en fonction de son intérêt propre. Dans notre modèle, les actions associées à chacune des décisions possibles porteront sur les niveaux de reconstituer des stocks de produits vendus. Ainsi, le fournisseur, qui gère son stock suivant une politique de stock nominal, pourra décider de tenir un stock conforme aux prévisions de son donneur d'ordres, ou bien déterminer de son côté un niveau de stock qui corresponde à sa propre vision de la demande. A l'arrivée, les performances de chaque entreprise et de la chaîne seront évaluées en termes de coûts de production, d'inventures et de ruptures. Ces performances dépendront bien sûr du comportement des acteurs et de leur niveau de coopération quant aux échanges des prévisions de demande.

Nous étudions plusieurs modèles de chaînes logistiques (le modèle MTS/MTO en mono- et multi-périodes et le modèle MTS/MTS en mono-période) et nous utilisons deux approches scientifiques : la théorie des jeux et la méthodologie d'économie expérimentale.

**MOTS-CLES** : Chaîne Logistique, Théorie des Jeux Non Coopératifs, Gestion des Stocks, Modélisation Analytique, Information Imparfaite, Partage des Prévisions, Economie Expérimentale.



## ABSTRACT

The object of our study is a basic echelon of a decentralized supply chain. This echelon is made of a customer facing a random market demand and a supplier in charge of an intermediary product stock. The actors are bound by a linear wholesale contract. The customer is closer to the market and will have a better understanding of the demand. The customer can share its private information on forecasts with the supplier. The forecasts of market demand are binary: high demand or low demand. Thus the information is asymmetric, because the customer was initially better informed, but also imperfect because this information is only an approximate estimate of the actual orders of the final market. According to its own goals of profit maximization, the customer may decide to share the forecasts truthfully, or to overestimate the forecast in order to ensure that the supplier possesses a sufficient stock when the customer send the actual order of the market. Opposite, the supplier may decide to trust, or not to trust the customer's forecast, and this according to its own interest. In our model, the actions associated with each possible decision influence the replenishment inventory levels. Thus, the supplier, which manages its stock following a policy of base stock, may decide to hold a stock according the customer's forecast, or determine the level of stock reflecting its own vision of request. In the final analysis, the performances of each actor and of the whole supply chain are evaluated in the terms of production costs, unsold and backorder costs. These performances depend certainly of the behavior of actors and their level of cooperation regarding the sharing of demand forecasts.

We study several models of supply chains (make-to-stock supply chain model on mono- and multi-period, make-to-stock supply chain model on mono-period) and we use two scientific approaches: non-cooperative game theory and methodology of experimental economics.

**KEYWORDS:** Supply Chain, Non-Cooperative Game Theory, Inventory Management, Imperfect Information, Forecast Sharing, Experimental Economics.



## TABLES DES MATIERES

INTRODUCTION GENERALE .....	19
1 CHAPITRE 1. CONCEPTS DE BASE ET ETAT DE L'ART .....	25
1.1 Introduction.....	26
1.2 Chaines logistiques et gestion des chaines logistiques .....	27
1.2.1 Introduction.....	27
1.2.2 Chaines logistiques et réseaux manufacturiers .....	27
1.2.3 Gestion de la chaîne logistique .....	33
1.2.4 Pouvoir et relation adverse dans une chaîne logistique .....	45
1.2.5 Conclusion et positionnement.....	50
1.3 Partage d'information comme une forme de coopération.....	50
1.3.1 Introduction.....	50
1.3.2 Définitions de la coopération .....	50
1.3.3 Partage d'information dans une chaîne logistique .....	53
1.3.4 Conclusion .....	60
1.4 Modélisation par la théorie des jeux de coordination dans une chaîne logistique.	60
1.4.1 Introduction.....	60
1.4.2 Théorie des jeux – généralités, équilibre de Nash .....	61
1.4.3 Coordination dans une chaîne logistique modélisée par la théorie des jeux..	62
1.4.4 Conclusion et notre positionnement .....	71
1.5 Economie expérimentale.....	71
1.5.1 Introduction.....	71
1.5.2 Notions générales de l'économie expérimentale .....	72
1.5.3 Economie expérimentale et théorie des jeux : double approche complémentaire, behavioural game theory .....	73
1.5.4 Conclusion .....	74
1.6 Problématique .....	75
1.6.1 Problématique générale.....	75
1.6.2 Cadre d'étude .....	77
1.6.3 Démarche de résolution .....	78
1.7 Conclusion .....	80
2 CHAPITRE 2. MODELE MTS/MTO EN MONO- ET MULTI-PERIODES .....	81
2.1 Introduction.....	82
2.2 Modèle du jeu .....	83
2.2.1 Modèle de la chaîne logistique et notations.....	83
2.2.2 Processus de décision des joueurs .....	85

2.2.3	Description du jeu .....	87
2.2.4	Discussion sur le cadre du jeu.....	88
2.3	Résultats principaux pour le modèle mono-période .....	89
2.3.1	Niveaux de rechargement et profits des entreprises .....	89
2.3.2	Equilibre de Nash.....	92
2.3.3	Comparaison des solutions .....	93
2.4	Exemple d'application avec la loi uniforme pour le modèle mono-période.....	94
2.4.1	Caractéristiques de la loi de la demande.....	94
2.4.2	Calculs d'espérances mathématiques des ventes, des invendus et des produits en rupture .....	95
2.4.3	Calculs des niveaux de rechargement.....	98
2.4.4	Profits des entreprises .....	101
2.4.5	Exemple numérique .....	103
2.5	Résultats principaux pour le modèle multi-périodes .....	104
2.5.1	Caractéristiques du modèle multi-période .....	104
2.5.2	Niveaux de stock et de rechargement du F et profits des entreprises .....	105
2.5.3	Equilibre de Nash.....	109
2.5.4	Comparaison des solutions .....	110
2.6	Exemple d'application avec la loi uniforme pour le modèle multi-périodes.....	112
2.6.1	Formulation mathématique .....	112
2.6.2	Calculs des niveaux de rechargement.....	112
2.6.3	Profits des entreprises .....	115
2.6.4	Exemple numérique .....	117
2.7	Discussion sur le partage des prévisions.....	118
2.7.1	Absence de transmission d'information .....	118
2.7.2	Transmission des prévisions via le D/O .....	119
2.7.3	Accès direct pour tous aux prévisions du marché.....	119
2.8	Conclusion .....	120
3	CHAPITRE 3. MODELE MTS/MTS.....	123
3.1	Introduction.....	123
3.2	Modèle du jeu .....	123
3.2.1	Modèle de la chaîne logistique et notations.....	123
3.2.2	Description du jeu .....	126
3.3	Résultats principaux.....	128
3.3.1	Commandes optimales du D/O, niveaux de rechargement du F et profits des entreprises.....	128
3.3.2	Equilibre de Nash.....	134

3.3.3	Comparaison des solutions .....	137
3.4	Conclusion .....	140
4	CHAPITRE 4. APPLICATION DE METHODOLOGIE DE L'ECONOMIE EXPERIMENTALE .....	143
4.1	Introduction.....	143
4.2	Modélisation par la théorie des jeux des relations long-terme dans des chaînes logistiques .....	144
4.3	Application de la méthodologie de l'économie expérimentale.....	145
4.3.1	L'organisation générale du protocole scientifique.....	146
4.4	Les résultats expérimentaux.....	150
4.4.1	Analyse des résultats.....	150
4.4.2	Discussion.....	155
4.5	Conclusion .....	157
	CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES .....	159
	BIBLIOGRAPHIE.....	165
	ANNEXE A .....	181
	ANNEXE B .....	183
	ANNEXE C .....	187
	ANNEXE D .....	189



## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.1.</b> Représentation d'une chaîne logistique (inspirée de [Lee et Billington, 1993])	28
<b>Figure 1.2.</b> Les processus, les flux et les entités principales d'une chaîne logistique .....	29
<b>Figure 1.3.</b> Découpage traditionnel des flux de matière et d'information dans la chaîne (inspiré de [Greis et Kasarda, 1997]).....	32
<b>Figure 1.4.</b> La nouvelle répartition des flux dans la chaîne logistique (inspirée de [Greis et Kasarda, 1997]).....	33
<b>Figure 1.5.</b> « Maison du SCM ».....	36
<b>Figure 1.6.</b> Point de pénétration de commande client et stratégie de réponse à la demande (source : [Essaid, 2008]) .....	42
<b>Figure 1.7.</b> Le triangle de William Lovejoy.....	55
<b>Figure 1.8.</b> Démarche générale de recherche.....	80
<b>Figure 2.1.</b> Échelle de temps pour la chaîne logistique MTS / MTO .....	84
<b>Figure 2.2.</b> Flux d'information dans la chaîne logistique MTS/MTO.....	84
<b>Figure 2.3.</b> Message du D/O sur le type de la demande finale .....	85
<b>Figure 2.4.</b> Décisions de production du F.....	86
<b>Figure 2.5.</b> Réalisation de la demande finale et échange des produits.....	87
<b>Figure 2.6.</b> Arbre du jeu MTS/MTO.....	88
<b>Figure 2.7.</b> Matrice du jeu MTS/MTO en mono-période .....	91
<b>Figure 2.8.</b> Lois de probabilité de la demande et domaines de valeurs de $N_b$ , $N_0$ , $N_h$ .....	95
<b>Figure 2.9.</b> Matrice du jeu : exemple numérique du jeu MTS/MTO en mono-période.....	104
<b>Figure 2.10.</b> Matrice du jeu MTS/MTO en multi-périodes .....	109
<b>Figure 2.11.</b> Matrice du jeu : exemple numérique du jeu MTS/MTO en multi-périodes...	118
<b>Figure 2.12.</b> Absence de transmission d'information .....	119
<b>Figure 2.13.</b> Transmission des prévisions via le D/O .....	119
<b>Figure 2.14.</b> Accès direct aux prévisions du marché .....	120
<b>Figure 3.1.</b> Échelle de temps pour la chaîne logistique MTS / MTS.....	124
<b>Figure 3.2.</b> Flux d'information dans la chaîne logistique MTS/MTS.....	125
<b>Figure 3.3.</b> Relation entre les paramètres $\alpha$ et $\beta$ .....	126
<b>Figure 3.4.</b> Arbre du jeu MTS/MTS .....	127
<b>Figure 3.5.</b> Matrice du jeu MTS/MTS .....	134
<b>Figure 4.1.</b> L'évolution des moyennes de taux de faux messages et de taux de non-confiance pour l'échantillon 1.....	154
<b>Figure 4.2.</b> L'évolution des moyennes de taux de faux messages et de taux de non-confiance pour l'échantillon 2.....	154

**Figure 4.3.** L'évolution des moyens de taux de faux messages et de taux de non-confiance pour l'échantillon 3.....155

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.1.</b> Exemple de définitions de la chaîne logistique .....	30
<b>Tableau 1.2.</b> Exemple de définitions de la gestion de la chaîne logistique .....	34
<b>Tableau 1.3.</b> Résumé des avantages de SCM (source : National Association of Purchasing Management) .....	37
<b>Tableau 1.4.</b> Caractéristiques des stratégies de réponse à la demande (source : [Dong, 2001]).....	41
<b>Tableau 1.5.</b> Synthèse des sources de pouvoir (source : [Bonet-Fernandez, 2006]) .....	48
<b>Tableau 2.1.</b> Valeurs moyennes des produits vendus, des invendus et des produits en rupture avec la demande uniforme continue.....	98
<b>Tableau 2.2.</b> Stock de fin période du F selon différents type de demande et des stratégies des joueurs .....	106
<b>Tableau 2.3.</b> Contraintes sur stock restant et niveaux de recomplètement.....	107
<b>Tableau 4.1.</b> Nombre de sessions et d'observations expérimentales selon la localisation des sujets .....	150
<b>Tableau 4.2.</b> Taux de faux messages et taux de non-confiance en fonction du groupe et de la localisation des sujets.....	152
<b>Tableau 4.3.</b> Taux moyens de faux messages et de non-confiance pour les 3 échantillons	153



# INTRODUCTION GENERALE

## Introduction à la problématique

Dans une chaîne logistique, plusieurs centres de décisions interagissent. Le but de chacun est d'augmenter sa performance par rapport à ses critères locaux. L'optimisation individuelle est souvent effectuée d'une façon concurrentielle et conduit parfois à une perte d'efficacité pour l'ensemble de la chaîne et pour les entreprises qui la composent.

Dans une chaîne logistique, lorsqu'un donneur d'ordres passe régulièrement des commandes d'approvisionnement en pièces auprès d'un fournisseur, il est fréquent qu'en amont il transmette également des prévisions de commandes pour aider le fournisseur à planifier à l'avance ses propres achats et sa capacité de production. Cependant, ce type de coopération reste inscrit dans un mode de fonctionnement où chaque entreprise est indépendante, avec un objectif individuel de performance suivant ses propres critères. Aussi, il n'est pas certain que le donneur d'ordres ait toujours avantage à transmettre les prévisions exactes qu'il perçoit du marché, ni que le fournisseur ait intérêt à croire systématiquement les informations données par son client. A l'arrivée, cette recherche d'optimisation locale pourra parfois conduire à une perte d'efficacité pour l'ensemble de la chaîne, mais également pour les entreprises qui la composent.

Nous allons nous concentrer sur l'étude du cas de l'information asymétrique et imparfaite, pour lequel l'une des entreprises possède plus d'information et/ou de meilleure qualité que son (ses) partenaire(s) et décide ou non de partager cette information. Ce type de situation décisionnelle peut être caractérisé par des notions de propension à coopérer ou de degré de confiance sur l'information partagée. De plus nous restreignons le domaine d'étude en nous positionnant uniquement sur des décisions concernant la gestion des stocks.

## Objectifs de la thèse

Notre travail répond à plusieurs objectifs.

Notre *premier objectif* est d'étudier le fonctionnement d'un modèle simplifié d'une chaîne logistique afin de mieux comprendre les effets de décisions prises par les différents acteurs d'une chaîne logistique sur la performance globale et locale des maillons de cette chaîne.

Notre *deuxième objectif* consiste notamment à étudier l'impact du partage d'information sur l'amélioration de la performance de la chaîne dans son ensemble et des entreprises qui la constituent et à analyser les motivations et les réticences des acteurs quant au partage d'informations le long de la chaîne.

Notre *troisième objectif* consiste à étudier le comportement stratégique de prise de décision dans des situations d'asymétrie d'information par des sujets humains pilotant une chaîne logistique.

Notre *quatrième objectif* est de fournir une analyse théorique afin d'intégrer ultérieurement la modélisation de comportement stratégique dans un simulateur pédagogique (jeu d'entreprise pour l'étude de la dynamique des flux et de la coopération interentreprises).

Notre *cinquième objectif* est de fournir des calculs analytiques d'optimisation pour le modèle étudié afin de pouvoir intégrer à terme le comportement stratégique dans des méthodes et outils d'aide à la décision.

### **Modèle étudié**

Dans ce manuscrit de thèse, en référence à l'état de l'art développé ci-après, nous étudions une chaîne logistique à deux étages composée d'un donneur d'ordres face à une demande aléatoire de marché et d'un fournisseur qui est lié au donneur d'ordres par un contrat linéaire de prix de gros. Le donneur d'ordres, qui est plus proche du marché final, aura une meilleure connaissance de la demande et transmettra à son fournisseur de l'information sur les prévisions de cette demande. Les prévisions sur la demande du marché seront de type binaire : demande haute ou demande basse. L'information sera donc à la fois asymétrique car le donneur d'ordres sera au départ mieux informé, mais aussi imparfaite car ces informations ne seront que des prévisions approchées des commandes réelles finales du marché. En fonction de ses propres objectifs de maximisation de profit, le donneur d'ordres pourra décider de transmettre à son fournisseur des prévisions exactes, ou bien surestimées de façon à s'assurer que celui-ci possède bien un stock suffisant au moment où il lui transmettra la commande réelle du marché. En face, le fournisseur pourra décider de faire confiance ou non aux prévisions données par son donneur d'ordres, et ceci en fonction de son intérêt propre. Dans notre modèle, les actions associées à chacune des décisions possibles porteront sur les niveaux de reconstituer des stocks de produits vendus. Ainsi, le fournisseur, qui gère son stock suivant une politique de stock nominal, pourra décider de tenir un stock conforme aux prévisions de son donneur d'ordres, ou bien déterminer de son côté un niveau de stock qui corresponde à sa propre vision de la demande. A l'arrivée, les performances de chaque entreprise et de la chaîne seront évaluées en

termes de coûts de production, d'inventus et de ruptures. Ces performances dépendront bien sûr du comportement des acteurs et de leur niveau de coopération quant aux échanges des prévisions de demande.

Ce type de situation, dans laquelle la décision de chaque acteur aura in fine une influence sur la fonction d'utilité des autres acteurs, est fréquemment analysé à travers les outils de la théorie des jeux. En effet, cette théorie permet de modéliser, puis de prévoir les comportements d'acteurs en interaction qui cherchent individuellement à maximiser une fonction d'utilité, et dont le résultat dépend également des décisions rationnelles des autres joueurs.

Dans le présent manuscrit de thèse nous étudions plusieurs modèles de chaînes logistiques (MTS/MTO en mono- et multi-périodes, MTS/MTS en mono-période) et nous utilisons deux approches scientifiques : la théorie des jeux et la méthodologie d'économie expérimentale. Dans les paragraphes suivants nous spécifions des modèles étudiés.

### *Première étude*

Le premier modèle étudié est constitué d'un maillon élémentaire d'une chaîne logistique décentralisée à deux niveaux, composée d'un fournisseur qui produit sur stock (MTS) et d'un donneur d'ordres qui fabrique sur commande du marché (MTO) (appelé ultérieurement modèle MTS/MTO). Ainsi la chaîne logistique possède un étage de stockage chez le fournisseur, qui subit le coût des inventus pour les produits fabriqués et non vendus.

Nous modélisons le jeu statique (jeu non répété) sur le partage des prévisions entre le donneur d'ordres et son fournisseur. Nous distinguerons cependant deux configurations logistiques distinctes de ce modèle : sans ou avec possibilité de stockage des inventus (par le fournisseur). Ces deux cas correspondent à des chaînes logistiques appelées respectivement mono-période et multi-périodes. Pour chacune de ces configurations nous présentons notre contribution dans la détermination de l'équilibre de Nash, suivie de la comparaison des solutions de la matrice du jeu, qui nous permet de déterminer si les possibles équilibres correspondent à des performances optimales ou sous-optimales au sens Pareto.

Nous exposons ainsi une instanciation du modèle sur le cas particulier d'une demande de marché suivant la loi uniforme. Cette dernière partie a deux vocations. Premièrement, elle est utilisée dans des travaux de recherches en économie expérimentale. Deuxièmement, il est prévu d'intégrer à terme la modélisation de comportement stratégique dans un simulateur pédagogique pour la formation à la gestion industrielle des élèves de l'Ecole des Mines.

### *Deuxième étude*

Le deuxième modèle étudié est constitué d'une chaîne logistique décentralisée à deux étages, composée d'un fournisseur et d'un donneur d'ordres qui produisent chacun sur stock (modèle MTS/MTS). Ainsi la chaîne possède deux niveaux de stockage : chez le fournisseur et chez le donneur d'ordres, qui gèrent leurs stocks suivant une politique de stock nominal. Nous analysons le jeu non-répété avec asymétrie d'information sur le partage des prévisions entre le donneur d'ordres et son fournisseur. L'analyse du jeu consiste, premièrement, à la résolution analytique par la détermination de l'équilibre de Nash. Deuxièmement, nous comparons des issues possibles du jeu afin de décider de l'optimalité des équilibres possibles.

### *Troisième étude*

La troisième étude consiste à l'application de la méthodologie de l'économie expérimentale au modèle du jeu MTS/MTO en mono-période. L'étude expérimentale du modèle résolu théoriquement répond à plusieurs objectifs. En premier lieu, cette démarche permet de mesurer l'écart entre d'une part les comportements prédits par la théorie et d'autre part les décisions observées chez des sujets réels pilotant une chaîne logistique. Le deuxième objectif est d'analyser le comportement de prise de décision des entrepreneurs d'une chaîne logistique, afin d'évaluer leur impact potentiel sur la performance de chaque échelon de la chaîne, ainsi que sur la performance globale.

## **Organisation du mémoire**

Dans le but de présenter les différents points abordés dans les paragraphes précédents, nous avons structuré le présent mémoire de thèse en quatre chapitres.

Dans le *chapitre 1* nous présentons l'état de l'art sur les sujets abordés dans cette thèse, à savoir les chaînes logistiques et leur gestion, la coordination et le partage d'information dans une chaîne logistique y compris l'état de l'art sur l'analyse de la coordination par la théorie des jeux, ainsi que les bases de la méthodologie de l'économie expérimentale. Nous concluons l'état de l'art par la problématique de la thèse, afin de focaliser nos recherches.

Le *chapitre 2* est consacré à l'analyse par la théorie des jeux du modèle MTS/MTO en mono- et multi-périodes. Dans un premier temps, nous introduisons le modèle étudié, les différentes notations employées, ainsi que les règles du jeu. Ensuite pour chacune des configurations nous appliquons les étapes suivantes de la méthode :

- formalisation des niveaux de rechargement et des fonctions d'utilité pour les 2 acteurs de ce maillon logistique ;
- résolution analytique de la situation de jeu stratégique avec détermination de l'équilibre de Nash ;
- comparaison des solutions de la matrice du jeu, notamment pour déterminer si les possibles équilibres correspondent à des performances optimales ou sous-optimales au sens Pareto ;
- instanciation du modèle sur le cas particulier d'une demande de marché suivant la loi uniforme continue.

Dans le *chapitre 3* nous analysons le modèle MTS/MTS en mono-période. En premier lieu nous expliquons le modèle étudié. Ensuite nous fournissons les profits des entreprises en coopération et non-coopération mutuelles. Nous présentons également notre contribution dans la détermination de l'équilibre de Nash et nous comparons les solutions obtenues.

Dans le *chapitre 4* nous étudions le modèle MTS/MTO en mono-période en appliquant la méthodologie de l'économie expérimentale. Nous présenterons d'abord les conditions dans lesquelles les expériences se sont déroulées, l'organisation générale de notre protocole de jeu, et enfin l'analyse des résultats d'étude.

Enfin, nous présentons un bilan final en rappelant les principaux apports de ce travail et en présentant quelques perspectives des recherches futures.



# 1 CHAPITRE 1. CONCEPTS DE BASE ET ETAT DE L'ART

## Tables des matières

---

1.1	Introduction.....	26
1.2	Chaines logistiques et gestion des chaines logistiques .....	27
1.2.1	Introduction.....	27
1.2.2	Chaines logistiques et réseaux manufacturiers .....	27
1.2.3	Gestion de la chaîne logistique .....	33
1.2.4	Pouvoir et relation adverse dans une chaîne logistique .....	45
1.2.5	Conclusion et positionnement.....	50
1.3	Partage d'information comme une forme de coopération.....	50
1.3.1	Introduction.....	50
1.3.2	Définitions de la coopération .....	50
1.3.3	Partage d'information dans une chaîne logistique .....	53
1.3.4	Conclusion .....	60
1.4	Modélisation par la théorie des jeux de coordination dans une chaîne logistique.	60
1.4.1	Introduction.....	60
1.4.2	Théorie des jeux – généralités, équilibre de Nash .....	61
1.4.3	Coordination dans une chaîne logistique modélisée par la théorie des jeux..	62
1.4.4	Conclusion et notre positionnement .....	71
1.5	Economie expérimentale.....	71
1.5.1	Introduction.....	71
1.5.2	Notions générales de l'économie expérimentale .....	72
1.5.3	Economie expérimentale et théorie des jeux : double approche complémentaire, behavioural game theory .....	73
1.5.4	Conclusion .....	74
1.6	Problématique .....	75
1.6.1	Problématique générale.....	75
1.6.2	Cadre d'étude .....	77
1.6.3	Démarche de résolution .....	78
1.7	Conclusion .....	80

---

## 1.1 INTRODUCTION

Depuis une trentaine d'années, du fait du contexte économique, la relation entre client et fournisseur a fortement évolué : renforcement du besoin de personnalisation des produits et services, raccourcissement des délais de livraison, multiplication des canaux de distribution, réorganisation et diversification des sources d'approvisionnement. De plus, l'internationalisation des échanges et une concurrence accrue ont entraîné les entreprises à rechercher de nouvelles voies pour améliorer leurs performances, et répondre au mieux aux attentes de leurs clients.

Face à ces enjeux, les entreprises doivent remettre en cause leurs organisations, en décroissant les différents services. Dans ce contexte, la logistique consiste à améliorer les flux sur une chaîne étendue qui va du fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client. Le logisticien doit ainsi assurer un dialogue avec tous les partenaires internes et externes de l'entreprise, afin de coordonner les opérations relatives aux flux de matières, de composants, de produits finis, et aux flux d'informations.

Les notions de flux physiques et flux d'information intra et interentreprises prennent alors tout leur sens. La logistique n'est plus un simple service opérationnel. Elle est présente à tous les niveaux décisionnels de l'entreprise :

- opérationnel : gérer au quotidien des flux de produits et les services aux clients,
- tactique : définir les organisations et piloter les flux à moyen terme,
- stratégique : définir les grandes orientations de partenariat et de collaboration à long terme.

L'objectif est clair : réduire les stocks à tous les niveaux, améliorer la flexibilité et réactivité et utiliser de façon optimale les moyens de production et de la logistique.

Dans le présent chapitre nous présentons l'état de l'art sur :

- les chaînes logistiques et la gestion des chaînes logistiques ;
- la coordination par le partage d'information entre les partenaires du réseau ;
- l'analyse de la coordination par la théorie des jeux ;
- les notions générales de l'économie expérimentale et sa complémentarité avec la théorie des jeux ;
- la problématique de la thèse qui précise notre champ de recherche et les méthodes employées.

## **1.2 CHAINES LOGISTIQUES ET GESTION DES CHAINES LOGISTIQUES**

### **1.2.1 Introduction**

Dans cette section de l'état nous allons répondre aux questions suivantes :

- qu'est-ce que la chaîne logistique et quels flux circulent au sein de la chaîne (sous-section 1.2.2) ?
- qu'est-ce que suppose la gestion efficace de la chaîne et pourquoi la gestion des stocks est très importante au niveau des entreprises et au niveau de la chaîne (sous-section 1.2.3) ?
- est-ce que certains membres de la chaîne logistique sont capables d'influencer des décisions des autres membres et grâce à quelles ressources ils ont ce pouvoir (sous-section 1.2.4) ?

### **1.2.2 Chaines logistiques et réseaux manufacturiers**

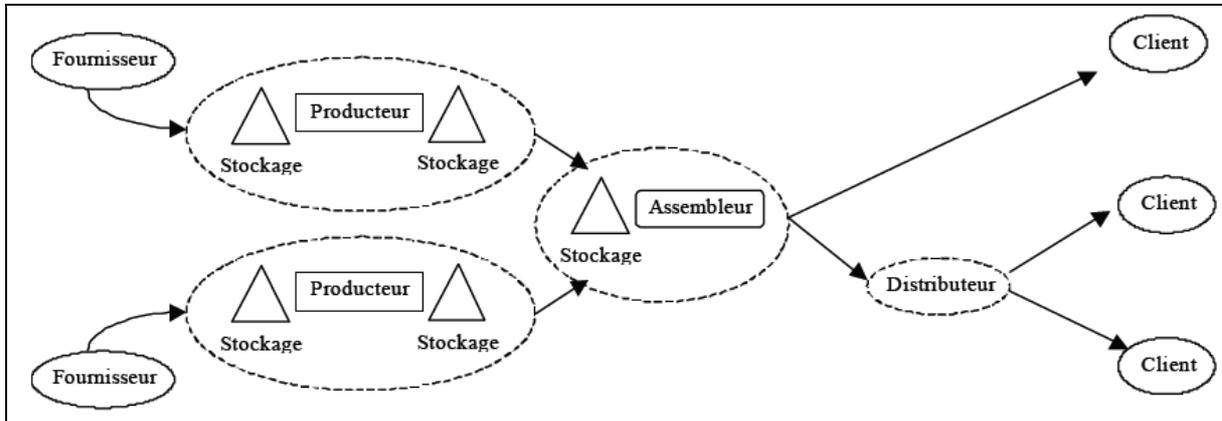
#### **1.2.2.1 Chaîne logistique : définition**

Le terme « logistique » vient d'un mot grec *logistikos* qui signifie l'art du raisonnement et du calcul. A l'origine le terme est utilisé dans le contexte militaire, ici la logistique représente tout ce qui est nécessaire « physiquement » pour permettre l'application sur le terrain des décisions stratégiques et tactiques : transports, stocks, fabrication, achats, manutention. Aujourd'hui le terme « logistique » recouvre des interprétations très diverses. Cela va du simple « transport » jusqu'à une science interdisciplinaire combinant ingénierie, micro-économie et théories des organisations. Dans le contexte de la gestion industrielle, la « logistique industrielle » peut être définie comme l'ensemble des activités concernées par les flux externes de matières premières, des produits intermédiaires et des services qui supportent des processus de production intégrés ou distribués dans l'espace de manière à mettre à disposition les productions de ces processus au consommateur final ou intermédiaire au bon moment, au bon endroit et au moindre coût [Barros, 1997].

En ce qui concerne à la définition de la « chaîne logistique » de nombreuses propositions existent. Dans cette section, un certain nombre d'entre elles sont évoquées dans le but de mettre l'accent sur les caractéristiques essentielles apportées par chaque définition.

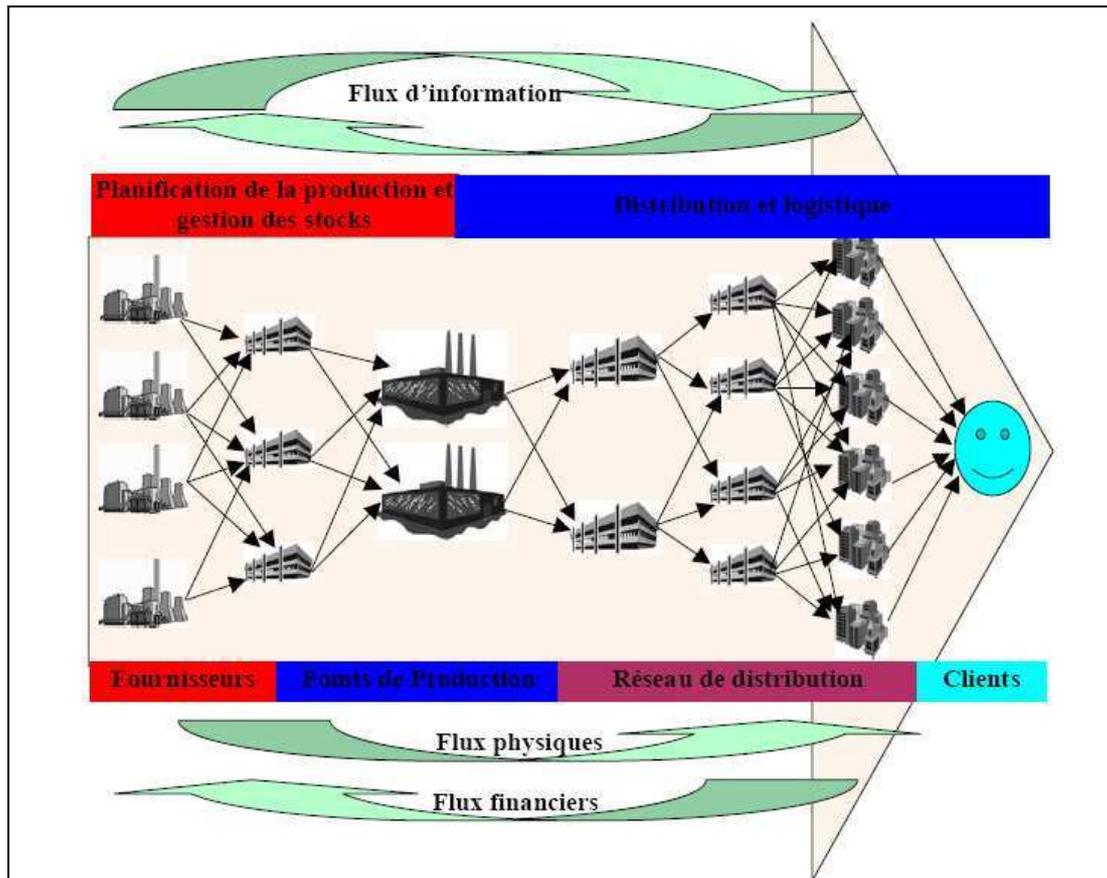
[Lee et Billington, 1993] définissent une chaîne logistique comme un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières

premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client. Cette définition structure la chaîne logistique autour d'un produit fini et de ses composants en se focalisant sur les fonctions nécessaires à sa production. La figure 1.1 représente une chaîne logistique selon cette vision. Elle précise les fonctions des entreprises dans une chaîne logistique (fournisseur, producteur, assembleur, distributeur ou client).



**Figure 1.1.** Représentation d'une chaîne logistique (inspirée de [Lee et Billington, 1993])

De nombreux auteurs définissent une chaîne logistique comme un ensemble d'entités échangeant des flux (physique, informationnel, financier). [Stevens, 1989] en s'appuyant sur les activités d'une chaîne logistique indique : « a supply chain is a connected series of activities which is concerned with planning, coordinating and controlling materials, parts, and finished goods from supplier to customer. It is concerned with two distinct flows (material and information) through the organization. » [Christopher, 1998] définit une chaîne logistique comme un réseau d'acteurs connectés et interdépendants qui cherchent en permanence à contrôler, gérer et améliorer les flux physiques et d'information pour optimiser leur performance et mieux satisfaire le consommateur final [Christopher, 1998]. Ces définitions font apparaître les notions de *flux matériel* et de *flux d'information* comme éléments reliant les entités constituant la chaîne logistique (fig. 1.2). Dans ce schéma, l'ensemble des maillons de la chaîne logistique est intégré dans un cadre fléché afin de présenter l'orientation de la gestion de la chaîne logistique vers les clients.



**Figure 1.2.** Les processus, les flux et les entités principales d'une chaîne logistique

D'une façon plus globale, selon [Beamon, 1998], nous pouvons distinguer dans une chaîne logistique deux processus de base : (1) un processus amont (processus de production) qui couvre la planification de la production et des approvisionnements, la fabrication et enfin la gestion des stocks et (2) un processus aval (processus de distribution) couvrant la planification et la gestion des réseaux de distribution ainsi que le transport et la livraison des produits finis.

Le premier processus concerne l'approvisionnement, la production de biens ou de services et l'entreposage des matières premières, produits intermédiaires et produits finis au sein de l'entreprise. Le deuxième processus fixe la manière dont les produits sont acheminés de l'entreprise jusqu'aux détaillants et clients finaux. Ces produits peuvent être directement livrés ou bien transiter par des centres de distribution. Ce processus inclut la gestion d'entrepôt et de dépôt, le transport et la livraison.

Entre les différents partenaires d'une chaîne logistique, circulent trois catégories de flux : les flux physiques ou de marchandises venant de l'amont vers l'aval, les flux financiers venant de l'aval vers

l'amont et les flux d'information circulant dans les deux sens. Ce travail de recherche s'intéresse plus particulièrement aux flux d'information, dans leur utilisation pour piloter les flux physiques.

Nous regroupons les principales définitions retenues de la chaîne logistique dans le tableau 1.1.

**Tableau 1.1.** Exemple de définitions de la chaîne logistique

Auteur(s)	Définition
[Tayur et <i>al.</i> , 1999]	Un système de sous-traitants, de producteurs, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent les flux matériels dans le sens des fournisseurs vers les clients et des flux d'information dans les deux sens.
[Supply Chain Council, 2000]	The supply chain encompasses every effort involved in producing and delivering a final product or service, from the supplier's supplier to the customer's customer
[Jagdev et Thoben, 2001]	La chaîne logistique est un ensemble d'activités par lesquelles plusieurs entreprises ont convenu d'associer leurs compétences pour la réalisation et la distribution d'un produit final commun
[Eksioglu, 2001]	A supply chain is an integrated process where several business entities such as suppliers, manufacturers, distributors, and retailers work together to plan, coordinate and control the flow of materials, parts and finished goods from suppliers to customers
[Cheyroux, 2003]	C'est un réseau de sites, indépendants ou pas, participant aux activités d'approvisionnement, de fabrication, de stockage et de distribution liées à la commercialisation d'un produit ou d'un service
[Génin, 2003]	Une chaîne logistique est un réseau d'organisations ou de fonctions géographiquement dispersées sur plusieurs sites qui coopèrent, pour réduire les coûts et augmenter la vitesse des processus et activités entre les fournisseurs et les clients. Si l'objectif de satisfaction du client est le même, la complexité varie d'une chaîne logistique à l'autre.
[Lummus et Vokurka, 2004]	Tous les activités impliquées dans la livraison d'un produit depuis le stade de matière première jusqu'au client en incluant l'approvisionnement en matières premières et produits semi-finis, la fabrication et l'assemblage, l'entreposage et le suivi des stocks, la saisie et la gestion des ordres de fabrication, la distribution sur tous les canaux, la livraison au client et le système d'information permettant le suivi de toutes ces activités.
[Poirel et Bonet, 2006]	La chaîne logistique comporte un ensemble d'opérations de distribution physique, de gestion de production et de gestion des approvisionnements, réalisées par un certain nombre d'entreprises de type industriel, commercial ou prestataire de services dans une logique de coordination de l'offre par la demande. Elle représente une organisation tirée par la demande c'est-à-dire déclenchant la mise en mouvement des flux physiques (marchandises, matières premières etc.) à partir de flux d'informations provenant de l'aval (commandes-clients, ordres de fabrication ou d'approvisionnement).

Malgré quelques différences dans les terminologies utilisées, nous pouvons constater que, dans toutes ces définitions, l'ensemble du processus (efforts, activités, installation etc.) allant des

fournisseurs de fournisseurs jusqu'aux clients de clients, soutenu par les différentes ressources matérielles, informationnelle, humaine et financières est considéré (ceci est illustré dans la partie centrale de la figure 1.2.).

### **1.2.2.2 Coopération inter-entreprises : différents formes organisationnelles**

Une chaîne logistique est composée de plusieurs entreprises qui sont d'habitude juridiquement indépendantes. Les objectifs liés à la création du réseau donnent lieu à une terminologie particulière. Nous en dégageons quelques grandes catégories en fonction des objectifs de ces groupements d'entreprises.

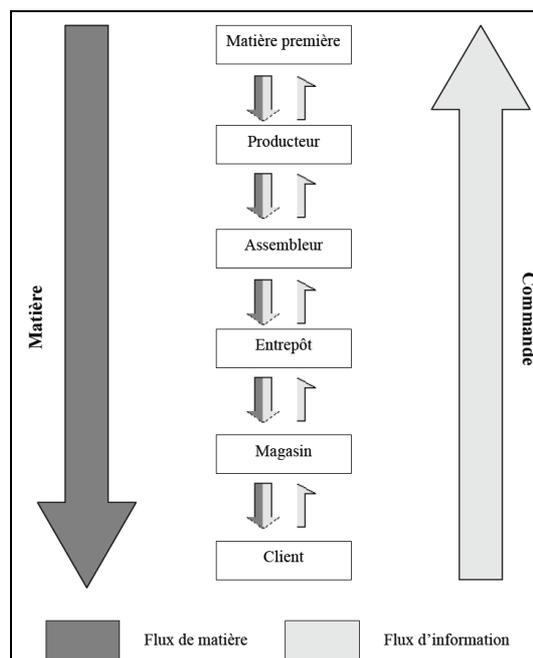
On appelle *réseau d'entreprises* un ensemble d'entreprises entrant en communication pour répondre à un besoin précis. [Butera, 1991] définit le réseau d'entreprises comme étant « un ensemble d'entreprises liées les unes aux autres par un cycle de production. Le lien n'est ni juridique, ni structurel ; il revêt souvent la forme de simples accords. Ces entreprises ont en commun un puissant système de coopération fonctionnelle ». Les réseaux d'entreprises se distinguent d'une chaîne logistique car ils ne sont pas obligatoirement orientés sur le processus d'élaboration complet d'un produit fini donné. En effet, un partenariat horizontal (entre entreprises de même activité) est par exemple possible autour de l'échange de bonnes pratiques. Cette terminologie est très générale et peut inclure les chaînes logistiques.

Le terme *d'entreprise étendue* est utilisé pour souligner un haut degré de coopération entre des organisations. [Gott, 1996] définit l'entreprise étendue comme étant « Une sorte d'entreprise représentée par toutes les organisations ou parties d'organisations : clients, fournisseurs, sous-traitants, engagés de façon collaborative à la conception, au développement et à la livraison des produits à l'utilisateur final ». Le partenariat entre les entreprises est considéré de manière durable.

L'*entreprise virtuelle* est considérée comme une organisation temporaire dans laquelle un ensemble de partenaires industriels forme un réseau collaboratif pour atteindre un objectif précis auquel ils n'auraient pu répondre seuls. [Goranson et al., 1997] définit l'entreprise virtuelle comme étant « Une agrégation temporelle de compétences et de ressources qui collaborent ensemble pour un besoin spécifique tel une opportunité d'affaires ». L'entreprise virtuelle est caractérisée par l'absence d'attributs ou attraits physiques (administration, statuts juridiques, etc.). Ces attributs sont remplacés par l'application d'infrastructures d'information et de communication très sophistiquées et surtout par un degré de confiance mutuelle élevé.

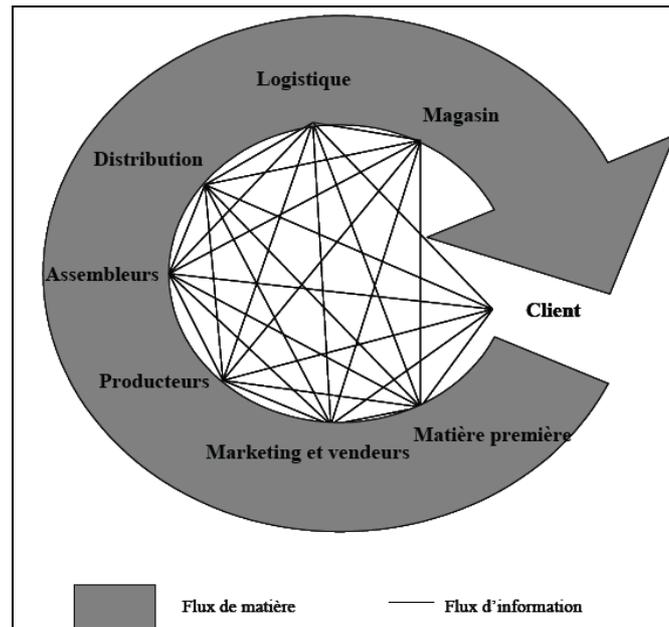
### 1.2.2.3 Les flux physiques et d'information dans la chaîne logistique

Les définitions de la chaîne logistique décrites précédemment présentent la chaîne logistique comme un ensemble de fournisseurs, producteurs, distributeurs, et de clients où les flux de matière (ou flux physiques) circulent des fournisseurs aux clients et les flux d'informations circulent dans les deux sens. Ces définitions mettent en relief trois composantes fondamentales de la chaîne logistique : les maillons de la chaîne, les flux de matière et les flux d'information. Traditionnellement, l'enchaînement des flux d'information et des flux de matière est ordonné et séquentiel comme le suggère la figure suivante.



**Figure 1.3.** Découpage traditionnel des flux de matière et d'information dans la chaîne (inspiré de [Greis et Kasarda, 1997])

Aujourd'hui, les flux d'information ne suivent plus une forme linéaire depuis le fournisseur jusqu'au client (fig. 1.3). Avec l'évolution des nouvelles technologies d'information, les flux d'information ressemblent aujourd'hui plutôt à un échange simultané, surtout grâce à des échanges électroniques entre l'ensemble des partenaires (fig. 1.4).



**Figure 1.4.** La nouvelle répartition des flux dans la chaîne logistique (inspirée de [Greis et Kasarda, 1997])

## 1.2.3 Gestion de la chaîne logistique

### 1.2.3.1 Définition de la gestion de la chaîne logistique

Le concept de gestion de la chaîne logistique est apparu en 1982 [Cooper et *al.*, 1997]. [Oliver et Webber, 1982] discutent des avantages potentiels de l'intégration des approvisionnements, de la fabrication et de la distribution. S'il existe un grand nombre de définitions pour caractériser la chaîne logistique, il en existe sûrement autant pour définir le *Supply Chain Management* (SCM), ou *gestion de la chaîne logistique intégrée*. Selon [Cooper et Ellram, 1993] la SCM 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 ». Le SCM peut être vu comme un concept développé par les entreprises pour apporter une réponse à une demande client personnalisée en termes de qualité et de service [Müller, 2003]. Ainsi, le SCM a pour premier objectif d'éliminer les barrières qui limitent la communication et la coopération des différents membres d'une chaîne logistique [Fawcett et Magnan, 2000], [Müller, 2003]. D'autres définitions du supply chain management sont résumées dans le tableau 1.2.

**Tableau 1.2.** Exemple de définitions de la gestion de la chaîne logistique

[Berry et Naim, 1994]	La gestion de la chaîne logistique a pour but d'établir des relations de confiance, d'échanger des informations sur les besoins du marché, de développer des nouveaux produits, de réduire la base des sous-traitants à un OEM (original équipement manufacturer) de manière à libérer des ressources de management pour développer des relations significatives à long terme
[Tixier et <i>al.</i> , 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 ».
[Spekman et <i>al.</i> , 1998]	Un processus pour la conception, le développement, l'optimisation et la gestion des composants internes et externes du système de fourniture, y compris la transformation des matières premières, des produits semi finis et la distribution des produits finis ou des services aux clients, en cohérence avec les objectifs globaux et les stratégies d'entreprises
[Stadtler, 2000]	La gestion de la chaîne logistique est 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.
[Supply Chain Council, 2000]	La gestion de la chaîne logistique consiste en : gérer l'offre et la demande, approvisionner les matières premières et les composants, fabriquer et assembler, entreposer et suivre les stocks, gérer les commandes, les distribuer à travers tous les canaux jusqu'à la livraison au client.
[Paché et Colin, 2000]	Le SCM visualise la nécessité d'intégrer l'ensemble des opérations transverses aux flux physiques et d'informations associées, en repérant quels sont les principaux acteurs, entre qui il est capital d'établir des liens durables et quels processus permettent d'y parvenir.
[Tan, 2001]	La gestion de la chaîne logistique comprend la gestion matière/approvisionnement de l'approvisionnement des matières premières de base au produit final (et éventuellement le recyclage et la réutilisation). La gestion de la chaîne logistique s'intéresse à la manière dont les entreprises tirent profit des processus, de la technologie de leurs fournisseurs et de leur capacité à utiliser leur avantage concurrentiel. C'est une philosophie de gestion qui étend les activités intra-entreprise par le fait de mettre en place des partenariats avec le but commun d'optimisation et d'efficacité
[Rota-Franz et <i>al.</i> , 2001]	Faire du « SCM » signifie que l'on cherche à intégrer l'ensemble des moyens internes et externes pour répondre à la demande des clients. L'objectif est d'optimiser de manière simultanée et non plus séquentielle l'ensemble des processus logistiques.
[Génin, 2003]	La gestion de la chaîne logistique est une approche intégrée de gestion qui consiste à piloter dans leur ensemble les flux des matières et d'informations depuis les fournisseurs jusqu'aux utilisateurs finaux, ainsi que les flux retours au moyen d'outils de planification et d'aide à la décision. Elle a pour but de diminuer les besoins en fonds de roulement de l'entreprise ainsi que de satisfaire les clients par la mise à disposition, au meilleur coût, d'une quantité de produits, à l'endroit et au moment où la demande existe.

Reprenant ce principe de mieux coordonner les différentes entités de la chaîne afin d'offrir une meilleure réponse aux exigences des clients, [Stadtler, 2000] définissent le SCM comme la tâche d'intégrer les unités organisationnelles tout au long de la chaîne d'approvisionnement et de coordonner les flux de matière, d'information et financier dans le but de satisfaire la demande du client (final) en ayant pour but d'augmenter la compétitivité et la performance de la chaîne dans son ensemble.

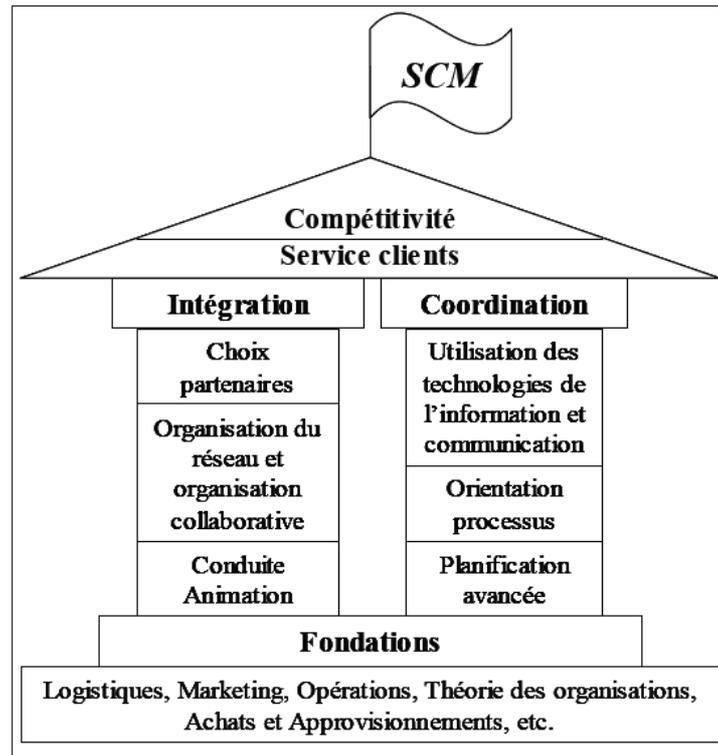
La figure 1.5 réunit les différents aspects du SCM présentés dans la définition de Stadtler pour former ce qu'il appelle la « Maison du SCM ». Le toit de cette « maison » correspond aux objectifs finaux du SCM en termes de réponse aux *besoins des clients* et de *compétitivité* de la chaîne logistique. Ces objectifs reposent sur deux piliers :

- 1) l'*intégration* du réseau formé par les différents partenaires de la chaîne et
- 2) la *coordination* des différents acteurs en réseau.

Le pilier « *l'intégration* » concerne la création des partenariats entre les différents acteurs, dont la première étape est de *choisir les partenaires*. Les partenaires doivent être capables d'une part d'apporter des savoir-faire afin de satisfaire les contraintes techniques et économiques de fabrication et d'autre part d'apporter un potentiel d'évolution avec des perspectives d'amélioration de compétitivité de la chaîne. La deuxième étape est l'organisation du réseau et l'organisation collaborative. Cela consiste à établir des relations entre entités juridiquement indépendantes mais liées économiquement. Enfin, la *conduite et l'animation* de la chaîne concerne la prise de décisions la concernant dans sa totalité. Ces décisions peuvent être prises soit par l'entreprise qui justifierait d'une influence majeure, soit par un comité de pilotage. Ces décisions peuvent concerner l'introduction ou l'exclusion d'un partenaire, ou encore la définition d'une stratégie générale de la chaîne.

Le pilier *coordination* se base sur la gestion des trois flux : flux de matière, d'information et financier. Cette coordination repose sur l'utilisation des nouvelles *technologies de l'information et de la communication* qui permettent d'échanger et de traiter l'information sur des sites distants. L'*orientation processus* a pour but d'améliorer l'ensemble des activités liées à la fabrication et à la commercialisation des produits. Enfin, la planification avancée introduit une hiérarchisation des étapes de planification selon l'horizon temporel considéré (long-terme, moyen-terme et court-terme).

Les fondations reprennent globalement les différents aspects de la gestion industrielle qui vont favoriser le développement du SCM (logistique, marketing, théorie des organisations etc.).



**Figure 1.5.** « Maison du SCM »

La vision présentée par [Stadtler, 2000] donne les grandes orientations de ce que peut être le Supply Chain Management ainsi que de ses implications pour les entreprises. Néanmoins, tous ces concepts ne sont pas réellement appliqués au même niveau par les entreprises. En effet, beaucoup de facteurs peuvent entrer en jeu pour freiner leur acceptation d'une vision orientée Supply Chain Management.

### **1.2.3.2 Les apports de la gestion efficace d'une chaîne logistique**

De nombreux travaux menés dans un cadre industriel montrent que la gestion efficace d'une chaîne logistique apporte des avantages significatifs [Alber et Walker, 1997], [Cooper et Ellram, 1993], [Giunipero et Brand, 1996], [Harrington, 1999], [Higginson et Alam, 1997], [Palevich, 1997]. Un résumé de ces apports est présenté dans le tableau 1.3.

**Tableau 1.3.** Résumé des avantages de SCM (source : National Association of Purchasing Management)

Avantages de SCM	[Alber et Walker, 1997]	[Cooper et Ellram, 1993]	[Giunipero et Brand, 1996]	[Harrington, 1999]	[Higginson et Allram, 1997]	[Palevich, 1997]
	Etude de cas (une entreprise alimentaire)	Analyse de la littérature	Enquête de 52 membres du NAPMA.	Etude conceptuelle	Analyse de la littérature	Etude conceptuelle
Relation plus proche avec les partenaires		*	*		*	*
Avantage concurrentiel par les coûts				*		
Réduction des coûts			*	*		*
Amélioration du service à la clientèle	*					
Temps de cycle plus court	*	*	*		*	*
Réduction du niveau de stock			*	*	*	
Amélioration de la rotation des stocks	*	*				
Amélioration de la productivité opérationnelle			*			
Amélioration de la marge bénéficiaire	*					
Livraison fiable			*		*	
Rapidité de réaction aux changements					*	

✓ Apports financiers.

Plusieurs améliorations au niveau financier sont attendues avec la gestion efficace de la chaîne logistique. Parmi d'autres ce sont : la réduction des coûts de stockage, des coûts d'expéditions et des frais d'exploitation, etc. Ces réductions de coût sont obtenues sans réduction d'efficacité (redimensionnement), sans licenciements et sans fermeture d'usines.

✓ Apports opérationnels.

Au niveau opérationnel, les auteurs constatent particulièrement une baisse des niveaux de stock, des ruptures de stocks moins fréquentes, une réduction du temps de cycle, une productivité opérationnelle plus grande, etc.

✓ Apports sur le service clientèle.

Les auteurs constatent également une augmentation de la satisfaction des clients, particulièrement une plus grande fiabilité des livraisons (le bon produit, au bon moment, en bonne quantité), ainsi qu'un meilleur service après-vente et une plus grande rapidité de réaction aux changements.

✓ Apports sur la coordination.

La coordination plus efficace entre les partenaires est un apport très important. Ceci aboutit à une augmentation du partage des compétences et des risques, qui créent un avantage compétitif, à une amélioration de la qualité des produits et des informations et une rentabilité plus grande.

### 1.2.3.3 « Lean » ou « Agile »

Beaucoup d'entreprises adoptent le paradigme lean (allégé) [Womack et Jones, 1994] dans le but d'optimiser la performance et améliorer leur compétitivité. Dernièrement, le paradigme production agile a été mis en évidence comme une alternative du paradigme lean (leanness) [Richards, 1996]. Ces deux modes de gestion souvent jugés mutuellement exclusifs. Nous présentons les définitions de [Naylor et *al.*, 1999] du paradigme agile et du paradigme lean dans les stratégies de la chaîne logistique.

- **Leanness** signifie développer une chaîne de valeur pour éliminer toutes les pertes (y compris en termes de temps) et assurer un programme de production nivelé.
- **Agilité** signifie utiliser la connaissance du marché en créant une société virtuelle pour exploiter des occasions rentables dans un marché volatil.

L'agilité est parfois considérée comme l'étape successive du leanness : une fois le leanness réalisé, une entreprise devrait chercher l'agilité. Ces discussions simplifient la situation car elles ne prennent pas en considération ni le contexte dans lequel l'entreprise évolue, ni le type de produit et ne peuvent en conséquence donner une réponse adaptée aux exigences nécessaires pour correctement rassembler la conception de la chaîne logistique avec la structure demandée. [Mason-Jones et *al.*, 2000].

Une chaîne logistique agile doit avoir un certain nombre de caractéristiques selon [Christopher, 2000] :

- ✓ *Market sensitive* signifie que la chaîne logistique est capable de répondre à la demande réelle des clients. La plupart des organisations se basent sur les prévisions des ventes plutôt que sur la demande. Autrement dit, ils sont obligés de se limiter aux informations

historiques de vente parce qu'ils ont peu d'accès aux informations directes et réelles du marché.

- ✓ *Virtuality* : de nouvelles technologies d'information et de communication donnent la possibilité de partager des données entre tous les partenaires de la chaîne. L'information est un fondement de la chaîne logistique virtuelle.
- ✓ *Process integration* consiste à la collaboration et coopération entre les partenaires, à la co-conception et le co-développement de produits, aux systèmes interconnectés et au partage d'information.
- ✓ *Network* : la quatrième caractéristique consiste à considérer une chaîne logistique comme une confédération entre les partenaires associés d'un réseau. A présent les concurrentes se font plutôt entre les réseaux qu'entre les entreprises. Les entreprises sont obligées de mieux se coordonner, se structurer et gérer leurs relations avec leurs partenaires, en formant un réseau qui cherche des relations plus agiles, plus proches de ses clients finaux et plus efficaces.

En étudiant des chaînes logistiques réelles, [Mason-Jones et Towill, 1999] montrent qu'avec le partage d'information et l'augmentation du niveau de richesse de l'information, le degré d'agilité s'accroît. D'après [Mason-Jones et Towill, 1999], [Gunasekaran, 1999] l'enrichissement d'information dans une chaîne logistique crée une forte compétence concurrentielle qui est un facteur principal d'amélioration de l'agilité.

#### **1.2.3.4 Gestion de stocks dans une chaîne logistique**

##### **A. Stock dans une chaîne logistique**

Dès qu'il y a un décalage horaire ou en quantité entre la production et la demande, des stocks ou des ruptures d'approvisionnement se produisent. Les stocks se trouvent ainsi à tous les niveaux de la chaîne logistique. La gestion de stock inclut les activités d'une entreprise pour acquérir, disposer et contrôler des stocks qui sont nécessaires pour l'accomplissement de ses objectifs. La gestion de stocks concerne les flux entrant, internes et sortant de l'entreprise en vue de chercher l'équilibre entre les productions et les consommations dans un environnement incertain [Tersin, 1988].

Le stock représente de 20 à 40 % de l'actif total d'une entreprise [Tersin, 1988], [Verwijmeren et *al.*, 1996]. Avoir trop de stock peut être aussi problématique que des ruptures de stock. L'excès de stock entraîne des dépenses inutiles liées aux questions de stockage et d'obsolescence, tandis que trop peu de stock cause des ruptures et perturbe la production. Le but principal de la gestion de stock est de

maximiser la rentabilité d'une entreprise en minimisant le coût de stockage tout en satisfaisant les exigences de service client [Lambert et *al.*, 1998].

Les travaux sur les politiques de gestion des stocks sont destinés à adapter les modèles de gestion à une structure donnée de chaîne logistique. L'objectif est de déterminer quelles sont les meilleures décisions de réapprovisionnement à prendre. Le travail de base concernant la gestion de stocks est celui de [Clark et Scarf, 1960]. Ils ont défini une fonction de coûts pour chaque entrepôt et pour le transport entre les entrepôts ; c'est en minimisant cette fonction que la politique de stock optimale est trouvée. Il s'agit de la politique de stock nominal (en angl. *Base Stock*).

[Bessler et Veinott, 1966] ont élargi le travail de Clark et Scarf aux systèmes arborescents comprenant un dépôt et plusieurs détaillants. [Sherbrooke, 1968] a étudié la politique de la commande optimale pour un modèle à deux étages contenant un entrepôt et un détaillant. Ainsi, il a construit le modèle METRIC (Multiechelon Technique for Recoverable Item Control), qui détermine les niveaux de stock réduisant au minimum le nombre espéré des commandes en attente à l'échelon précédent (avec une contrainte budgétaire). Selon le travail bibliographique fait par [Gumus et Guneri, 2007], différentes méthodes ont été utilisées pour traiter le problème de stockage multi-échelons :

- modélisation analytique ;
- chaînes de Markov (Markov decision process) ;
- théorie des jeux ;
- simulation ;
- réseau de PETRI ;
- autres techniques (vari-METRIC method, heuristics, scenario analysis, fuzzy logic, etc.).

## **B. Les stratégies de réponse à la demande**

Un système manufacturier est conçu pour atteindre une finalité donnée, dont son fonctionnement dépend. Cette finalité et donc le fonctionnement sont affectés fortement par l'environnement du système et essentiellement le marché. [Van Weele, 2002] a identifié les cinq structures logistiques de base correspondants aux stratégies de réponse à la demande des clients.

- Conception à la commande (ETO – engineering and making to order) : on parle de conception à la commande lorsque, en réponse à une demande, il faut effectuer un travail de conception du produit. Dans cette situation il n'y a pas de stock ; le produit est conçu et fabriqué après la commande et n'existait pas avant.

- Fabrication pour envoyer à des centres de distribution (MSS – *making and sending to stock*) : les produits fabriqués sont envoyés à des centres de distribution.
- Fabrication à la commande (MTO – *make to order*) : la fabrication se déclenche par la commande ferme d'un client.
- Assemblage à la commande (ATO – *assembly to order*) : lorsqu'on utilise des composants ou des modules existants (fabriqués pour stock) pour assembler un produit en réponse à une commande ferme de client, on parle d'assemblage à la commande.
- Fabrication pour le stock (MTS – *make to stock*) : la fabrication est déclenchée par l'anticipation d'une demande solvable d'un produit dont les caractéristiques sont définies par le fabricant.

Pour produire sur stock, deux conditions sont nécessaires :

- l'éventail des produits finis doit être restreint ;
- la demande de chaque produit doit être suffisamment importante et prévisible.

En terme économique, une production sur stock est justifiée si :

- le cycle de production est long par rapport au délai commercial admissible (délai séparant la prise de commande de la livraison) ; ou
- la saisonnalité de la demande est trop forte pour justifier un excédent capacitaire (hommes, machine) sur une longue période.

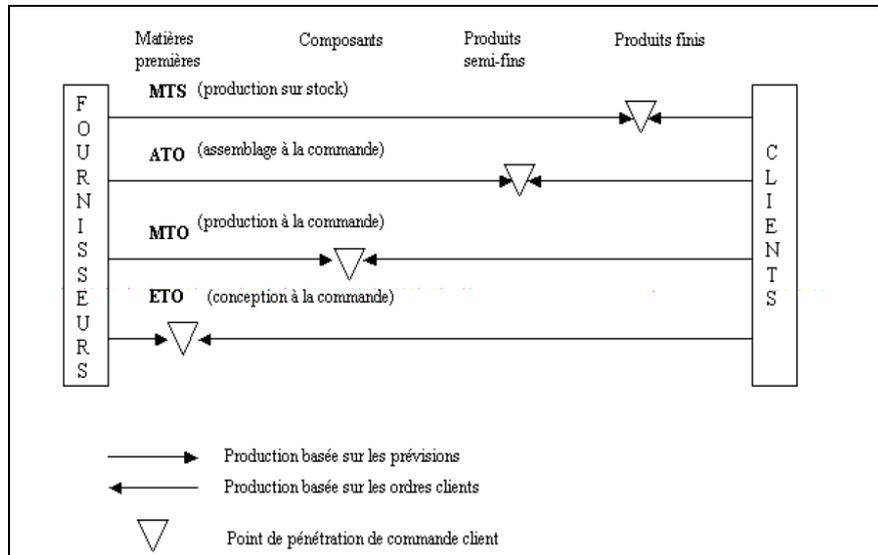
Nous pouvons noter que le choix d'une stratégie de réponse à la demande dépend des exigences des clients en termes de délais de livraison et de leur accommodation de la longueur des cycles de production. Dans notre modélisation nous employons deux stratégies de réponse à la demande : MTS et MTO.

[Dong, 2001] donne certains attributs différenciant les stratégies de réponse à la demande (tableau 1.4).

**Tableau 1.4.** Caractéristiques des stratégies de réponse à la demande (source : [Dong, 2001])

Attributs/politique	MTS	ATO	MTO	ETO
<b>Délai de livraison</b>	Court	Moyen	Long	Long
<b>Variété des produits</b>	Grande	Moyenne	Faible	Très faible
<b>Livraison promise (basée sur)</b>	Stocks de produits finis	Composants et sous-ensembles	Capacité de production	Capacité de production
<b>Base de planification</b>	Prévision	Prévision et backlog	Backlog et ordres clients	Ordres clients
<b>Traitement de l'incertitude de la demande</b>	Stocks de sécurité	Sur-planification des composants et sous-ensembles	Peu d'incertitude	Pas de contrôle
<b>Objectifs</b>	Réactivité	Customisation	Production lean	Production lean

Les stratégies de réponse à la demande sont différenciées selon le point de pénétration de la commande client (Order Penetration Point : OPP ou Customer Order Decoupling Point) comme décrit dans la figure 1.6.



**Figure 1.6.** Point de pénétration de commande client et stratégie de réponse à la demande (source : [Essaid, 2008])

[Dong, 2001] définit le point de pénétration de la commande comme le point physique de la chaîne de valeur qui sépare les étapes d'investissement de celles de réalisation. Dans une étape d'investissement les opérations sont exécutées en réponse aux besoins définis par l'entreprise et l'anticipation de la demande. Dans une phase de réalisation, la production est confrontée aux commandes des clients. Il détermine le minimum des temps des ordres clients. Il correspond à un stock sur la chaîne logistique du fait de l'imperfection des prévisions. [Sharman, 1984] le définit comme étant le point du processus de production à partir duquel les spécificités du produit sont figées, et comme étant le dernier point où les stocks sont maintenus. Il considère que ce point est le compromis entre la pression de la concurrence et le coût des produits et leur complexité. [Olhager, 2003] définit le point de pénétration de la commande comme étant le point sur la chaîne de valeur où le produit est lié à un ordre client spécifié. C'est le point qui divise les étapes de production en : opérations conduites par prévisions (amont) et des opérations conduites par les ordres clients (aval). L'auteur évoque les facteurs affectant le positionnement de ce point :

*Facteurs liés au marché :*

- ✓ délai de livraison requis ;

- ✓ volatilité de la demande du produit ;
- ✓ volume du produit ;
- ✓ gamme de produits et degré de customisation ;
- ✓ lots de livraison et leur fréquence.

*Facteurs liés au produit :*

- ✓ degré de modularité du produit ;
- ✓ opportunités de customisation ;
- ✓ structure du produit.

*Facteurs liés à la production :*

- ✓ temps de cycle ;
- ✓ nombre de planning points : ressources ou ensemble de ressources considérées comme une macro ressource d'un point de vue production et gestion de la capacité. ;
- ✓ flexibilité des processus de production (temps de changement de série,...) ;
- ✓ position du goulet de production : cette position peut être conflictuelle car c'est la recherche de compromis entre l'optimisation des ressources et la minimisation des pertes (gaspillages). Le point de pénétration de la commande peut correspondre à un goulet (une ressource coûteuse effectuant d'importantes opérations du processus) ;
- ✓ ressources ayant des temps de setup séquentiellement dépendants (peuvent se transformer en goulets).

Les caractéristiques des produits, de la demande, des processus de production, de l'organisation, de la planification et de la mesure de performance sont alors différentes suivant la position du processus par rapport au point de pénétration de commande.

### **C. Problème du vendeur de journaux**

Nous terminons cet état de l'art sur la gestion des stocks dans une chaîne logistique par une brève présentation de modèle du vendeur de journaux, sur lequel s'appuiera notre modèle.

**Le problème du vendeur de journaux** (en angl. *Newsboy Problem*) est un problème classique de recherche opérationnelle de gestion des stocks dans une chaîne logistique. Dans ce modèle la demande est considérée comme une variable aléatoire avec une distribution connue [Dupont 1998], [Porteus, 1990]. L'exemple couramment présenté est celui d'un kiosque où des journaux sont vendus. Un marchand de journaux achète chaque jour une quantité fixe d'un certain quotidien. Si la

demande est supérieure à son stock, il constate un manque à gagner. Tout exemplaire non vendu engendre une perte. L'objectif est d'augmenter le gain total et donc de trouver la quantité optimale à avoir en stock.

### **1.2.3.5 Notre positionnement**

L'objectif du présent manuscrit consiste notamment à étudier l'impact du partage d'information sur l'amélioration de la performance de la chaîne. Nous allons nous concentrer sur l'étude du cas de l'information asymétrique et imparfaite, pour lequel l'une des entreprises possède plus d'information et/ou de meilleure qualité que son (ses) partenaire(s) et décide ou non de partager cette information. Ce type de situation décisionnelle peut être caractérisé par des notions de propension à coopérer ou de degré de confiance sur l'information partagée. De plus nous restreignons le domaine d'étude en nous positionnant uniquement sur des décisions concernant la gestion des stocks.

Dans le but d'analyser le partage d'information, nous modélisons la chaîne logistique de structure dyadique (voir annexe A), composée d'un donneur d'ordres et de son fournisseur. Premièrement notre intérêt s'est porté sur le modèle où le fournisseur produit sur stock (MTS) et le donneur d'ordres sur commande (MTO). Ainsi la chaîne à deux étages possède un seul stock au niveau du fournisseur. Cette structure peut correspondre à la paire « producteur » - « distributeur » (voir fig. 1.1). Le deuxième modèle analysé est composé du fournisseur et du donneur d'ordres, produisant tous les deux sur stock (MTS). De cette façon la chaîne logistique analysée dispose de 2 étages de stockage et peut correspondre au couple de producteurs (fig. 1.1). Nous nous focalisons sur des maillons de types « Production » (M - « Make ») très répandu dans le monde industriel, en excluant des maillons de type « Assemblage » ou « Engineering » qui requièrent des modèles logistiques différents.

Dans les deux modèles étudiés, les entreprises gèrent leurs stocks avec la politique de stock nominal, qui revient à déterminer le niveau de recomplètement de stock optimisé par rapport au niveau de la demande attendue. (Voir l'annexe B pour plus de détails sur la politique de stock nominal). Notre modèle de référence pour l'analyse de partage d'information dans une chaîne logistique est le modèle de vendeur de journaux qui suppose de trouver l'équilibre entre le coût de rupture et le coût de stockage.

Avant de passer à l'état de l'art sur la coopération et le partage d'information dans une chaîne logistique nous voulons présenter la synthèse bibliographique sur l'information comme la source d'influence et de pouvoir dans une chaîne logistique.

## **1.2.4 Pouvoir et relation adverse dans une chaîne logistique**

### **1.2.4.1 Ressource « Information »**

La mise en œuvre de partenariats à long terme en aval avec des distributeurs ou en amont avec certains fournisseurs est aujourd'hui considérée comme un moyen de développer des chaînes logistiques plus agiles qui permettent de répondre de manière plus fiable aux attentes des clients finaux. Les travaux sur les relations inter-organisationnelles apportent des éléments de réponse à cette complexité mais ne se positionnent pas toujours autour de ces logiques client-fournisseur qui intègrent des problématiques de confiance, de concurrence voire de co-opétition, et des relations de pouvoir souvent asymétriques entre les partenaires [Lefay-Durand et *al.*, 2006].

Dans une chaîne logistique il apparaît souvent que certains acteurs ont plus d'information ou bien une information de meilleure qualité que leurs partenaires. La propagation de l'information sur tous les niveaux de la chaîne induit un effet bénéfique pour la performance de la chaîne dans son ensemble. Même si les décisions sont distribuées, l'information globale et commune à tous les agents peut augmenter significativement la performance de la chaîne. Mais est-ce que l'entrepreneur qui possède cette ressource informationnelle accepte d'en partager les gains avec ses partenaires ? La chaîne logistique constitue-t-elle vraiment un lieu de coopération ?

Selon [Crozier et Friedberg, 1977] l'acteur détenant la ressource « information » et le contrôle de distribution de l'information bénéficie d'un leadership déterminant. Dans la littérature plusieurs auteurs se sont appropriés cette hypothèse pour les réseaux d'entreprises et ont traité le pouvoir et le contrôle de ressources « information » sous angle des nouvelles technologies de l'information et de la communication [Clemons et Row, 1992], [Paché, 2000], [Bonet-Fernandez, 2006].

### **1.2.4.2 Pouvoir et ses sources, la théorie des Bases Sociales du Pouvoir**

Les processus du pouvoir sont complexes et souvent déguisés dans le monde de l'entreprise. Il existe un grand nombre de définitions du terme « pouvoir ». Par exemple, [Bowles et Gintis, 1993] ont proposé la suivante : « L'agent A a du pouvoir sur l'agent B si, en imposant ou en menaçant d'imposer des sanctions sur B, A est capable d'affecter les actions de B de telle sorte qu'elles servent les intérêts de A ». Selon [Schutz, 1995] la définition du pouvoir retenue par Bowles et Gintis aurait comme défaut principal de supposer que les moyens du pouvoir sont uniquement les sanctions et les menaces. Les menaces et les sanctions contraignent l'environnement d'action connu par le subordonné mais pas seulement : le pouvoir implique aussi des contraintes sur

l'environnement que le subordonné ne connaît pas, sur sa connaissance elle-même ou sur sa perception des choses (qu'il connaît). La définition de Bowles et Gintis est ainsi considérée comme trop minimaliste et Schutz propose celle-ci : « Si A peut faire faire à B quelque chose qui améliore le bien-être de A, en agissant d'une certaine manière ou en tirant avantage d'une situation, dans laquelle B n'aurait pas pleinement donné son acceptation s'il avait pu choisir librement en pleine connaissance des différentes alternatives, alors A a du pouvoir sur B ».

Caractériser le pouvoir suppose à déterminer ses sources [Filser, 1989]. La théorie des Bases Sociales du Pouvoir de [French et Raven, 1959] identifie cinq (six) sources principales de pouvoir :

1. **Pouvoir de Récompenser.** Cette forme de pouvoir est basée sur la capacité perçue de donner des conséquences positives ou de supprimer celles qui sont négatives.
2. **Pouvoir Coercitif (la Sanction).** C'est la capacité perçue de punir ceux qui ne sont pas en conformité avec vos idées ou demandes.
3. **Pouvoir de l'Expert.** Ce type de pouvoir est basé sur le fait d'avoir des connaissances spécifiques, d'expertise, des capacités ou des qualifications particulières.
4. **Pouvoir du Référent.** C'est la puissance héritée, grâce à l'association avec d'autres qui possèdent le pouvoir.
5. **Pouvoir Légitime** (autorité d'organisation). Cette forme de pouvoir est basée sur la perception que quelqu'un a le droit de dicter un comportement dû à l'élection ou à la nomination, à une position de responsabilité. En outre appelé **Pouvoir Normatif**.
6. Similaire à 3 : **Pouvoir de l'Information.** Cette forme de puissance est basée sur la maîtrise de l'information requise par d'autres afin d'atteindre un but important.

La théorie des cinq Bases Sociales du Pouvoir se fonde sur l'hypothèse selon laquelle le pouvoir et l'influence supposent des rapports entre au moins deux agents. Le point de concentration le plus intéressant pour expliquer les phénomènes de l'influence et du pouvoir social est la réaction de l'agent récepteur : le pouvoir modifie le comportement de celui sur lequel il s'exerce.

French and Raven ont examiné l'effet du pouvoir dérivé des diverses bases de l'attraction et de la résistance. L'*attraction* et la *résistance* sont les sentiments du récepteur envers l'agent qui exerce le pouvoir. Ils concluent que l'utilisation du pouvoir des différentes bases a différentes conséquences. Par exemple, la pouvoir coercitif diminue habituellement l'attraction et provoque une haute résistance. Le pouvoir de récompenser à l'inverse accroît l'attraction et crée des niveaux minimaux de résistance. French and Raven ont également conclu que « plus légitime est perçue la coercition, moins elle produira de résistance et de diminution de l'attention ».

Le pouvoir suppose une relation asymétrique [Perroux, 1973]. Ces asymétries sont de natures diverses (statut, capital physique ou financier, information) et ont la particularité d'être à la fois des conditions et des conséquences de l'exercice du pouvoir. Les relations de pouvoir sont stratégiques dans la mesure où les choix sont produits par les individus en interaction avec leur milieu (par exemple d'autres membres de l'organisation).

#### **1.2.4.3 Sources du pouvoir dans le canal de distribution et dans la chaîne logistique**

La littérature scientifique concernant les relations du pouvoir et leurs conséquences sur l'évolution des canaux de distribution est assez abondante. Parallèlement il existe assez peu des travaux sur le pouvoir dans la chaîne logistique. La cause en est peut être le caractère relativement récent de la problématique.

[Stern, 1969] et [El-Ansary et Stern, 1972] ont été les premiers à définir le pouvoir au sein du canal de distribution. Selon [El-Ansary et Stern, 1972], « le pouvoir d'un membre est sa capacité d'obtenir d'un autre membre du réseau quelque chose qu'il n'aurait pas fait autrement. La dépendance est l'inverse du pouvoir : plus un membre est dépendant d'un autre membre, plus ce dernier a de pouvoir sur le premier ». Donc dans un canal de distribution, « le pouvoir d'un membre du canal est sa capacité à contrôler les variables de décision relative à la stratégie marketing d'un autre membre situé à un niveau différent du canal. Pour que ce contrôle soit qualifié de pouvoir, il doit être différent du niveau de contrôle que l'agent dominé exerçait initialement sur sa propre stratégie ».

Les définitions du pouvoir (quel que soit le champ d'application : économie, marketing, psychologie ou d'autre) convergent vers une caractérisation du pouvoir comme la capacité d'influencer autrui [Emerson, 1962], [Crozier et Friedberg, 1977], [Cox, 2001]. Sur ce point, [Bonet-Fernandez, 2006] propose donc de « penser que la définition du pouvoir et de ses sources dans le canal de distribution et dans la chaîne logistique seraient communes. L'opposition viendrait alors peut-être des conséquences des jeux de pouvoir à la fois en terme de dynamique et d'efficacité opérationnelle de la chaîne ».

De nombreuses recherches ont été conduites sur le thème du pouvoir et de ses sources depuis les travaux fondamentales de French et Raven. [Emerson, 1962], [Hunt et Nevin, 1974], [Crozier et Friedberg, 1977], [Lusch, 1976], [Gaski et Nevin, 1985], [Filser, 1989] et [Wilkinson, 1996] ont enrichi et développé l'approche de French et Raven. [Bonet-Fernandez, 2006] a classifié les sources de pouvoir caractéristiques pour le canal de distribution et la chaîne logistique (tableau 1.5).

**Tableau 1.5.** Synthèse des sources de pouvoir (source : [Bonet-Fernandez, 2006])

Sources de pouvoir émanant du jeu des acteurs dans le canal de distribution	Sources de pouvoir résultant des ressources des acteurs dans la chaîne logistique
<p>[French et Raven, 1959]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Récompense</li> <li>- Sanction</li> <li>- Expertise</li> <li>- Valeur de référence</li> <li>- Légitimité</li> </ul>	<p>[Emerson, 1962]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ressources</li> <li>- Dépendance</li> <li>- Alternatives</li> </ul>
<p>[Hunt et Nevin, 1974]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sources coercitives</li> <li>- Sources non coercitives</li> </ul>	<p>[Crozier et Friedberg, 1977]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Expertise</li> <li>- Maîtrise des relations avec l'environnement</li> <li>- Communication</li> <li>- Utilisation des règles organisationnelles</li> </ul>
<p>[Gaski et Nevin, 1985]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pouvoir coercitif exercé</li> <li>- Pouvoir coercitif non exercé</li> </ul>	<p>[Porter, 1986]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacité à avoir un accès (ou permettre l'accès) au marché final</li> <li>- Taille</li> <li>- Diversification des sources d'approvisionnement ou des marchés</li> </ul>
<p>[Wilkinson, 1996]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Récompenses et sanctions positives pour soumission</li> <li>- Récompenses et sanctions négatives pour insoumission</li> </ul>	<p>[Cox, 2001]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proposition de valeur au client final lors de l'acquisition d'un produit ou d'un service</li> <li>- Apport d'une valeur ajoutée au niveau des processus optimisant les relations entre membres,</li> <li>- Appropriation de la valeur</li> </ul>

Dans le contexte spécifique de la chaîne logistique et dans une logique de ressources comme sources de pouvoir, [Crozier et Friedberg, 1977] ont identifié 4 sources, notamment :

1. *l'expertise* « qui tient à la possession d'une compétence ou d'une spécialisation fonctionnelle difficilement remplaçable » ;
2. *la maîtrise des relations avec l'environnement* où « l'information est du pouvoir... et permet de mieux maîtriser les incertitudes devant affecter l'organisation » ;
3. *la communication* « ayant une grande valeur stratégique » ;
4. *l'utilisation des règles organisationnelles* : « les membres d'une organisation sont d'autant plus gagnants dans une relation de pouvoir qu'ils maîtrisent la connaissance des règles et savent les utiliser ».

L'intérêt de l'analyse de [Crozier et Friedberg, 1977] est de définir les sources de pouvoir comme les ressources et forces de chacune des parties en présence, leurs capacités stratégiques. Les ressources sont à la fois de nature individuelle, culturelle, économique et sociale [Bonet-Fernandez, 2006].

[Porter, 1986] a défini le pouvoir de négociation par trois attributs au sein d'une chaîne logistique :

1. capacité à avoir un accès, ou permettre l'accès au marché final ;
2. taille ;
3. diversification des sources d'approvisionnement (pour le distributeur) ou des marchés (pour le producteur) [Pras, 1991].

[Cox, 2001] identifient trois sources de pouvoir dans une chaîne logistique :

1. la proposition de valeur au client final lors de l'acquisition d'un produit ou d'un service ;
2. l'apport d'une valeur ajoutée au niveau des processus optimisant les relations entre partenaires du réseau ;
3. l'appropriation de la valeur pour permettre la viabilité à long terme des investisseurs.

[Bonet-Fernandez, 2006] constate que les sources du pouvoir d'un **caractère comportemental et organisationnel** et liées aux **jeux d'acteurs** (comme *récompenses, sanctions, valeur de référence et légitimité, communication ou utilisation des règles organisationnelles*) sont inhérentes au **canal de distribution**. Alors que les sources de pouvoir dépendant des **ressources** des membres de l'organisation (comme *expertise, maîtrise de l'information, accès au marché, diversification, taille...*) caractérisent la **chaîne logistique**.

Le pouvoir peut avoir deux conséquences : le conflit ou la coopération. Un conflit est une situation d'opposition entre deux (ou plus) entités, généralement pour l'obtention d'une même ressource (naturelle, stratégique, informatique...), caractérisée par une tension ou un blocage des mécanismes normaux de prise de décision des membres du canal suite à une incompatibilité des objectifs stratégiques et opérationnels [Stern et al., 1996]. Le partage concurrentiel des profits ou l'allocation concurrentielle entre membres du réseau peut être la source du conflit. Pour la chaîne logistique [Bonet-Fernandez, 2006] précise qu' « un management de pouvoir est plus positif pour la chaîne lorsque la relation acheteurs fournisseurs est équilibrée (interdépendance des deux parties) ou de type domination de l'acheteur sur le fournisseur. À l'inverse lorsqu'il y a indépendance entre acheteurs et fournisseurs ou domination du fournisseur sur l'acheteur, le jeu de pouvoir influence négativement la chaîne ». Mais le terme pouvoir n'a pas toujours un impact négatif sur la chaîne. Le pouvoir demeure bilatéral, et les membres du réseau sont interdépendants : « chaque membre du réseau dispose de ressources valorisées, bases de leur pouvoir dans la relation » [Stern et al., 1996].

Dans un canal de distribution la littérature indique souvent que l'acteur situé au plus près de l'information du marché et en relation avec le client final (distributeur) détient le pouvoir [Lambert et Cooper, 2000], [Stern et *al.*, 1996], [Hingley, 2005]. Dans le contexte de la chaîne logistique « bien que le pouvoir et ses sources apparaissent plus diffus et moins concentrés que dans le canal, la littérature indique également que l'acteur au plus près du marché, bénéficiant de la connaissance et de l'information immédiate sur la demande et capable de gérer les flux en temps est le plus à même de contrôler la chaîne logistique et de s'approprier éventuellement une partie de la valeur ainsi créée » [Bonet-Fernandez, 2006], [Lambert et Cooper, 2000].

### **1.2.5 Conclusion et positionnement**

Cette section présente les problématiques majeures liées à l'organisation et à la gestion d'une chaîne logistique. Parmi ceux-ci, le problème de la gestion des stocks retient plus particulièrement notre attention. L'apport de partage d'information à l'optimisation de cette gestion est au cœur de notre travail de recherche, ainsi que les motivations individuelles des acteurs pour l'échange d'information. Nous consacrons la section suivante à l'état de l'art sur la coopération dans une chaîne logistique par le partage d'information.

## **1.3 PARTAGE D'INFORMATION COMME UNE FORME DE COOPERATION**

### **1.3.1 Introduction**

La gestion efficace de la chaîne logistique suppose la coopération dans le réseau et le partage des informations nécessaires à la prise de décision. Nous allons dans cette section nous intéresser aux mécanismes de coordination dans une chaîne logistique. Avant de passer à l'état de l'art sur le partage d'information dans une chaîne logistique, nous donnons dans une première partie les définitions des différents aspects de la coopération.

### **1.3.2 Définitions de la coopération**

La définition de la coopération n'est pas universelle. La coopération est un terme utilisé très largement et qui peut se confondre avec d'autres notions telles que la coordination, la collaboration,

le partenariat, etc. Suivant le domaine et son utilisation, elle peut être considérée comme un concept très large mais aussi un concept restreint. Nous nous proposons ici de développer les différents aspects de la coopération pour structurer le cadre de notre travail.

La notion de coopération entre les entreprises peut être appréhendée suivant de nombreux axes. Par exemple du point de vu de l'économiste, la coopération peut être vue comme la mise en œuvre de relations de partenariat entre les entreprises comme moyen de réponse aux attentes du marché. Du point de vue de la sociologie d'entreprise, la coopération peut être vue comme une alternative au comportement concurrentiel. Dans ce contexte, la coopération s'oppose à la concurrence et la recherche du juste équilibre entre ces deux comportements contrastés est l'enjeu des recherches actuelles. Bien d'autres spécialités s'intéressent à la coopération entre les entreprises ; les juristes, par exemple, sont concernés par les problèmes des contrats de partenariat et de la propriété intellectuelle [Blanchot, 1995].

Le dictionnaire<sup>1</sup> définit la coopération comme « une méthode économique par laquelle des personnes ayant des intérêts communs constituent une entreprise où les droits de chacun à la gestion sont égaux et où le profit est réparti entre les seuls associés au prorata de leur activité ». Ainsi la coopération est une action collective dirigée vers un but commun. Plusieurs définitions de la coopération sont données dans la littérature. [Terssac et Maggi, 1996], [Boujut *et al.*, 2002] et [Erschler, 1996] qui définissent la coopération comme une action collective par laquelle des sujets contribuent à un même résultat. Dans les relations interentreprises, un fonctionnement coopératif est motivé lorsque les entreprises partagent des objectifs et des intérêts communs, et/ou des compétences et des points de vue, et/ou des ressources [Campagne et Sénéchal, 2002].

Plusieurs aspects composent la coopération inter-entreprise. Certains auteurs [Camalot, 2000], [Monteiro, 2001] définissent la coopération relativement à trois fonctions : la coordination, la collaboration et la codécision.

La **coordination** (en lat. *ordinatio* - mise en ordre) vise à synchroniser les actions dans le temps. Elle cherche à gérer la cohérence des actions individuelles par rapport à l'ensemble des activités. Selon [Queré, 2002], la coopération, outre les autres aspects (collaboration et codécision), doit intégrer le besoin de faciliter la coordination d'activités étroitement complémentaires pour la réalisation des processus. La planification des tâches est, par exemple, une action de coordination.

---

<sup>1</sup> Larousse, édition 1983

Pour [Malone et Crowston, 1994], la coordination consiste à gérer une situation de dépendances entre les activités des différentes entreprises au sein de la chaîne logistique. [Claveau et Neubert, 2005] étudie la nature de la dépendance des ressources afin de définir le type de la coordination interentreprises et proposer des dispositifs pour gérer ces dépendances.

La **collaboration** (en lat. *cum* - avec, *laboro* - travailler) implique de travailler ensemble à l'exécution d'une certaine action pour produire un résultat final. Le terme de collaboration s'utilise en lieu et place de coopération lorsque les actions individuelles ne sont pas différenciables. Selon [Boujut *et al.*, 2002], la collaboration suppose le partage d'informations à l'intérieur d'un groupe donné, sans prise de décision collective.

Si plusieurs acteurs collaborent en vue de prendre des décisions, on parlera de **codécision**. Par exemple le vote est une codécision. Les choix individuels ne sont pas différenciés et seul le résultat final compte. La codécision peut être le résultat de mécanismes de *négociation* ou de *renégociation*. La négociation et la renégociation se définissent comme des moyens permettant la coopération entre différents partenaires. Ces mécanismes visent à trouver un compromis acceptable entre les objectifs locaux des différents centres de décisions. Si aucune codécision n'a été prise au préalable, on parlera de négociation ; au contraire si l'objet de la collaboration entre partenaires est la remise en cause d'une décision passée et collective, on parlera de renégociation.

La coopération est souvent pointée comme la pierre angulaire d'une gestion de la supply chain efficace. Nous avons répondu à la question : « qu'est-ce que la coopération ? » Mais pourquoi et comment coopère-t-on ? [Mahmoudi, 2006] dans son mémoire de thèse propose les réponses suivantes à ces questions :

**Pourquoi** coopère-t-on ? : la coopération permet d'accéder à des objectifs inaccessibles autrement. Ces objectifs peuvent s'inscrire dans les objectifs individuels et/ou communs. Plus spécifiquement, la coopération permet :

- d'améliorer les compétences ;
- d'améliorer les performances individuelles ou collectives ;
- d'avoir un avantage concurrentiel ;
- de créer de la confiance entre les différents partenaires...

**Comment** coopère-t-on ? : la coopération nécessite un comportement coordonné de la part des partenaires engagés dans la relation. Ce comportement coordonné peut se baser notamment sur :

- un échange d'informations fiables ;
- un échange de compétences, de méthodes et d'outils de travaux...

### 1.3.3 Partage d'information dans une chaîne logistique

Dans le contexte de coordination entre les membres de la chaîne logistique nous focalisons notre attention sur l'échange d'information. Cette politique de coordination consiste à structurer et gérer l'échange d'information entre les différents partenaires d'un réseau. En effet, il arrive que certaines entreprises possèdent plus d'information (ou de l'information de meilleure qualité) que les autres membres de la chaîne. Ainsi, les partenaires d'une chaîne logistique n'auront en général pas tous le même niveau de connaissance de la demande du marché final, selon leur position dans la chaîne. Par exemple, un détaillant a la possibilité d'obtenir de l'information sur la demande par ses points de ventes. Il peut ensuite refuser de partager cette information avec son fournisseur ou encore décider de la modifier. Le fournisseur dans ce cas devra élaborer ses besoins en capacités et ses plans de production en se basant sur les commandes passées du détaillant. Cette situation peut alors mener à l'effet de coup de fouet décrit par [Lee et *al.*, 1997]. De plus, chaque entreprise n'a pas non plus accès à des informations locales comme le niveau de stock des partenaires de la chaîne, ou encore les structures de coûts internes des autres acteurs, et donc ne connaissent pas l'expression exacte de leurs fonctions d'utilité.

Il existe dans la littérature un nombre important de travaux qui étudient la valeur de partage d'informations dans la chaîne logistique. Les travaux existants se différencient sur beaucoup de points, tel que la structure de la chaîne en question, l'information partagée et le sens du partage, les indicateurs d'évaluation de la valeur de ce partage ainsi que les approches et les applications mise en place pour concrétiser le phénomène de partage d'informations.

#### 1.3.3.1 Les enjeux du partage d'information

##### A. L'effet coup de fouet

Une observation importante dans la gestion de la chaîne logistique est connue sous le nom de l'effet coup de fouet (en angl. *Bullwhip Effect*). Cet effet suppose l'amplification de la fluctuation de la demande de l'aval vers l'amont dans une chaîne logistique. Ce phénomène est principalement lié au manque de partage d'informations. [Baganha et Cohen, 1998] et [Lee et *al.*, 1997] ont étudié ce phénomène. En général nous pouvons classifier les travaux faits sur l'effet coup de fouet dans trois catégories :

1. les recherches sur les causes de ce phénomène (par exemple, [Lee et *al.*, 1997]);
2. les approches mathématiques et analytiques (par exemple, [Chen et *al.*, 2000]);

3. les études sur l'impact de certaines éliminations et traitements, comme le partage d'informations (par exemple, [Lee et *al.*, 2000], [Gavirneni et *al.*, 1999]).

[Lee et *al.*, 1997] ont identifié quatre causes à l'origine de ce phénomène :

*Mise à jour de la prévision de demande.* Quand un partenaire aval émet une commande, le décideur amont traite cette information comme un signal de la demande future. Le décideur amont s'appuyant sur ce signal, réajuste ses prévisions de demande et, en conséquence, les commandes passées auprès de ses fournisseurs.

*Groupage des commandes (économies d'échelle).* Si les cycles de commande de tous les clients d'entreprise étaient répartis identiquement pendant la semaine, l'effet coup de fouet serait minimal. Les ordres des clients se répartissent aléatoirement ou, au pire, se croisent. Quand des cycles de commandes se croisent, la plupart des clients qui ont des commandes périodiques vont commander en même temps. Ceci entraîne une fluctuation de la demande encore plus importante, de sorte que l'effet coup de fouet est à son plus haut niveau.

*Fluctuation des prix.* Quand le prix d'un produit est bas (promotions, réductions), un client achète des quantités supérieures à ses besoins réels. Quand les prix du produit reviennent au niveau normal, le client n'achète plus jusqu'à l'épuisement de son stock. En conséquence, le modèle d'achat du client ne respecte plus son modèle de consommation et donc la variation des quantités d'achat est beaucoup plus grande que la variation du taux de consommation.

*Possibilité de pénurie de fourniture (« Rationing and Shortage Gaming »).* Quand la demande dépasse l'offre, le fournisseur rationne généralement ses livraisons vers les clients. Les clients, sachant que le fournisseur rationnera quand le produit est rare, amplifient leurs besoins réels quand ils commandent. Plus tard, quand la demande diminue, les commandes se réduisent brusquement et il y aura de nombreuses annulations de commande. Pour améliorer la performance de la chaîne logistique il est nécessaire de contrôler ce phénomène. Avec ce contrôle, pour le même taux de service une chaîne logistique a besoin de moins de stock. Une des solutions est le partage d'information.

## **B. Les avantages attendus du partage d'information**

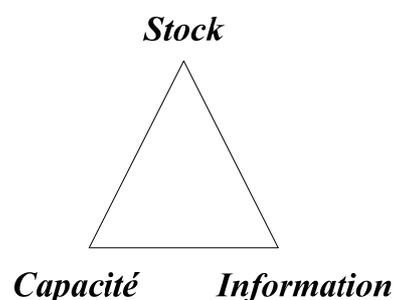
Le partage d'information au sein d'une chaîne logistique peut significativement améliorer la performance globale de la chaîne. En se basant sur des données appropriées et précises, les membres

de la chaîne peuvent prendre de bonnes décisions qui affectent directement la performance des entreprises de la chaîne et finalement, au bout de la chaîne, les ventes aux clients finals. Par exemple, le détaillant est capable de placer une commande au bon moment avec la quantité optimale afin de satisfaire la demande inattendue en observant les informations sur le niveau de stock, sur les délais de livraison et sur les coûts de transport. L'accès aux informations précises et correctes, en utilisant les systèmes d'aide à la décision facilite le contrôle des variations inattendues et indépendantes. De cette manière, les partenaires sont capables d'accéder aux informations partagées et cette accessibilité peut alors être utilisée pour améliorer la conduite des opérations et au final augmenter la performance globale de la chaîne logistique. 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 sur 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 faire face à la complexité de prise de décisions aux différents niveaux de l'horizon de la planification et dans des différentes organisations. Il convient également de noter que le partage d'information peut présenter des risques, entraîner des comportements opportunistes et être, en outre, limité par les problèmes liés à la confidentialité des données.

### C. Un triangle concernant la valeur de l'information

[Lovejoy, 1998] a proposé une relation triangulaire entre trois éléments : l'information, le stock et la capacité. L'idée est qu'une entreprise visant un niveau de service clients considéré, peut jouer sur ces trois éléments comme montrés dans la figure 1.7. Nous pouvons déduire de ce triangle qu'avoir plus d'information permet à l'entreprise, pour un niveau de fonctionnement fixé, de réduire les stocks ou de diminuer la capacité de production ou, pour un niveau de stock et une capacité fixée, d'améliorer le niveau de service client.



**Figure 1.7.** Le triangle de William Lovejoy

Nous pouvons donc dire que la valeur d'information se réfère à l'amélioration de la performance suite à un partage d'informations. Cette amélioration peut s'exprimer soit en termes de réduction des coûts soit d'amélioration du niveau de service. 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 [Chen, 2003]. Le partage d'informations a ainsi l'avantage de réduire l'effet coup de fouet [Lee et *al.*, 1997], [Cachon et Fisher, 2000] et les coûts de la chaîne logistique [Gavirneni et *al.*, 1996], [Swaminathan et *al.*, 1997], [Tan 1999].

### 1.3.3.2 Type d'information partagée

Les informations à partager entre les partenaires de la chaîne se divisent en deux grandes familles : *les informations issues de la partie amont* de la chaîne logistique et *les informations issues de la partie aval*.

En appuyant sur les travaux de [Huang et *al.*, 2003] nous pouvons distinguer différentes informations partagées :

Les informations de la partie aval :

- niveau de stock [Cachon et Fisher, 2000], [Chen et *al.*, 2007] ;
- demande [Lee et *al.*, 1997], [Li et *al.*, 2001], [Miao et Chen, 2005] [Zhang et *al.*, 2007], [Moyaux et *al.*, 2007], [Chen et *al.*, 2007], [Wu et Cheng, 2008], [Li et Zhang, 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) [Güllü, 1997], [Zhao et Xie, 2002] ;
- date d'arrivé de la commande et calendrier des commandes [Fox et *al.*, 2000], [Sahin et Robinson, 2005] ;
- point de vente électronique (electronic point of sale) [Disney et *al.*, 1997], [Dejonckheere et *al.*, 2004] ;
- stock sécurité [Laux et *al.*, 2004].

Les informations de la partie amont :

- délai d'approvisionnement [Chen et Yu, 2005], [Mehrabi et *al.*, 2007] ;

- variance du délai [Anderson et *al.*, 2000] ;
- délai de livraison [Towill, 1996], [Chen et Yu, 2005], [Mehrabi et *al.*, 2006], [Mehrabi et *al.*, 2007] ;
- capacité de production [Huang et *al.*, 2007], [Chen et *al.*, 2007] ;
- qualité [Tsung, 2000] ;
- coûts du processus (process costs) [Lakhal et *al.*, 2001].

Parmi les informations les plus étudiées en termes de partage dans la littérature, nous trouvons l'information **sur la demande** (par exemple, [Lee et *al.*, 1997], [Moyaux et *al.*, 2007], [Li et Zhang, 2008], etc.) qui est une information de l'aval. En ce qui concerne l'information amont (venue de l'amont) nous trouvons l'information **sur le délai de livraison**, par exemple [Mehrabi et *al.*, 2007], [Jia et *al.*, 2007].

Il existe quelques articles qui étudient le cas d'un modèle hybride dans lequel l'information sur le niveau de stock est partagée simultanément dans les deux sens (de l'amont et de l'aval) [Li et *al.*, 2006] et [Li et *al.*, 2001].

### 1.3.3.3 Les critères d'évaluation de la valeur du partage d'information

[Huang et *al.*, 2003] ont analysé plus de 100 publications représentatives sur le partage d'information dans une chaîne logistique. Les auteurs ont distingué cinq catégories d'indicateurs de performance liés à l'échange d'information.

#### ✓ *Indicateurs liés au stockage.*

Coûts de stockage et coûts de rupture de stock, ainsi que coût de passation de commande. Ce type de mesure est largement utilisé dans la littérature. Le niveau de stock, et le niveau de rupture (backorder) comme des indicateurs plus directs, sont aussi utilisés dans quelques travaux. Un autre indicateur de cette catégorie est le stock de sécurité qui est indirectement lié aux coûts de rupture de stock.

#### ✓ *Indicateurs liés au service client.*

Il existe deux façons pour mesurer la satisfaction des clients finaux d'une chaîne logistique : au niveau de la disponibilité des produits et des services et au niveau des livraisons. La disponibilité des biens et des services est mesurable par le taux de service, qui s'exprime comme le rapport entre la demande satisfaite et la demande totale. La qualité de livraison peut être mesurée sous forme de retard, qui est un délai de livraison renégocié.

✓ *Indicateurs liés aux processus.*

Le délai, la qualité, les coûts opérationnels et l'utilisation optimale des ressources (telle que l'utilisation des capacités) sont des indicateurs associés à cette catégorie.

✓ *Indicateurs liés à l'effet coup de fouet.*

C'est l'amplification de la variation des commandes au travers de la chaîne logistique. L'autre façon de calculer cet effet et de mesurer la variance de la demande ou des commandes reçues par chaque entité de la chaîne logistique.

✓ *Indicateurs financiers.*

Les plus courants sont le revenu, le profit, le prix de vente et la rotation de stock Les indicateurs financiers sont un élément très important, permettant d'évaluer les bénéfices du partage d'information.

L'ensemble des indicateurs de performance sont les suivants :

- 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 [Hong-Minh et al., 2000], [Weng, 1999] ;
- coût de passation de commande [Chen et al., 2007], [Zhao et Qiu, 2007] ;
- coût de transport [Zhang et al., 2007] ;
- coût d'installation [Zhang et al., 2007] ;
- coût de partage d'information [Chu et Lee, 2006] ;
- taux de service [Li et al, 2006] et [Swaminathan et al., 1998] ;
- quantité de la commande [Agrawal et al., 2007] ;
- variation de la demande/commande (effet coup de fouet) [Lee et al., 1997], [Agrawal et al., 2007] ;
- profit [Cohen et al., 2003], [Dobson et Pinker, 2006] ;
- temps de rupture [Banerjee et al., 2001] ;
- retard (tardiness) [Fleisch et Powell, 2001] ;
- coûts opérationnels [Lakhal et al., 2001] ;
- mesure de la qualité [Tsung, 2000].

La plupart des travaux analyse la combinaison des coûts. Par exemple il existe des travaux qui utilisent une combinaison de coût de stockage, coût de passation de commande et coût de rupture,

[Gavirneni et *al.*, 1999], [Mehrabi et *al.*, 2006] et [Zhao et Qiu, 2007]. La différence de valeurs entre les scénarios de partage et de non partage représente la valeur du partage d'informations.

Les articles [Cachon et Fisher, 2000], [Lee et *al.*, 2000] et [Huang et Iravani, 2006] ont valorisé le partage d'informations par une combinaison de coût de stockage et de coût de rupture. Les articles [Lee et *al.*, 2000], [Zaojie et Guoying, 2007] ont ajouté à cette combinaison de coûts, l'indicateur du niveau de stock. Les articles [Laux et *al.*, 2004] et [Moyaux et *al.*, 2007] ont analysé en plus le niveau de rupture. Les travaux [Zhao et Xie, 2002] et [Byrne et Heavey, 2006] ont introduit le coût de transport et le coût d'installation dans le but de valoriser la valeur du partage d'informations.

Dans l'article [Chu et Lee, 2006], les auteurs ont comparé les gains apportés par le partage d'information par rapport au coût de partage de l'information afin de le valoriser. [Li et Zhang, 2008] ont traité le cas d'un coût total du système sans spécifier sa composition.

#### **1.3.3.4 Les approches employées pour mettre en évidence la valeur du partage d'information**

Dans la littérature existante, deux approches majeures sont utilisées pour quantifier la valeur d'information, à savoir l'approche par simulation et l'approche analytique.

##### **A. L'approche simulation**

La simulation présente une approche efficace pour l'analyse et l'évaluation détaillées des problèmes de conception et de gestion de la chaîne logistique [Swaminathan et *al.*, 1997]. Les nombreux chercheurs ont utilisé des modèles de simulation pour étudier le problème du partage d'information, comme par exemple les suivants :

- ✓ simulation de flux à événements discrets [Mahmoudi, 2006] ;
- ✓ multi-agents [Kimbrough et *al.*, 2000], [Lau et *al.*, 2002], [Lau et *al.*, 2004], [Laux et *al.*, 2004] ;
- ✓ dynamique des systèmes [Zhao et Xie, 2002] ;
- ✓ Matlab [Guo et *al.*, 2006] ;
- ✓ Simulink [Guo et *al.*, 2006] ;
- ✓ algorithme génétique [Mehrabi et *al.*, 2007] ;
- ✓ langage orienté objet C++ [Zhang et *al.*, 2007].

## **B. L'approche analytique**

Dans l'approche analytique, les caractéristiques (propriétés) d'un modèle de la chaîne logistique sont étudiées en utilisant des théories mathématiques. [Lee et *al.*, 1997], [Liu et Zhao, 2007], [Wu et Cheng, 2008] et d'autres ont utilisé l'approche analytique. [Cachon et Fisher, 2000], [Huang et *al.*, 2007], [Tian et Huang, 2007] ont validé leurs approches sur des données aléatoires.

[Corbett et *al.*, 2004], [Cachon et Larivière, 2001], [Chen, 2003] et d'autres ont modélisé la coordination de la chaîne logistique par le partage d'information à l'aide de la théorie des jeux. Un état de l'art plus étendu sur cette problématique est présenté dans la section 1.4.

### **1.3.4 Conclusion**

Plusieurs auteurs qui s'intéressent au partage d'information dans le contexte de chaînes logistiques, constatent que la propagation de l'information a des effets bénéfiques sur la performance de chaîne et les entreprises qui la constituent. En effet, la performance du système décentralisé (décideurs autonomes) est souvent inférieure au système centralisé (gérée par une seule entité fédératrice) qui conduit à un optimum global. Les décideurs de la chaîne logistique sont autonomes et, bien évidemment, ils agissent de façon égoïste dans le but d'augmenter leur propre utilité. Les agents ont-ils vraiment intérêt à coopérer et à partager l'information ? Un outil privilégié pour analyser les interactions stratégiques entre les membres de la chaîne est la théorie des jeux. Dans la prochaine section nous présenterons l'état de l'art sur la coordination de la chaîne logistique analysée à l'aide de la théorie des jeux.

## **1.4 MODELISATION PAR LA THEORIE DES JEUX DE COORDINATION DANS UNE CHAINE LOGISTIQUE**

### **1.4.1 Introduction**

Dans une chaîne logistique, plusieurs centres de décisions interagissent. Le but de chacun est d'augmenter sa performance par rapport à ses critères locaux. L'optimisation individuelle est souvent effectuée d'une façon concurrentielle et conduit parfois à une perte d'efficacité pour l'ensemble de la chaîne et pour les entreprises qui la composent. La théorie des jeux permet d'analyser les situations dans lesquelles la décision d'un acteur a une influence sur la fonction d'utilité des autres acteurs du jeu. En effet, la théorie des jeux permet de prévoir les comportements d'acteurs rationnels dans différents contextes d'interaction et d'information : situations de conflit, de

dominance ou de coopération, information imparfaite ou incomplète.

Dans cette section de l'état de l'art sur les chaînes logistiques nous présenterons des papiers qui analysent la coordination par la théorie des jeux. Nous décrirons la coordination de la chaîne par mécanisme de contrat et de VMI (Vendor Manager Inventory) et ensuite nous focaliserons notre attention sur la coordination dans les situations caractérisées par l'asymétrie d'information.

### 1.4.2 Théorie des jeux – généralités, équilibre de Nash

La théorie des jeux a connu une hausse d'intérêt dans le domaine des sciences économiques et sociales un siècle après les premiers travaux de [Cournot, 1838] et de [Bertrand, 1883] qui ont analysé des marchés oligopolistiques. Depuis les économistes ont travaillé sur différents modèles de jeux théoriques, mais on considère que les pères de la théorie des jeux moderne sont John von Neumann et Oskar Morgenstern [von Neumann et Morgenstern, 1944].

La théorie des jeux s'occupe des problèmes d'optimisation interactive. Cette théorie nous aide à analyser et comprendre le comportement des nombreuses parties prenantes qui interagissent dans le processus de prise de décision. C'est un outil d'analyse de situations dans lesquelles les parties s'efforcent de maximiser leurs propres utilités (espérés) en même temps qu'elles choisissent leur stratégie. Au final, les bénéfices de chaque partie dépendent de vecteur des stratégies choisies par l'ensemble des joueurs. La plupart des situations économiques peuvent être modélisées par un « jeu » car, dans toute interaction impliquant deux parties au minimum, le profit de chacune dépend des actions de l'autre. Donc le thème essentiel dans la théorie des jeux est **interactions**.

Les jeux peuvent être de type coopératif ou non coopératif, jeux répété ou non-répété, jeux à somme nulle avec des acteurs individualistes ou à somme non nulle dans lesquels la concertation est souhaitée, et où le paradoxe « coopération » apparaît.

L'équilibre de Nash (qui porte le nom de son inventeur) a permis le développement de nombreuses applications de la théorie des jeux. Nash a proposé un critère de choix des stratégies plus strict que la simple élimination des stratégies dominées. « Chaque joueur est doté d'un ensemble d'actions, et le résultat du jeu – c'est-à-dire la valeur de la fonction objectif de chacun des joueurs – dépend des actions choisies par tous les joueurs. Un ensemble d'actions (une pour chaque joueur) forme un équilibre de Nash si l'action de chaque joueur est la meilleure pour ce joueur, étant données les actions des autres joueurs » [Tirole, 1983]. En d'autres termes, dans l'équilibre de Nash chaque

joueur choisit la meilleure stratégie (parmi les stratégies possibles) étant donné les stratégies choisies par les autres joueurs.

### **1.4.3 Coordination dans une chaîne logistique modélisée par la théorie des jeux**

#### **1.4.3.1 Jeux coopératifs**

Les travaux de recherches développés en théorie des jeux peuvent en premier lieu être classés entre jeux coopératifs et jeux non-coopératifs. La théorie des jeux coopératifs se focalise sur la valeur de la coopération, c'est-à-dire la valeur qu'un ensemble de joueurs peut créer en coopérant, sans préciser les actions spécifiques que les joueurs doivent entreprendre afin de créer cette valeur. Les jeux coopératifs modélisent les situations où les joueurs peuvent se grouper en coalitions, les actions des joueurs seront alors menées conjointement de façon à atteindre un objectif commun. Donc, les jeux coopératifs sont bien adaptés pour analyser les interactions et l'apport de la coopération interentreprises au niveau stratégique, par exemple pendant la phase de conception de la chaîne logistique. Les jeux non-coopératifs sont mieux adaptés pour modéliser les effets des décisions décentralisées sur les performances de la chaîne aux niveaux tactique et opérationnel. [Cachon et Netessine, 2004] et [Leng et Parlar, 2005] fournissent des revues de littérature sur les applications des concepts de la théorie des jeux dans le domaine de la gestion de chaînes logistiques.

Une analyse des chaînes logistiques par les jeux coopératifs est par exemple présentée dans [Ling et Feiqi, 2007], [Muller *et al.*, 2002], [Hartman *et al.*, 2000], [Hartman et Dror, 2003], [Hartman et Dror, 2005]. Dans la théorie des jeux coopératifs, les actions des acteurs individuels ne sont pas spécifiées. A l'inverse, la théorie des jeux non-coopératifs se focalise sur les actions spécifiques des joueurs. Plus récemment, une forme hybride du jeu qui est le mélange des aspects des jeux non-coopératifs et des jeux coopératifs a été proposé sous le nom de *jeu biforme* [Brandenburge et Stuart, 2007]. Un jeu biforme peut être interprété comme un jeu non-coopératif, mais ayant comme résultats des jeux coopératifs. Les jeux biformes en comparaison avec les jeux coopératifs sont beaucoup plus traités dans la littérature sur la gestion de chaînes logistiques [Anupindi *et al.*, 2001], [Plambeck et Taylor, 2005], [Chatain et Zemsky, 2007], [Wong *et al.*, 2007].

### 1.4.3.2 Jeux non-coopératifs

Nos travaux de recherche sont quant à eux basés sur des modèles de jeu non coopératifs, où chaque acteur prend séparément ses décisions pour maximiser individuellement sa fonction d'utilité, sans concertation préalable avec les autres joueurs, ce qui permet de modéliser des chaînes logistiques où les mécanismes de prise de décision sont totalement répartis. Dans le domaine des recherches sur les chaînes logistiques, la fonction d'utilité à optimiser correspond le plus souvent au profit individuel de chaque entreprise de la chaîne. Notons qu'une conséquence classique de l'aspect non-coopératif est que les profits issus d'une optimisation locale seront souvent inférieurs à l'optimum global.

Ce dernier aspect a notamment été montré par [Cachon et Zipkin, 1999], qui ont utilisé une approche par des jeux non coopératifs pour modéliser la gestion de stock dans une chaîne logistique. Ces auteurs ont ainsi analysé une chaîne constituée d'une part d'un détaillant ayant une demande aléatoire stationnaire et d'autre part de son fournisseur. Dans ce modèle, les entreprises gèrent leurs stocks avec une politique de stock nominal (Base Stock) dans laquelle une commande effectuée à chaque période ramène la position de stock à un niveau de reapprovisionnement optimal prédéterminé. Le problème de chaque acteur est donc de trouver le niveau de reapprovisionnement qui minimise son coût moyen. L'optimum global est calculé en prenant en compte la somme des stocks de la chaîne, tandis que l'optimum local est déterminé séparément par chaque entreprise en minimisant localement son stock individuel. A l'arrivée, les auteurs ont montré que le jeu statique (non itéré) de minimisation locale de niveau de stock possède un équilibre de Nash, qui n'est pas une solution optimale, et que l'optimisation globale centralisée représente la borne supérieure de performance atteignable par la chaîne décentralisée.

A la suite de ce constat, différents mécanismes de coordination ont été proposés pour se rapprocher de la borne supérieure de performance. Notons que ces mécanismes ne sont pas considérés comme des coalitions et restent donc bien dans le domaine de jeux non coopératifs, car ils conservent le principe de prise de décision décentralisée dans la chaîne logistique, préservant ainsi l'indépendance de chaque entreprise. Parmi ces mécanismes figurent essentiellement les contrats, la coordination par VMI et l'échange d'information. (Cette liste n'est pas exhaustive, plusieurs techniques de coordination existent, comme par exemple : les prévisions collaboratives (en angl. *Collaborative Forecasting*), la planification collaborative (en angl. *Collaborative Planning*), etc.)

### 1.4.3.3 Coordination par contrat

#### A. Définition de contrat

Un contrat est avant tout un document précisant l'ensemble des engagements entre les entreprises lors d'une relation marchande (généralement échange monétaire contre un bien et/ou un service). Un contrat est l'affirmation des droits et obligations de chaque partie pour des transactions [Penguin Dictionary of Economics, 2003]<sup>1</sup>, dans laquelle les parties affectées s'accordent à réaliser ou non des actes ou des services spécifiques.

Mais d'un point de vue purement économique, le contrat est un document qui précise les conditions de l'échange marchand, aussi bien au niveau monétaire (aspect particulièrement étudié par les économistes) qu'au niveau des flux physiques et des flux informationnels. Mais également au-delà du « Prix d'échange = recette unitaire pour l'une et coût d'achat unitaire pour l'autre », les contrats vont déterminer le comportement de chaque entreprise compte tenu de ses objectifs de rentabilité (de maximisation du profit pour reprendre les termes économiques usuels). En effet, le principal argument avancé dans la littérature est que 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. »

#### B. Coordination par contrat

Des nombreux auteurs ont utilisé des contrats comme mécanismes de coordination pour augmenter la performance d'une chaîne logistique à décisions décentralisées. Les contrats s'adressent aussi bien à des situations mono- que multi-périodes. Ces différents types de contrats visent à coordonner la chaîne efficacement, c'est à dire à assurer non seulement que les entreprises choisissent simultanément le même niveau de production, mais que ce niveau les amène également vers la meilleure solution (i.e. optimale au sens Pareto<sup>2</sup>).

---

<sup>1</sup> "A contract is a statement of the rights and obligations of each party to a transaction or transactions"

<sup>2</sup> Définitions :

- *une issue domine strictement une autre issue* si les deux joueurs obtiennent des profits strictement meilleurs dans la première plutôt que dans la deuxième ;
- *une issue est un optimum de Pareto* si on ne peut pas trouver une autre issue qui améliore simultanément le gain des deux joueurs. Un optimum de Pareto n'est strictement dominé par aucune issue ;
- *une issue Pareto dominante* est une issue qui Pareto domine toutes les autres issues.

Ainsi en situation mono-période (c'est-à-dire quand les invendus sont perdus en fin de période), les contrats de rachat [Cachon, 2002] et de partage de revenu [Giannoccaro et Pontrandolfo, 2004], [Cachon et Lariviere, 2005] mènent à des niveaux de stock optimaux de la chaîne (par rapport à la demande finale), qui maximiseront les espérances de profits à la fois pour le donneur d'ordres et pour le fournisseur. Ces auteurs montrent que ces deux contrats coordonnent efficacement la chaîne par des transferts monétaires appropriés entre les deux acteurs. [Cachon et Zipkin, 1999], puis [Cachon, 2001] ont proposé un modèle de paiement de transferts linaires qui permet d'augmenter la performance de la chaîne décentralisée jusqu'à celle de la chaîne centralisée.

Il existe par ailleurs des contrats multi-périodes qui se distinguent des contrats mono-période par la possibilité de constituer un stock en fin de période. Avec les contrats multi-périodes, la chaîne est coordonnée efficacement s'il existe un niveau de reconstituer qui maximise simultanément les espérances de profit du donneur d'ordres et du fournisseur. Deux contrats principaux ont été mis en évidence pour coordonner efficacement la chaîne : les contrats de quantité flexible (voir par exemple [Tsay et Lovejoy, 1999], [Barnes-Schuster et *al.*, 2002] et de rachat [Cachon, 2002].

Les contrats susnommés ne sont pas toujours efficaces dans la vie industrielle. Par exemple pour le contrat de partage de revenu [Cachon et Lariviere, 2005] ont décrit quelques limites. La première limite c'est que le contrat de partage de revenue ne coordonne pas en général la chaîne avec plusieurs donneurs d'ordres – rivaux (distributeurs), lorsque le revenu de donneur d'ordres ne dépend que de ses prix et quantité mais aussi ceux des autres donneurs d'ordres. Pour ces chaînes logistiques il est nécessaire de mettre en œuvre des contrats plus complexes, par exemples avec les paramètres supplémentaires ou avec les transferts financiers non linéaires. La deuxième limite de ce contrat, qui est probablement plus important que la première, c'est les coûts de contrôle imposés aux entreprises. En effet, avec le contrat de partage de revenu le F doit contrôler les revenus du D/O afin de vérifier qu'ils sont partagés conformément. Les gains de la coordination ne couvrent pas toujours ces coûts de contrôle. Finalement, le contrat de partage de revenu ne coordonne pas la chaîne lorsque le D/O peut influencer la demande par des efforts coûteux et non contrôlables. Néanmoins le F peut choisir ce contrat si le coût de ses efforts est suffisamment petit.

Il faut également noter que les chaînes logistiques sont souvent caractérisées par la domination d'un des acteurs de la chaîne. Lorsque les décisions sont décentralisées avec un acteur dominant il s'agit des jeux de Stackelberg. [Arda et Hennet, 2006], [Arda, 2008] ont étudié une chaîne logistique à deux niveaux où le D/O-producteur (qui est le leader) propose un contrat à son fournisseur. Le contrat analysé relie le prix d'achat du producteur au délai d'approvisionnement observé. Le leader impose un contrat qui limite son stock et augmente donc son profit. Le fournisseur a le choix d'accepter ou de refuser le contrat. L'application de ce contrat pour les valeurs optimales de ses

paramètres élève les performances globales du système décentralisé au niveau de celles du système centralisé. Ce contrat permet au producteur d'obtenir l'espérance de profit totale du système centralisé, en laissant le fournisseur avec une espérance de profit nulle.

Dans [Hennet et Arda, 2008] les auteurs ont étudié les différents types de contrats entre les partenaires industriels d'une chaîne logistique : contrat de prix de gros, contrat de réservation de capacité et contrat de partage de coût de rupture par les transferts de paiements. Chaque contrat est caractérisé par plusieurs paramètres dont les valeurs sont déterminées par l'optimisation et la négociation, en utilisant un modèle analytique. Le modèle combine la théorie de files d'attente pour les aspects d'évaluation et la théorie des jeux à des fins décisionnelles. Pour les contrats étudiés dans l'équilibre de Stackelberg, le leader obtient la valeur maximale de sa fonction d'utilité alors que les suiveurs sont maintenus à leur niveau minimal acceptable de satisfaction. Dans ce travail les auteurs soulignent l'importance des contrats dans la réalisation de l'optimum global de la chaîne. Ces contrats doivent être en mesure de présenter des caractéristiques comme : la dépendance du prix d'achat du retard du délai de livraison et les mécanismes d'ajustement pour les prix dus à des retards.

Nous étudions dans le présent manuscrit de thèse le couple fournisseur – donneur d'ordres liés par le contrat des prix des gros, qui est très répandu dans le monde industriel.

#### **1.4.3.4 Coordination par VMI**

Outre les contrats, une autre politique de coopération consiste à mettre en place entre le producteur et son fournisseur une solution de type VMI, qui revient à confier au fournisseur la responsabilité de gérer les stocks du donneur d'ordres pour ses produits, de manière à faciliter le réapprovisionnement.

[Holmström, 98] présente un cas d'étude de ce dispositif entre un vendeur et un grossiste. Il souligne qu'une implémentation de VMI réduit d'une façon considérable la variabilité de la demande du vendeur, mais ne présente pas une preuve de l'augmentation de l'efficacité opérationnelle une fois l'implémentation du VMI réalisée. Par contre, les coûts de gestion du grossiste et les niveaux de stocks d'entrée et de sortie du vendeur sont réduits.

Ce mécanisme est aussi étudié par exemple dans l'article de [Dong et Xu, 2002] qui montrent que le VMI est toujours profitable pour le producteur à court et long terme, le profit du fournisseur pouvant quant à lui varier. En effet, le VMI ne permet de réduire le coût total de stockage de la chaîne que

pour certaines structures des coûts des acteurs. Ceci peut avoir comme conséquence une réduction des prix de ventes du fournisseur et donc de ses profits. En outre, le VMI ne permet pas d'augmenter les profits des entreprises jusqu'au maximum réalisable dans une chaîne logistique totalement centralisée.

[Lapide, 2001], en se basant sur son expérience comme consultant des projets, souligne que le VMI nécessite l'intégration rigoureuse des besoins du donneur d'ordres en approvisionnement dans les processus et les systèmes de planification opérationnels, ce qui est rarement le cas selon l'auteur.

#### **1.4.3.5 L'asymétrie d'information**

Il est rare que les chaînes logistiques actuelles disposent d'une connaissance totale des acteurs et des décisions ou des résultats. Il est courant qu'une firme ait une meilleure prévision de la demande qu'une autre ou qu'elle ait une meilleure information sur ses propres coûts et procédures de fonctionnement. La théorie des jeux donne des outils pour étudier des problèmes de coordination dans une chaîne logistique avec une asymétrie de l'information.

[Corbett et *al.*, 2004] ont analysé une chaîne logistique composée d'un producteur et d'un fournisseur. Deux types de jeu sont analysés. Un jeu avec information complète et un jeu avec information incomplète, dans lequel le coût unitaire de production du producteur est inconnu du fournisseur (ce coût est une variable aléatoire pour le fournisseur). C'est en échangeant l'information sur le coût de production que les décideurs parviennent à se coordonner.

[Viswanathan et Piplani, 2001] proposent un modèle pour étudier et analyser les bénéfices de coordonner la chaîne d'approvisionnement à travers une gestion partagée des niveaux et fréquences de rechargement des stocks. Le vendeur précise un niveau de rechargement à tous les acheteurs et exige le respect des délais. Le fournisseur offre une remise de prix pour inciter les acheteurs à accepter cette stratégie. Les remises de prix qui seront offertes par le vendeur sont déterminées par la résolution d'un jeu (Stackelberg game), qui est un jeu stratégique séquentiel où une firme leader décide en premier et des firmes suiveuses jouent ensuite. Après avoir développé une méthode pour résoudre le jeu, une étude numérique est menée pour évaluer le bénéfice de telles stratégies de coordination.

D'autres auteurs comme [Corbett, 2001] et [Chen, 2005] ont également approfondi les liens entre contrats et incitations au partage d'information, et montré qu'un contrat pouvait aussi être un vecteur favorisant l'échange d'information. Ainsi [Cachon, 2002] montre que le contrat de prix de gros

permet de révéler l'information sur la demande du marché, mais n'augmente pas les profits des entreprises jusqu'au maximum. Il montre également que le contrat d'option avec pénalité coordonne efficacement la chaîne et permet l'échange des vraies prévisions. Il reconnaît cependant que ce contrat est peu pertinent en contexte de réalité industrielle.

Les jeux avec asymétrie d'information peuvent être classés en *Screening*, *Signaling* et *Jeux de Cheap-talk*. En *Screening*, le joueur le moins informé essaie de présenter les motivations pour que le joueur le plus informé transmette ses informations privées. Le *Signaling* correspond au cas où un membre informé transmet des « signaux » (informations) à un membre non informé. L'information partagée dans les jeux de signaux entre dans la fonction d'utilités d'un ou plusieurs joueurs. Les jeux de « cheap talk » diffèrent des jeux de signaux en ce sens que le « message » (information partagée) est non coûteux et ne rentre pas dans les fonctions des utilités des joueurs (le message est « gratuit »).

Une revue des nombreuses études sur le partage d'information et son impact sur la coordination de la chaîne est présentée dans [Chen, 2003]. Il a étudié les jeux non-coopératifs, notamment *Screening* et *Signaling*.

### A. Signaling

[Cachon et Larivière, 2001] ont étudié le jeu de réservation de capacité entre le fournisseur et le donneur d'ordres, où le donneur d'ordres possède l'information privée sur la demande du marché. Les prévisions du donneur d'ordres sont de type binaire : demande haute ( $H$ ) ou basse ( $L$ ), et caractérisent aussi le type du donneur d'ordres  $H$  ou  $L$ . Le fournisseur sait que le donneur d'ordres de type  $L$  (le donneur d'ordres adressant une demande basse) a une tendance de transmettre des prévisions fausses pour obtenir une capacité de production plus élevée. Avec le simple contrat de prix des gros le fournisseur n'est pas capable de distinguer le type du donneur d'ordres auquel il fait face. En vue d'inciter le fournisseur à avoir plus de stock pour éviter des ruptures en cas de demande haute, le donneur d'ordres propose le *Signaling* contrat. Les auteurs se focalisent sur les équilibres distinguant un donneur d'ordres du type  $H$  d'un donneur d'ordres du type  $L$ . Plus précisément, dans les équilibres considérés, un donneur d'ordres du type  $H$  offre seulement un contrat du type  $H$  tandis qu'un donneur d'ordres du type  $L$  offre seulement un contrat du type  $L$ . Par conséquent, en observant le type du contrat offert, le fournisseur apprend le type du donneur d'ordres. Les auteurs montrent, qu'un donneur d'ordres du type  $H$  peut signaler son type au donneur d'ordres sans frais à travers le contrat qu'il propose dans le cas où le fournisseur est obligé de choisir une capacité de production égale à la quantité maximale de commande. Par contre, quand le fournisseur est libre de choisir une

capacité de production inférieure à la quantité maximale de commande, le fournisseur est obligé de payer des frais supplémentaires, :

- soit en offrant un prix d'achat unitaire plus élevé ;
- soit par un paiement de transfert fixe complémentaire en comparaison avec le cas d'information complète ;
- soit en déclarant une quantité minimale de commande qui induit des frais supplémentaires seulement si la demande réalisée est inférieure à la quantité déclarée.

## **B. Screening**

Lorsque l'un des membres de la chaîne logistique est moins informé, il peut offrir un contrat pour inciter la partie mieux informée à partager son information privée. Ces contrats sont appelés des *Screening Contracts*. Dans cette catégorie [Porteus et Whang, 1999] étudient le jeu entre le donneur d'ordres et son fournisseur. Dans ce jeu le fournisseur qui n'a pas d'accès direct aux informations du marché propose le contrat à son donneur d'ordres qui est plus informé sur la demande finale. Les autres auteurs comme [Ha, 2001] et [Corbett et al., 2004] ont aussi étudié les jeux *Screening*.

[Ozer et Wei, 2006] ont étudié le jeu de réservation de capacité similaire à [Cachon et Lariviere, 2001] entre le donneur d'ordres et son fournisseur, mais ils ont analysé les deux jeux : *Signaling* et *Screening*. Le fournisseur est responsable de la réservation de capacité nécessaire avant de recevoir une commande du donneur d'ordres qui possède des prévisions privées pour son produit final... Le premier contrat est un contrat non-linéaire de réservation de capacité avec lequel le donneur d'ordres s'engage à payer une somme fixe à l'avance (redevance) pour une capacité réservée. Le second contrat est un contrat d'achat à l'avance sous lequel le donneur d'ordres est amené à placer une commande ferme avant que le fournisseur commence son cycle de production. Le contrat de réservation de capacité permet au fournisseur de détecter les prévisions privées du donneur d'ordres, alors que le contrat d'achat à l'avance permet au donneur d'ordres de signaler ses prévisions de ventes. Les auteurs montrent que la coordination dans la chaîne est possible en combinant le contrat de l'achat en avance (*a capacity commitment contract*) avec un contrat de rachat (un accord de remboursement).

## **C. Jeux de cheap-talk**

[Ren et al., 2006] ont étudié le jeu de réservation de capacité similaire à [Cachon et Lariviere, 2001]. Les auteurs ont modélisé une chaîne logistique composée d'un donneur d'ordres et d'un fournisseur qui lui loue ses capacités. Les partenaires sont liées par le contrat de prix des gros. A la différence de

[Cachon et Lariviere, 2001], [Ren et *al.*, 2006] ont analysé le jeu de type cheap-talk, où l'information partagée est un message sur le niveau de la future demande. Les auteurs ont ainsi modélisé un jeu non répété et un jeu répété sur l'échange de prévisions de la demande. Ils ont montré que dans le jeu non répété, l'équilibre de Nash est sous-optimal et ne permet pas un échange d'information fiable. Dans le jeu répété les auteurs proposent des stratégies pour qu'une coopération s'établisse et que les deux joueurs augmentent leurs profits jusqu'à l'optimum réalisable en situation de décision centralisée.

#### **D. Jeux répétés**

Les jeux non-répétés de cheap-talk sur le partage des prévisions ne coordonnent pas la chaîne (voir [Cachon et Lariviere, 2001], [Ren et *al.*, 2006]). Lorsque les jeux de cheap-talk sont joués plusieurs fois, il est généralement difficile de savoir si la coordination peut être soutenue tout au long des périodes. [Morris, 2001] considère deux types d'émetteurs avec des préférences différentes sur les actions du récepteur. L'auteur constate que l'information fiable n'est partagée même dans les jeux répétés à l'infini.

D'autre part, [Stocken, 2000] étudie la possibilité que l'entreprise divulgue l'information privée à un investisseur extérieur. Dans son article Stocken montre que le gestionnaire ne dispose pas d'une incitation à révéler l'information fiable en jeu de cheap talk non-répété, mais peut être motivé à le faire si un tel jeu est joué à plusieurs reprises.

Pour les jeux répétés [Ren et *al.*, 2006] proposent des stratégies pour qu'une coopération s'établisse et que les deux joueurs augmentent leurs profits jusqu'à l'optimum réalisable en situation de décision centralisée. Les auteurs ont analysé deux stratégies spécifiques : stratégie à seuil (en angl. *Trigger Strategy*) et *Review Strategy*. Selon une stratégie à seuil chaque joueur commence par coopérer puis il continue à coopérer tant que l'adversaire fait de même. Une fois que l'adversaire le trahit il arrête de coopérer et passe dans une phase de punition pendant laquelle il trahit un certain nombre de périodes consécutives. Après la phase de punition le joueur recommence à coopérer jusqu'à la trahison suivante. [Ren et *al.*, 2006] ont montré, qu'ils existent des stratégies à seuil avec un taux d'actualisation, un seuil de confiance (pour le fournisseur et pour le donneur d'ordres) et une durée de période de punitions tels que la coopération s'installe. Ils ont analysé aussi la stratégie *Review*, qui est une variante de stratégie à seuil pour les situations dans lesquelles les joueurs ne peuvent pas distinguer avec certitude la stratégie jouée par l'autre : la coopération ou la trahison. La stratégie *Review* propose, dès qu'il y a un doute sur la coopération de l'adversaire, de passer en phase de *Review*. [Ren et *al.*, 2006] ont démontré qu'avec la stratégie *Review* adaptée par deux

joueurs, l'équilibre correspond à la coopération mutuelle, mais aussi que la probabilité de passer en phase de punition (phase non coopérative) tend vers 0.

#### **1.4.4 Conclusion et notre positionnement**

A la suite de cette étude de littérature, nos recherches ont été positionnées sur l'étude des mécanismes de coordination par échange d'information sur les prévisions (message de type cheap-talk), en utilisant le contrat de prix de gros très répandu en industrie. Nous utilisons un processus de gestion de stock au lieu d'un processus de réservation de capacité [Cachon et Lariviere, 2001], [Ren et al., 2006]. Cela nous permet de conserver les stocks invendus d'une période à l'autre et de tester différentes politiques de réponse à la demande (MTS et MTO) pour chaque acteur de la chaîne logistique.

La théorie des jeux suppose la rationalité parfaite des agents. En réalité, les choix des managers sont souvent plus « qualitatifs », plus « intuitifs ». Il s'agit surtout pour les managers de combiner leurs compétences et leur aptitude à percevoir le « réel » avec les différentes démarches plus analytiques. D'autre part, les agents économiques peuvent intégrer des éléments de décision non pris en compte par la théorie des jeux (comme par exemple, la bienveillance, la confiance, la réputation). Pour ces raisons dans le cadre du travail exposé ici, la méthodologie d'économie expérimentale est utilisée afin de compléter des résultats théoriques fournis par la théorie des jeux dans le but d'analyser des comportements réalistes de décideurs, en situation de jeu itéré. Nous recherchons notamment à analyser les possibles remises en cause de l'équilibre de Nash démontré en théorie. Par conséquent la prochaine section est consacrée à l'état de l'art sur les méthodologies de l'économie expérimentale.

### **1.5 ECONOMIE EXPERIMENTALE**

#### **1.5.1 Introduction**

Depuis quelques années, les méthodes expérimentales sont de plus en plus employées en économie. Le "prix Nobel" d'économie en 2002 a été remis à Vernon Smith et Daniel Kahneman pour leurs travaux d'application des méthodes expérimentales aux sciences économiques. L'économie expérimentale consiste à observer les comportements économiques individuels et/ou collectifs dans les conditions de laboratoire, et à analyser statistiquement les résultats dans le but de tester les hypothèses de comportement des modèles économiques.

L'expérimentation économique suppose la reconstitution, dans des conditions de laboratoire, d'une situation économique. L'ensemble des données caractérisant la situation dans laquelle la décision est prise par des sujets doit être contrôlé par l'expérimentateur. L'étude en laboratoire permet d'isoler les éléments de la décision individuelle. La répétition de l'expérience permet d'en tirer des conclusions robustes.

## 1.5.2 Notions générales de l'économie expérimentale

### 1.5.2.1 La théorie de la valeur induite

Le principe de la démarche d'économie expérimentale est de convoquer des sujets (très souvent, des étudiants) à participer à un jeu stratégique, selon des règles définies par avance par les expérimentateurs. Les règles du jeu permettent de reconstruire la situation économique réelle. Chaque joueur représente un agent économique. Le protocole du jeu décrit les caractéristiques des agents économiques, comme par exemple les fonctions d'utilité des agents, les dotations monétaires, les informations disponibles, etc. Les joueurs sont motivés par des gains monétaires et payés en cash. Un gain (ou une perte) est le résultat des décisions prises par un sujet, de telle manière que les effets économiques de ces choix aient un impact concret et objectivable pour ce dernier.

La théorie de la valeur induite de [Smith, 1976] est basée sur le fait que chaque joueur doit assumer les conséquences financières des choix qu'il a effectués au cours de l'expérience. Les joueurs étant néanmoins des individus *a priori* tous différents, la pertinence de l'expérimentation économique repose sur le contrôle des paramètres expérimentés. Cette théorie est construite autour de principes suivantes.

- Le premier principe est *l'instabilité (non satiation)* : l'agent préfère toujours disposer de plus de rémunération que ce qu'il détient déjà, ce qui signifie que l'utilité de chaque joueur est une fonction monotone croissante de ses gains.
- Le deuxième principe est la *proéminence (salience)*, ce qui signifie que, pour chaque joueur, la prime correspond à une fonction claire, par exemple, une fonction de profits ou d'utilité, qu'il connaît parfaitement, de ses actions possibles et des éventuelles actions des autres joueurs.
- Le troisième principe est *la position dominante (la dominance)* : les gains monétaires dans l'expérience expliquent les actes des joueurs mieux que tout autre facteur, ce qui signifie que toutes autres influences que les gains sur le joueur sont négligeable pour sa prise de décision dans l'expérience.

- Le quatrième principe est *le secret* : chaque agent n'est informé que de ses propres dotations, récompenses, etc.
- Le cinquième principe est *le parallélisme* : qui suppose la ressemblance entre les institutions du laboratoire et celle du monde réel.

Au delà de ces principes, l'économie expérimentale requiert l'utilisation de cadres rigoureux d'expérimentation, nécessaires pour remplir l'objectif de validation/infirmation des prédictions théoriques.

### 1.5.2.2 Les objectifs de l'économie expérimentale

[Roth, 1987] a identifié trois objectifs de l'économie expérimentale. Premièrement, l'économie expérimentale a pour le but des tester des prédictions théoriques et d'identifier des "non-conformités" régulières dans le comportement des sujets. Deuxièmement, la démarche d'économie expérimentale peut être appliquée pour l'étude de situations mal ou peu théorisées. L'objectif est alors d'identifier les régularités comportementales des joueurs et de trouver leurs causes afin de proposer une nouvelle formalisation. Troisièmement, les expériences peuvent être initiées par des instances décisionnelles et servir d'aide à la décision.

L'économie expérimentale a pour principal objet de tester une théorie. Lorsque la théorie est réfutée par les expériences deux explications peuvent être données :

- D'une part, les individus font des choix en rationalité limitée voire des choix irrationnels (alors que la théorie actuelle suppose en général la rationalité des acteurs).
- D'autre part, les individus intègrent des éléments de décision non pris (ou non encore pris) en compte par la théorie (par exemple, la bienveillance peut conduire les individus à se comporter différemment que ne le prédit l'équilibre de Nash).

### 1.5.3 Economie expérimentale et théorie des jeux : double approche complémentaire, behavioural game theory

Les trois grands domaines d'investigation de l'économie expérimentale sont la théorie de la décision individuelle, la théorie des jeux et la théorie des marchés et des enchères. Nous pouvons constater que les travaux expérimentaux ont également étudié la prise de décision individuelle dans le contexte des chaînes logistiques. Cette approche est naturelle en fonction de l'histoire de l'économie expérimentale, qui a mis initialement l'accent sur des comportements individuels. Par exemple dans [Duvall et *al.*, 2007] les auteurs montrent que les sujets sont attentifs aux gains de l'ensemble du

système qu'ils forment et qu'ils sont particulièrement sensibles au partage équitable des gains obtenus. Ces résultats, obtenus par la démarche de l'économie expérimentale, sont donc plutôt en accord avec des prédictions alternatives à celles de la théorie des jeux analytique.

Une grande partie de travaux expérimentaux portent sur la prise de décision dans le contexte de gestion de stock, comme le problème du vendeur de journaux. Par exemple, [Schweitzer et Cachon, 2000] ont analysé le comportement du détaillant. Ils se sont posé la question : est-ce que le détaillant choisit vraiment son niveau de stock correspondant au niveau optimal calculé analytiquement dans le but de maximiser le profit ? Ils démontrent que les sujets choisissent systématiquement le niveau de stock plus élevé qu'optimal pour les produits de faible rentabilité. De l'autre côté les détaillants commandent moins des produits que le stock optimal s'il s'agit des produits très rentable. La formation postérieure des sujets n'a pas affaibli l'erreur de décision sur le stock. En fait, le principal objectif de ce travail est de comparer les données expérimentales avec des modèles théoriques de la prise de décision individuelle, spécifiques pour la Théorie des Perspectives ou pour la Théorie de l'Utilité Espérée, et avec les différentes hypothèses en fonction de l'aversion au risque des sujets.

Un autre travail de [Keser et Paleologo, 2004] étudie la chaîne logistique composée d'un fournisseur et d'un détaillant. Les acteurs de la chaîne sont liés par le contrat de prix des gros et négocient les prix de produit et les quantités échangées. Les résultats de la démarche expérimentale sont différents des résultats analytiques fournis par la théorie des jeux. Les prix et les quantités sont en dessous des résultats théoriques, par conséquent les performances des joueurs sont inférieures aux performances prévisionnelles tirées du modèle théorique. D'autre part les gains sont partagés entre les acteurs de manière plus équitable.

#### **1.5.4 Conclusion**

L'application de l'économie expérimentale dans le but d'analyser le comportement stratégique des sujets et de tester les résultats prédits par la théorie des jeux est une voie très prometteuse, notamment parce que l'arsenal méthodologique de la théorie des jeux ne prend pas en compte la rationalité limitée des sujets humains. Ainsi la démarche expérimentale peut fournir une confirmation ou des ajustements dans les modèles théoriques qui restent limités par l'hypothèse de forte rationalité des joueurs.

## 1.6 PROBLEMATIQUE

### 1.6.1 Problématique générale

En réponse à la mondialisation de la compétitivité, où la concurrence s'avère de plus en plus difficile, les entreprises industrielles s'organisent autour du concept de chaîne logistique. Ce concept permet d'appréhender « 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 et *al.*, 2001]. Les entreprises se regroupent à la recherche d'un équilibre entre la rentabilité et la satisfaction des consommateurs. Cette recherche s'accompagne par un partage de ressources, d'informations et de connaissances.

Le partage d'information au sein d'une chaîne logistique peut significativement améliorer la performance globale de la chaîne. En se basant sur des données appropriées et précises, les membres de la chaîne peuvent prendre des bonnes décisions qui affectent directement la performance des entreprises de la chaîne et finalement, au bout de la chaîne, les ventes aux clients finaux.

Parmi les informations partagées, les informations visant une meilleure maîtrise des stocks sont parmi les plus importantes. Les niveaux de stocks au sein d'une chaîne logistique ont un impact significatif sur le contrôle des niveaux de production et des délais de livraison. Ainsi les niveaux de stocks sont des composantes majeures affectant le coût des systèmes industriels. Entre autres, le partage des prévisions, en diminuant l'incertitude sur la demande, permet une gestion de stock mieux adaptée aux besoins réels, et plus efficace. C'est pour cette raison qu'une partie importante des recherches sur la valeur de l'information porte sur l'influence de l'effet du partage des prévisions sur les coûts de stock.

Pourtant, la prise de décision sur le partage ou le non partage d'une information n'est pas une tâche facile. Notre travail de recherche vise, par la modélisation du partage des prévisions, à étudier des obstacles à cet échange et de mesurer la perte en efficacité résultante pour la chaîne et les entreprises qui la composent.

*Information comme source de pouvoir*

Mais, est-ce que l'entreprise qui possède la ressource informationnelle, utile pour d'autres membres du réseau, accepte d'en partager les gains avec ses partenaires ? Les relations asymétriques de natures diverses (comme statut, taille d'entreprise, capital financier ou information) induisent des

relations de pouvoir [Perroux, 1973]. Ces asymétries ont la particularité d'être à la fois des conditions et des conséquences de l'exercice du pouvoir. Le Pouvoir de l'Information (ou Pouvoir de l'Expert) est une des 5 sources de pouvoir identifiées par [French et Raven, 1959]. Ce type de pouvoir est basé sur la maîtrise de l'information requise par d'autres afin d'atteindre un but important.

Cette question de répartition de pouvoir est souvent traitée par des travaux en sciences de gestion qui ont tendance à supposer que les entreprises peuvent utiliser la logistique comme une « arme » dans la compétition : « Il paraît difficile d'ignorer le jeu des acteurs, dont certains vont utiliser leurs compétences en matière de pilotage des flux de produits et d'informations pour développer des pratiques prédatrices. Cet angle d'attaque est rarement retenu. Il permet pourtant de modérer l'enthousiasme de ceux qui pensent que la généralisation de stratégies logistiques coopératives est un processus inéluctable » [Paché, 2000]. Souvent l'accent est mis sur les comportements stratégiques des acteurs et pas sur les simples calculs en termes d'optimisation. Dans l'échange d'information interentreprises les logiques de rapport de force fondées sur la présence d'asymétries informationnelles peuvent être fort présentes [des Garets, 2000]. Plutôt que d'opposer compétition et coopération, mieux vaut les analyser comme des stratégies complémentaires, les deux faces de toute relation économique [Perroux, 1973].

Dans le contexte de partage des prévisions l'entreprise possédant cette information stratégique sur la demande est capable d'influencer la décision de l'entreprise – récepteur. L'entreprise mieux informée a la possibilité d'agir dans le but de tirer avantage d'une telle situation. Dans ce cas l'asymétrie d'information peut avoir deux conséquences : le conflit ou la coopération. La coopération peut être caractérisée par le partage des prévisions fiables du côté de l'émetteur. Pour le récepteur la coopération signifie la confiance dans l'information reçue. D'autre part, l'entreprise – émetteur du message peut manipuler cette information afin d'influencer la décision du récepteur pour son propre compte. Par conséquence, cette possibilité peut provoquer des doutes chez le récepteur dans la fiabilité des prévisions reçues.

Les questions qui en découlent et sur lesquelles nous allons répondre plus loin, après avoir précisé le périmètre de recherches, sont les suivantes :

- quels outils théoriques permettront-ils de modéliser les interactions entre les acteurs égoïstes ?
- les calculs économiques pourront-ils nous suffire pour prévoir les comportements stratégiques des acteurs ?

### 1.6.2 Cadre d'étude

Dans ce travail de thèse nous étudions le fonctionnement d'un maillon élémentaire d'une chaîne logistique décentralisée à deux niveaux, composée d'un donneur d'ordres et d'un fournisseur. Les partenaires sont liés par un contrat linéaire de prix de gros.

Afin d'absorber les fluctuations de son environnement (effet de coup de fouet, [Lee et *al.*, 1997]) et de réduire les coûts qui proviennent des stocks, les partenaires peuvent choisir de coopérer au sens de partager l'information au sein de la chaîne sur les prévisions des ventes. Le donneur d'ordres, qui est plus proche du marché final, a une meilleure connaissance de la demande et transmet à son fournisseur de l'information sur les prévisions de cette demande. Les prévisions sur la demande du marché sont de type binaire : demande haute ou demande basse. L'information est donc à la fois asymétrique car le donneur d'ordres est au départ mieux informé, mais aussi incomplète car ces informations ne sont que des prévisions approchées des commandes réelles finales du marché. Dans une chaîne logistique, ce type de coopération reste inscrit dans un mode de fonctionnement où chaque entreprise est indépendante, avec un objectif individuel de performance suivant ses propres critères.

Si les entreprises acceptent une telle forme de coopération elles augmentent l'efficacité et la réactivité de la chaîne dans son ensemble. Mais le donneur d'ordres se trouve dans une situation privilégiée par rapport à son fournisseur, au sens où il peut transmettre aussi des prévisions surestimées dans le but d'influencer son fournisseur pour que celui-ci possède bien un stock suffisant au moment où il lui transmet la commande réelle du marché. Aussi, il n'est pas certain que le donneur d'ordres ait toujours avantage à transmettre les prévisions exactes qu'il perçoit du marché, ni que le fournisseur ait intérêt à croire systématiquement les informations données par son client.

Selon les théories économiques standards, les entreprises cherchent en premier à augmenter leurs propres profits. Et c'est en fonction de ses propres objectifs de maximisation de profit, que le donneur d'ordres décide de transmettre à son fournisseur des prévisions exactes ou bien surestimées. En face, le fournisseur pourra décider de faire confiance ou non aux prévisions données par son donneur d'ordres, et ceci en fonction de son intérêt propre. A l'arrivée, cette recherche d'optimisation locale pourra parfois conduire à une perte d'efficacité pour l'ensemble de la chaîne, mais également pour les entreprises qui la composent.

Dans notre modèle, les actions associées à chacune des décisions possibles porteront sur les niveaux de reconstituer des stocks de produits vendus. Ainsi, le fournisseur, qui gère son stock suivant

une politique de stock nominal, subit le coût des invendus pour les produits fabriqués et non vendus. Il pourra décider de tenir un stock conforme aux prévisions de son donneur d'ordres, ou bien déterminer de son côté un niveau de stock qui corresponde à sa propre vision de la demande. A l'arrivée, les performances de chaque entreprise et de la chaîne seront évaluées en termes de coûts de production, d'invendus et de ruptures. Ces performances dépendront bien sûr du comportement des acteurs et de leur niveau de coopération quant aux échanges des prévisions de demande.

Selon [Bowersox et *al.*, 1980] une chaîne logistique se décompose en deux dimensions distinctes, mais en étroite interaction : la dimension transactionnelle et la dimension logistique. Dans notre modèle la dimension intra-entreprise qui est représentée par l'optimisation des stocks est couplée à la dimension stratégique (inter-entreprises) de relation de partage des prévisions et de confiance.

Nous spécifions la chaîne logistique étudiée en fonction de stratégies des entreprises de réponse à la demande. Plus précisément, nous sommes intéressés par une stratégie de production sur stock (MTS) et par une stratégie de fabrication à la commande (MTO). Dans ce travail de recherche nous analysons deux configurations distinctes de chaîne logistique très répandues dans l'industrie. Le premier modèle étudié est composé :

- ✓ d'un fournisseur qui produit sur stock et d'un donneur d'ordres qui fabrique sur commande du marché (modèle MTS/MTO).

Le deuxième modèle étudié est constitué :

- ✓ d'un fournisseur et d'un donneur d'ordres qui produisent chacun sur stock (modèle MTS/MTS).

Aussi, nous distinguons deux configurations logistiques possibles de ces modèles : sans ou avec possibilité de stockage des invendus. Ces deux cas correspondent à des chaînes logistiques appelées respectivement mono-période et multi-périodes.

### **1.6.3 Démarche de résolution**

Les situations, dans lesquelles la décision de chaque acteur aura *in fine* une influence sur la fonction d'utilité des autres acteurs, sont fréquemment analysées à travers les outils de la théorie des jeux. En effet, cette théorie permet de modéliser, puis de prévoir les comportements d'acteurs en interaction qui cherchent individuellement à maximiser une fonction d'utilité, et dont le résultat dépend également des décisions rationnelles des autres joueurs. La théorie des jeux permet de prévoir les comportements d'acteurs rationnels dans différents contextes d'interaction et d'information : situations de conflit, de dominance ou de coopération, information imparfaite ou incomplète.

La modélisation de la chaîne logistique par la théorie des jeux suppose que les joueurs sont rationnels et réagissent dans leur propre intérêt afin d'augmenter leurs fonctions d'utilité (la fonction de profits dans notre cas). La théorie des jeux (non-coopératifs) permet de formaliser des stratégies coopératives et non-coopératives (le comportement coopératif et non-coopératif), dont l'effet sur la performance économique de la chaîne peut être évalué objectivement. Toutefois, les modèles de la théorie des jeux reposent sur des hypothèses de comportement (par exemple la rationalité des joueurs), qui présentent la nécessité de développer des expérimentations complémentaires afin de confronter des résultats théoriques avec le comportement réel des sujets humains. Pour le moment, il est impossible de modéliser (si elles sont modélisables) avec les outils de cette théorie les notions de réputation, de confiance ou d'esprit de coopération qui caractérisent les relations à long terme au sein de chaînes logistiques.

Dans le but d'étudier le comportement humain réel, une des méthodes disponibles dans le champ économique est fournie par la méthodologie de l'économie expérimentale. Cette méthode vise à aller au-delà des conclusions théoriques par l'étude expérimentale du comportement réel des agents dans les interactions stratégiques. Les enjeux scientifiques consistent :

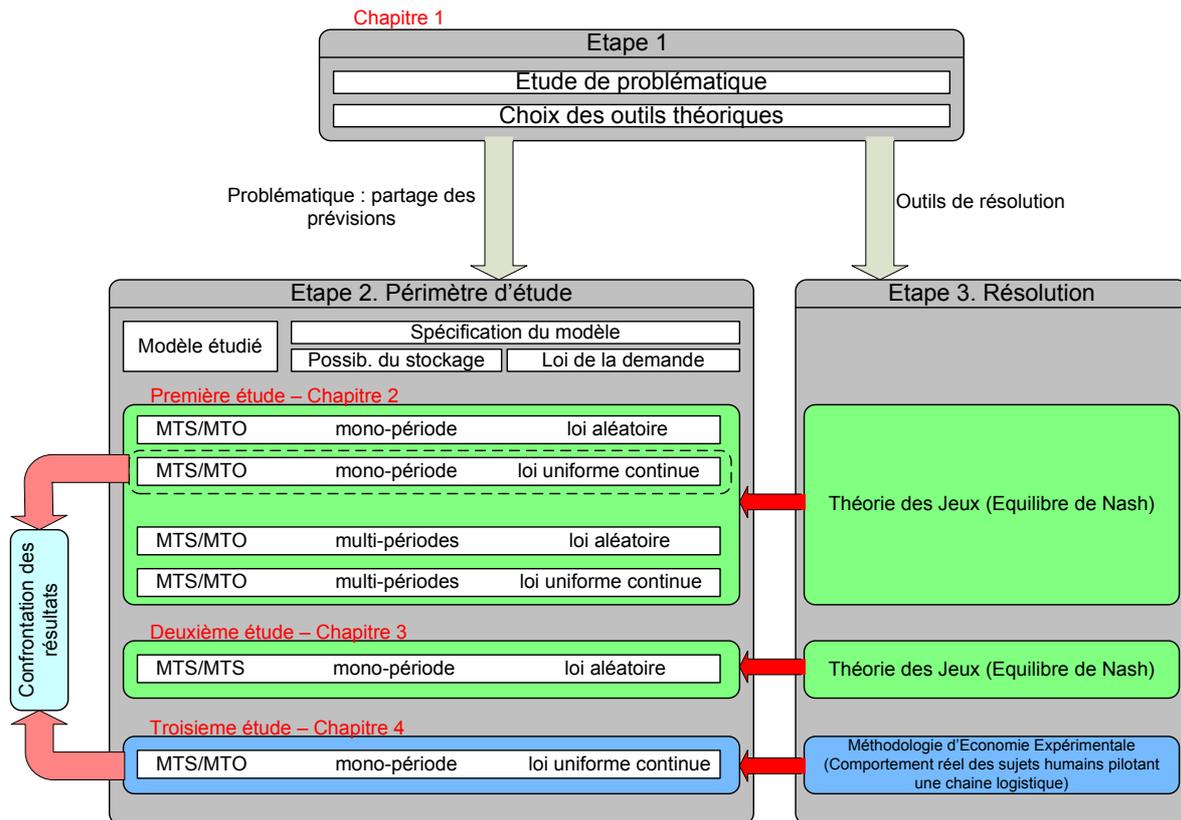
- ✓ à l'étude et l'évaluation d'un modèle dans un environnement contrôlé ;
- ✓ à identifier les caractéristiques des différents styles de comportement humain dans un contexte donné.

Donc, l'application de méthodologie de l'économie expérimentale pourrait apporter des ajustements dans les modèles théoriques en cours d'utilisation. Ainsi, la théorie des jeux et l'économie expérimentale apparaissent complémentaires tant en termes d'objectifs qu'en termes de protocole scientifique.

Ainsi, notre démarche de résolution consiste en deux phases :

- ✓ l'application de la théorie des jeux pour démontrer des résultats théoriques concernant le comportement décisionnel des agents ;
- ✓ la confrontation de ces résultats à des comportements plus réalistes des « décideurs », par l'application de l'approche de l'économie expérimentale.

Afin de récapituler tous les points abordés dans cette section, nous présentons notre démarche scientifique sous forme graphique (fig. 1.8).



**Figure 1.8.** Démarche générale de recherche

## 1.7 CONCLUSION

Ce chapitre a présenté un état de l'art sur la gestion des chaînes logistiques et les problématiques de coordination entre les partenaires. Il a permis notamment de délimiter le champ de notre étude, en l'occurrence la coordination entre le donneur d'ordres et son fournisseur par le partage des prévisions sur la demande.

La coordination stratégique au sein des chaînes logistiques est encore un vaste domaine de recherche, et les concepts de la théorie des jeux peuvent apporter des éléments importants pour répondre à ses diverses interrogations. Nous avons présenté quelques concepts de cette théorie et ses interactions avec la gestion de chaînes logistiques.

Notre démarche scientifique consiste à analyser avec des outils et méthodes de la théorie des jeux des comportements stratégiques des partenaires logistiques sur la question de partage d'information. Nous enrichissons notre approche par l'application de la méthodologie de l'économie expérimentale afin d'observer le comportement réel des sujets humains pilotant la chaîne logistique.

## 2 CHAPITRE 2. MODELE MTS/MTO EN MONO- ET MULTI-PERIODES

### Table des matières

2.1	Introduction.....	82
2.2	Modèle du jeu .....	83
2.2.1	Modèle de la chaîne logistique et notations.....	83
2.2.2	Processus de décision des joueurs .....	85
2.2.3	Description du jeu .....	87
2.2.4	Discussion sur le cadre du jeu.....	88
2.3	Résultats principaux pour le modèle mono-période .....	89
2.3.1	Niveaux de rechargement et profits des entreprises .....	89
2.3.2	Equilibre de Nash.....	92
2.3.3	Comparaison des solutions .....	93
2.4	Exemple d'application avec la loi uniforme pour le modèle mono-période.....	94
2.4.1	Caractéristiques de la loi de la demande.....	94
2.4.2	Calculs d'espérances mathématiques des ventes, des invendus et des produits en rupture .....	95
2.4.3	Calculs des niveaux de rechargement .....	98
2.4.4	Profits des entreprises .....	101
2.4.5	Exemple numérique .....	103
2.5	Résultats principaux pour le modèle multi-périodes .....	104
2.5.1	Caractéristiques du modèle multi-période .....	104
2.5.2	Niveaux de stock et de rechargement du F et profits des entreprises .....	105
2.5.3	Equilibre de Nash.....	109
2.5.4	Comparaison des solutions .....	110
2.6	Exemple d'application avec la loi uniforme pour le modèle multi-périodes.....	112
2.6.1	Formulation mathématique .....	112
2.6.2	Calculs des niveaux de rechargement.....	112
2.6.3	Profits des entreprises .....	115
2.6.4	Exemple numérique .....	117
2.7	Discussion sur le partage des prévisions.....	118
2.7.1	Absence de transmission d'information .....	118
2.7.2	Transmission des prévisions via le D/O .....	119

2.7.3	Accès direct pour tous aux prévisions du marché.....	119
2.8	Conclusion .....	120

---

## 2.1 INTRODUCTION

L'objectif de ce chapitre est d'appliquer la démarche scientifique explicitée ci-dessus pour analyser un maillon élémentaire d'une chaîne logistique décentralisée à deux niveaux, composé d'un fournisseur qui produit sur stock (MTS) et d'un donneur d'ordres qui fabrique sur commande du marché (MTO). Nous traitons dans ce chapitre le jeu non-répété concernant le partage des prévisions entre le donneur d'ordres (désigné par D/O) et son fournisseur (désigné par F). Nous distinguerons cependant deux configurations logistiques distinctes de ce modèle : sans ou avec possibilité de stockage des invendus. Ces deux cas correspondent à des chaînes logistiques appelées respectivement mono-période et multi-périodes. Pour chacune de ces configurations nous appliquons les étapes suivantes de la méthode :

- formalisation des niveaux de rechargement et des fonctions d'utilité pour les 2 acteurs de ce maillon logistique ;
- résolution analytique de la situation de jeu stratégique avec détermination de l'équilibre de Nash ;
- comparaison des solutions de la matrice du jeu, notamment pour déterminer si les possibles équilibres correspondent à des performances optimales ou sous-optimales au sens Pareto ;
- instanciation du modèle sur le cas particulier d'une demande de marché suivant la loi uniforme continue.

Cette dernière phase d'instanciation du modèle pour une loi particulière de demande répond à plusieurs objectifs. En premier lieu, elle permet d'étudier la sensibilité des résultats à certains paramètres de la demande et aux différents paramètres logistiques (coûts, prix de vente). Mais nous avons également développé cette instanciation, afin de l'utiliser ultérieurement (chapitre 4) dans des travaux de recherches en économie expérimentale destinés à mesurer l'écart entre d'une part les comportements prédits par la théorie et d'autre part les décisions observées chez des sujets réels pilotant une chaîne logistique. Cette application avec l'économie expérimentale nous permettra d'aborder le même modèle logistique en situation de jeu répété. Enfin, l'instanciation avec loi uniforme présente un autre intérêt applicatif : il est prévu d'intégrer à terme la modélisation de comportement stratégique dans un simulateur pédagogique pour la formation à la gestion industrielle des élèves de l'Ecole des Mines.

## 2.2 MODELE DU JEU

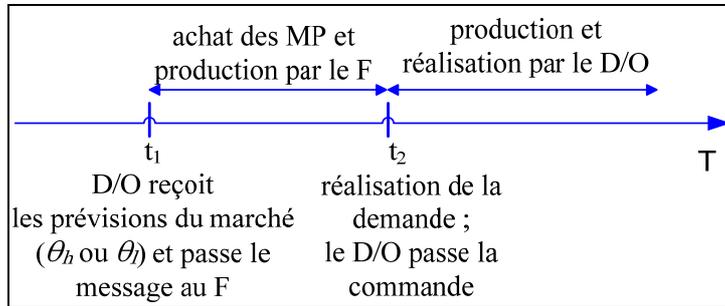
### 2.2.1 Modèle de la chaîne logistique et notations

Nous fixons dans le modèle MTS/MTO que le F produit sur stock (MTS) et le D/O sur commande (MTO). Ainsi la chaîne logistique analysée possède un seul étage de stockage (chez le F). Notre maillon logistique de référence correspond à une situation de type « vendeur de journaux ». Le problème classique du vendeur de journaux consiste en deux entreprises, verticalement liées : un D/O et un F qui doivent répondre à une demande aléatoire sur le marché avec ventes perdues et impossibilité de stocker les invendus. Dans la résolution traditionnelle de ce modèle, le D/O doit commander une quantité de produits en sachant que ces produits ne seront plus utilisables à la fin de la période. Ce cas correspond au modèle de la chaîne logistique mono-période. Le modèle multi-période est caractérisé par le fait que le F a la possibilité de stocker les produits invendus en fin de période pour les vendre à la période suivante. Les objectifs du F pour les deux modèles sont de déterminer la quantité à avoir en stock de sortie au début de chaque période. Le F gère son stock avec la politique de stock nominal. Pour lui, la variable de décision est le niveau de reapprovisionnement ( $N$ ) qui maximise son espérance de profit.

Le F paye le coût des invendus par unité  $h_s$  pour les produits fabriqués et non vendus et le D/O ne prend aucun risque de surproduction. Ce coût unitaire correspond à la mise au rebut des quantités produites par le F mais non commandées par le D/O pour la période en cours, si on parle du modèle mono-période. Ainsi, les quantités produites mais qui ne seront pas transmises au D/O seront définitivement perdues. Pour le modèle multi-périodes les produits invendus sont stockés pour être vendus à la période suivante. Dans ce cas le coût des invendus correspond au coût de stockage. Les coûts unitaires de production du F et du D/O sont  $c_s$  et  $c_r$  resp. Les coûts de rupture du marché sont répartis entre le D/O et le F :  $b_r$  et  $b_s$  sont les coûts unitaires de rupture du D/O et du F resp. Le D/O vend les produits sur le marché au prix unitaire  $p$  et achète les produits intermédiaires chez F au prix unitaire  $r$ . Le D/O et le F sont liés par un contrat linéaire de prix de gros. Le fournisseur du F a un stock illimité de sortie, les délais de livraison et de passation de commande sont considérés nuls.

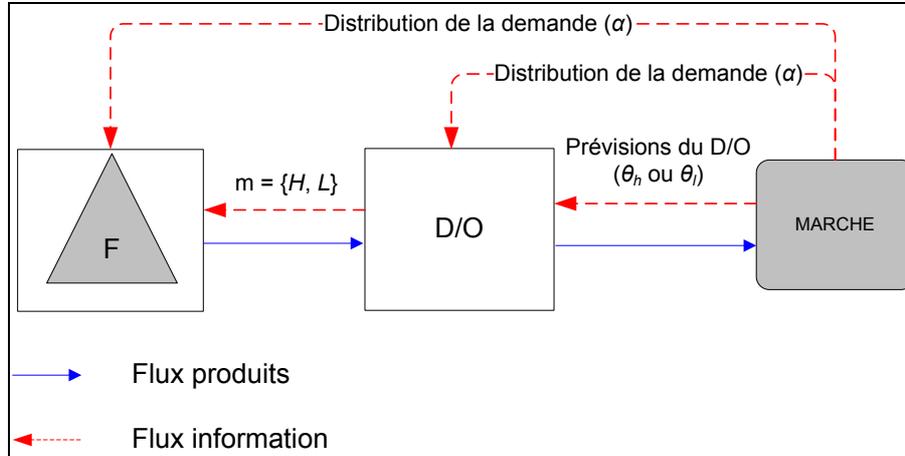
Le D/O passe les prévisions de la demande à son F au temps  $t_1$  avant la réalisation de la demande (fig. 2.1). La demande à laquelle le D/O fait face est modélisée par une variable aléatoire  $\theta X$ , où  $X$  est une variable aléatoire non négative.  $\theta$  est une variable aléatoire positive avec deux valeurs possibles « haute » ( $h$ ) et « basse » ( $l$ ) :  $\theta_i, i = \{h, l\}$ . La variable  $\theta$  nous permet de représenter l'incertitude sur la demande du marché. La probabilité de tirage de chaque niveau de la demande est  $P(\theta_h) = \alpha$ ,  $P(\theta_l) = 1 - \alpha$ ,  $\alpha \in ]0, 1[$ . La distribution de probabilité est connue a priori par les 2

joueurs. La demande haute et la demande basse sont décrites par  $D_h = \theta_h \cdot X$ ,  $D_l = \theta_l \cdot X$  respectivement.



**Figure 2.1.** Échelle de temps pour la chaîne logistique MTS / MTO

Le F est plus éloigné du marché et ne peut pas avoir le même niveau de connaissances de la demande que le D/O. En conséquence, la demande perçue par le F a un niveau d'incertitude supplémentaire spécifié par le bruit blanc  $e$  avec une moyenne 0 et un écart-type  $\sigma$ . Ainsi les demandes haute et basse que le F observe sont les variables aléatoires :  $D'_i = \theta_i \cdot X + e$ ,  $i = h, l$ . D'où  $Var(D'_i) > Var(D_i)$ ,  $i = h, l$ . La figure 2.2 montre les différents flux d'information dans la chaîne.



**Figure 2.2.** Flux d'information dans la chaîne logistique MTS/MTO

Précisons que le D/O connaît exactement le niveau de la demande future  $\theta_h$  ou  $\theta_l$  (demande haute ou basse) à l'instant  $t_1$  (fig. 2.1) et que le F l'ignore. Cela est lié au fait que le D/O est plus proche du marché final et en possède donc une meilleure connaissance que le F. En conséquence, le D/O sans savoir exactement la réalisation de la demande peut au minimum distinguer avec certitude deux niveaux pour les prévisions des ventes.

## 2.2.2 Processus de décision des joueurs

Cette section décrit en détails le processus de décision du D/O et du F. Le D/O doit décider du message qu'il envoie à son F et le F doit décider du niveau de production. Ces décisions sont prises avant de connaître la demande réelle sur le marché final. Les gains du F et du D/O dépendent de leurs décisions et du niveau de la demande du marché final.

La partie se déroule en trois étapes.

- Au cours de la **première étape**, le D/O reçoit des prévisions de vente sur le marché. Il envoie un message au F concernant le type de demande auquel il va faire face pour la période en cours.
- Au cours de la **seconde étape**, le F décide du niveau de production pour la période.
- Au cours de la **troisième étape**, la demande réelle est révélée au D/O. Le D/O passe la commande au F qui correspond exactement à la demande finale et le F livre les quantités disponibles.

### Etape 1 : Message du D/O sur le type de la demande finale

Cette première étape peut-être représentée par le graphique suivant :



**Figure 2.3.** Message du D/O sur le type de la demande finale

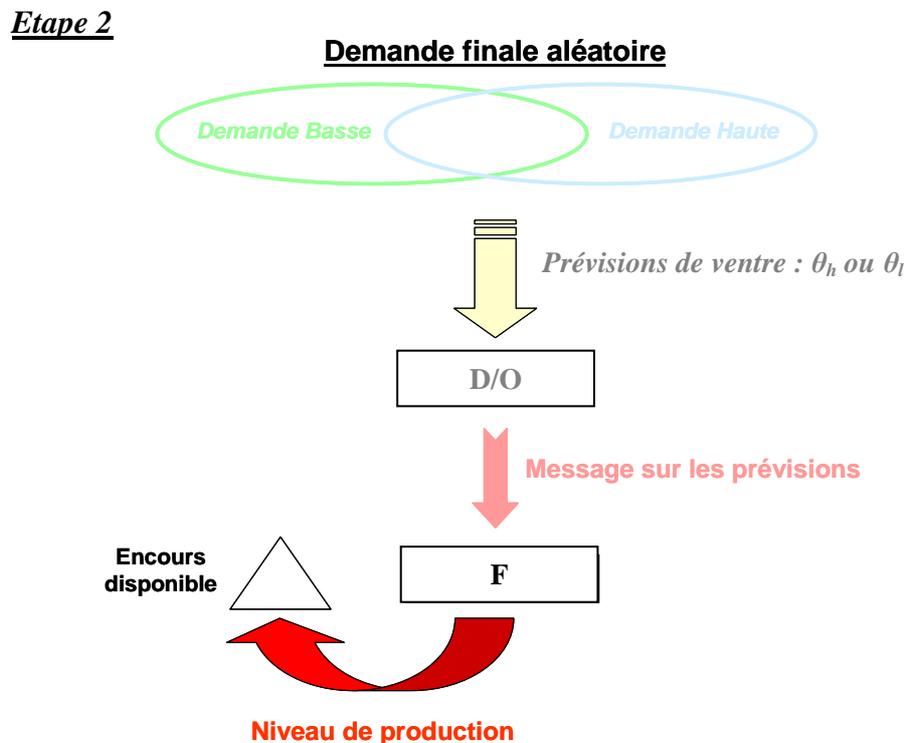
Au cours de cette étape, le D/O reçoit des prévisions exactes de vente pour la période en cours. Compte tenu de cette information, le D/O envoie un « message » à son F qui peut prendre deux formes possibles :

- la demande est « Haute » : message  $M = H$  ;
- la demande est « Basse » : message  $M = L$ .

Le D/O est libre de choisir son message, quelles que soient les prévisions qu'il reçoit.

### **Etape 2 : Décisions de production du F**

Cette étape peut-être représentée par le graphique suivant :



**Figure 2.4.** Décisions de production du F

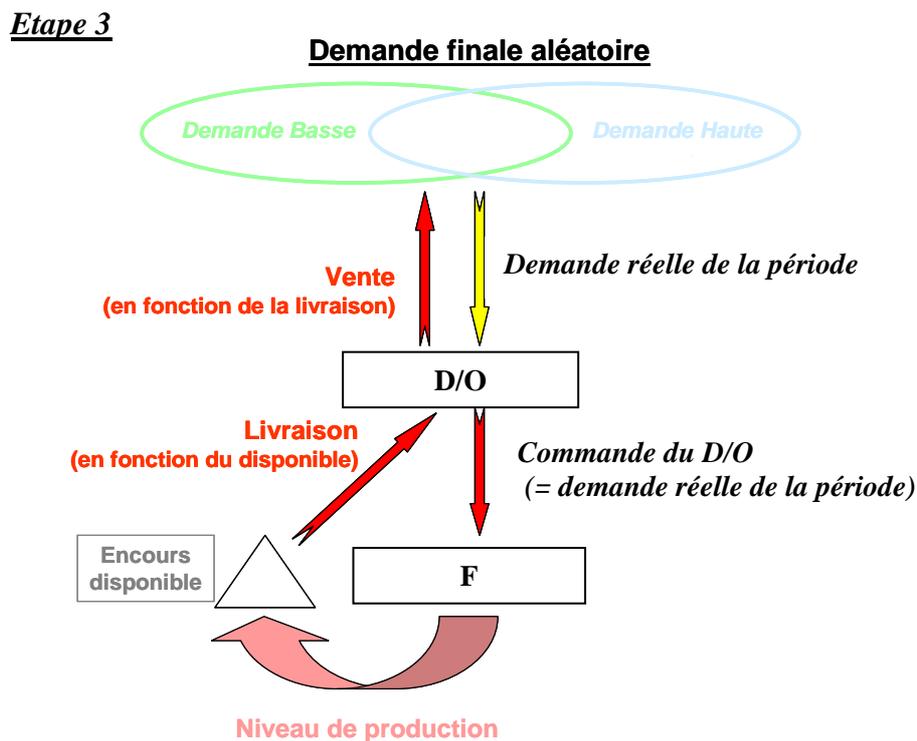
Au cours de cette seconde phase, le F décide du niveau de production pour la période. Il doit choisir entre trois niveaux de production ou niveaux de reapprovisionnement optimisés par rapport à son profit :

- $N_l$  : niveau de reapprovisionnement optimal qui correspond à une demande aléatoire « Haute » ;
- $N_h$  : niveau de reapprovisionnement optimal qui correspond à une demande aléatoire « Basse » ;
- $N_0$  : niveau de reapprovisionnement optimal pour une demande aléatoire caractérisée par une probabilité  $\alpha$  d'être « Basse » et une probabilité  $(1 - \alpha)$  d'être « Haute ».  $N_0$  est un niveau de reapprovisionnement qui ne tient pas compte de l'information complémentaire sur la demande.

Les délais de production sont considérés comme nuls de telle sorte que les quantités produites sont disponibles avant la phase 3. Par ailleurs, les quantités produites mais qui ne seront pas transmises au D/O à l'issue de la phase 3 seront définitivement perdues (perte des « invendus »).

### Etape 3 : Réalisation de la demande finale et échange des produits

Cette troisième étape peut-être représentée par le graphique suivant :



**Figure 2.5.** Réalisation de la demande finale et échange des produits

Dans cette dernière phase, la demande finale réelle de la période en cours est communiquée au F. Le D/O commande alors la quantité de produits à son F et cette commande correspond exactement à la demande finale. En fonction des quantités commandées, le F livre au D/O les quantités disponibles et produites durant la phase 2. Les délais de commande et de livraison sont considérés comme nuls de telle sorte que les quantités livrées au D/O sont immédiatement vendues sur le marché final.

### 2.2.3 Description du jeu

Le jeu commence par un tirage  $\theta$  de la Nature, puis le D/O observe la valeur de  $\theta$ . Ensuite il passe à son F les prévisions  $m$  :  $m = H$  informe que la demande future sera haute et  $m = L$  qu'elle sera basse

(voir fig. 2.6). La stratégie du D/O est de passer  $m = H$  ou  $m = L$ , sachant que ce message qu'il transmet au F n'est pas nécessairement le reflet fidèle de la demande  $\theta_i$  qu'il vient d'observer. En effet, si le D/O observe  $\theta_h$  (resp.  $\theta_l$ ) et passe  $m = H$  (resp.  $m = L$ ) on dira qu'il coopère (C) en transmettant une information fiable. Si le D/O passe toujours  $m = H$  quelle que soit son observation ( $\theta_h$  ou  $\theta_l$ ) alors on dira qu'il ne coopère pas (NC). Les stratégies du F sont également binaires : coopérer (C) ou ne pas coopérer (NC). Pour F, coopérer signifie faire confiance, et ne pas coopérer signifie ne pas faire confiance aux prévisions du D/O. Le fait que le F ne connaît pas les prévisions du marché est montré par l'ensemble d'information sur la figure 2.6.

Après la réalisation de la demande, le D/O passe la commande au F qui est égale à la demande réelle. La fonction d'utilité des joueurs correspond à leurs profits :  $\pi_r$  pour le D/O et  $\pi_s$  pour le F. Le jeu et sa description constituent une connaissance commune des joueurs.

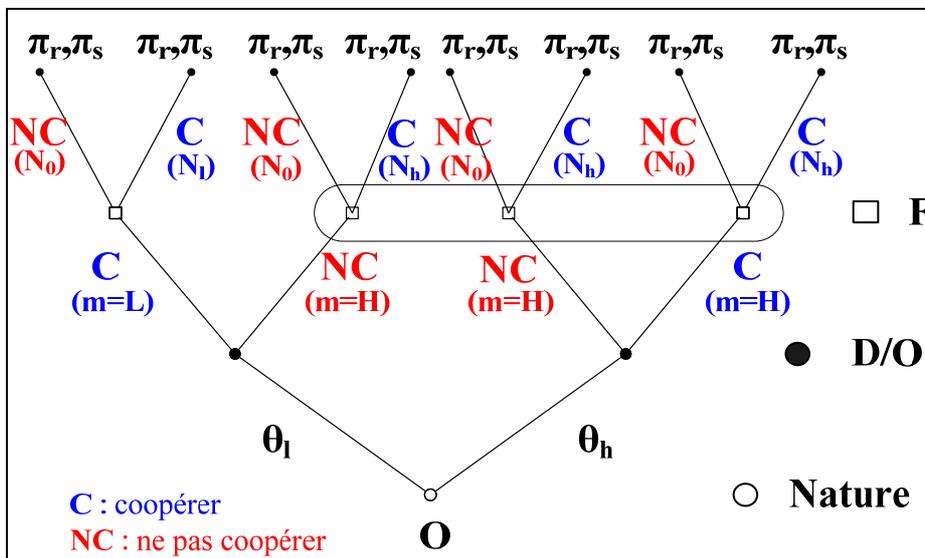


Figure 2.6. Arbre du jeu MTS/MTO

C'est un jeu non coopératif, non itéré, à information imparfaite et asymétrique avec échange d'information de type cheap talk.

### 2.2.4 Discussion sur le cadre du jeu

Nous pouvons souligner que, dans ce modèle, l'asymétrie d'information met le D/O dans une position privilégiée par rapport à son F. Non seulement le D/O possède plus d'information sur la demande, mais aussi il peut influencer la stratégie du F. Cette source de pouvoir ou d'autorité se trouve dans l'expertise d'après la classification de [French et Raven, 1959] qui ont identifié cinq

sources à la disposition d'un acteur : la sanction, la récompense, l'expertise, la légitimité et la valeur de référence. Cette situation de distribution non-identique des forces dans une chaîne logistique peut amener à l'abus de pouvoir par le plus fort, à court et moyen terme. Mais d'après les travaux de [Morgan et Hunt, 1994], il apparaît que les partenaires commerciaux prennent aujourd'hui conscience de l'importance d'un engagement et d'une confiance mutuelle dans la construction commune d'un avantage concurrentiel à long terme. Nous voulons tester sur notre modèle simplifié de la chaîne logistique le comportement stratégique des agents d'abord par la modélisation et optimisation théorique (théorie des jeux), ensuite par une démarche d'économie expérimentale.

## **2.3 RESULTATS PRINCIPAUX POUR LE MODELE MONO-PERIODE**

Deux grandes classes d'horizon de temps existent : mono-période et multi-périodes. Le cas mono-période est la situation connue et étudiée dans la littérature sous la forme du modèle « du vendeur de journaux ». Dans cette situation, il n'y a pas de produits restants des périodes précédentes et les produits invendus ne peuvent pas être vendus ultérieurement (bien qu'ils puissent par la suite être utilisés d'une autre façon). Le contexte multi-périodes se caractérise par le fait que les produits invendus à une période peuvent être utilisés pour les périodes suivantes. Les sections 2.3 et 2.4 sont consacrées à l'étude de la chaîne logistique mono-période. Ce modèle a été également présenté dans [Taratynava et *al.*, 2008]. Notre attention se focalise sur l'analyse du jeu de partage des prévisions avec la loi de la demande aléatoire (section 2.3) et l'étude approfondie du jeu avec la loi de la demande uniforme continue dans section 2.4 [Taratynava et *al.*, 2009c]. Dans les sections 2.5 et 2.6 nous analyserons la chaîne logistique multi-périodes.

Nous avons retenu les hypothèses de modélisation suivantes :

- 1) la demande est stochastique ;
- 2) les coûts demeurent fixes tout au long des périodes d'étude ;
- 3) il n'y a pas de restriction concernant la capacité de production et de stockage ;
- 4) les délais de production, de livraison et de passations de la commande sont nuls ;
- 5) le jeu, sa description et tous les paramètres des coûts sont une connaissance commune des joueurs.

### **2.3.1 Niveaux de rechargement et profits des entreprises**

La performance du système sera évaluée par le profit des entreprises membres de la chaîne et le profit total de la chaîne. Nous prenons en compte le fait que l'intérêt des entreprises porte sur la maximisation du profit. Le profit de chaque entreprise s'écrit comme la différence entre les recettes

totales et les dépenses totales. Dans le cas du D/O, les recettes sont réalisées par les ventes des produits sur le marché. Les dépenses du D/O, dans ce modèle, sont représentées par l'achat des produits intermédiaires chez le F, le coût de production et le coût de rupture. Dans le cas du F, les recettes sont réalisées par les ventes des produits au D/O et les dépenses sont les coûts de production, des invendus et de rupture.

Si la demande du marché est supérieure à la quantité que le F a disponible en stock (son niveau de recombplètement), ses coûts dépendent du coût de rupture de la demande non satisfaite. Si au contraire, la demande est inférieure au niveau de recombplètement, les coûts sont liés à la mise au rebut des unités non vendues. Nous notons  $N$  le niveau de recombplètement du F, qui est la quantité disponible en stock à la fin de chaque période (avant que la demande arrive). Dans le cas où la demande est inférieure au niveau de stock, il reste des unités invendues dont l'espérance est donnée par :  $E[(N - D)^+]$ , où  $(x)^+ = \max(0, x)$ . Dans le cas où la demande est supérieure au niveau de recombplètement, il existe une quantité en rupture qui représente la demande non satisfaite, et dont l'espérance est  $E[(D - N)^+]$ . La quantité commandée par le D/O est égale à la demande finale du marché. L'espérance de quantité livrée par le F au D/O et vendue par le D/O sur le marché est  $E[\min(N, D)]$ .

Si le F fait confiance aux prévisions reçues du D/O, il fixera le niveau de recombplètement correspondant aux prévisions. Cela veut dire que, si le F reçoit du D/O l'information que la demande sera haute ( $m = H$ ) et fait confiance aux prévisions, il recombplétera son stock au niveau  $N_h$  qui maximise son espérance de profit avec la demande du marché  $D'_h$  :

$$N_h = \arg \max_N \pi_s(D'_h) = \arg \max_N E[r \min(N, D'_h) - c_s N - h_s(N - D'_h)^+ - b_s(D'_h - N)^+]. \quad [2.1]$$

De façon similaire, si le F fait confiance aux prévisions  $m = L$  du D/O, il choisira le niveau de recombplètement  $N_l$  qui maximise son espérance de profit avec la demande  $D'_l$  :

$$N_l = \arg \max_N \pi_s(D'_l) = \arg \max_N E[r \min(N, D'_l) - c_s N - h_s(N - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N)^+]. \quad [2.2]$$

En revanche, si le F ne fait pas confiance aux prévisions il choisira le niveau de recombplètement  $N_0$  qui maximise son profit à partir de sa connaissance directe du marché (distribution de probabilité  $\alpha$ ) sans prendre en compte le message du D/O :

$$N_0 = \arg \max_N \pi_s(D'_h, D'_l) = \arg \max_N \left\{ (1 - \alpha) E[r \min(N, D'_h) - c_s N - h_s(N - D'_h)^+ - b_s(D'_h - N)^+] + \alpha E[r \min(N, D'_l) - c_s N - h_s(N - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N)^+] \right\}. \quad [2.3]$$

Nous nous intéressons d'abord aux deux situations : coopération et non-coopération mutuelle. Nous désignons par « coopération mutuelle » l'issue du jeu dans laquelle le D/O passe les prévisions fiables et le F lui fait confiance. L'espérance du profit du D/O ( $\pi_r^*$ ) et l'espérance du profit du F ( $\pi_s^*$ ) en coopération mutuelle sont décrites par les formules suivantes :

$$\pi_r^* = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N_h, D_h) - b_r(D_h - N_h)^+\right] + \alpha\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N_l, D_l) - b_r(D_l - N_l)^+\right], \quad [2.4]$$

$$\pi_s^* = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[r\min(N_h, D'_h) - c_s N_h - h_s(N_h - D'_h)^+ - b_s(D'_h - N_h)^+\right] + \alpha\mathbb{E}\left[r\min(N_l, D'_l) - c_s N_l - h_s(N_l - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N_l)^+\right]. \quad [2.5]$$

Nous désignons par « non-coopération mutuelle » le cas dans lequel la stratégie du D/O est de passer des prévisions non fiables et la stratégie du F est de ne pas faire confiance. Les espérances de profits des joueurs sont :

$$\pi_r^\circ = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N_0, D_h) - b_r(D_h - N_0)^+\right] + \alpha\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N_0, D_l) - b_r(D_l - N_0)^+\right], \quad [2.6]$$

$$\pi_s^\circ = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[r\min(N_0, D'_h) - c_s N_0 - h_s(N_0 - D'_h)^+ - b_s(D'_h - N_0)^+\right] + \alpha\mathbb{E}\left[r\min(N_0, D'_l) - c_s N_0 - h_s(N_0 - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N_0)^+\right]. \quad [2.7]$$

La matrice du jeu est présentée sur la figure 2.7. Les stratégies des joueurs sont désignées par les abréviations *C/NC* – coopération/non-coopération.

		<b>F</b>	
		<i>C</i>	<i>NC</i>
<b>D/O</b>	<i>C</i>	$\pi_r^*, \pi_s^*$	$\pi_r^\circ, \pi_s^\circ$
	<i>NC</i>	$\pi_r(NC_r, C_s),$ $\pi_s(NC_r, C_s)$	$\pi_r^\circ, \pi_s^\circ$

**Figure 2.7.** Matrice du jeu MTS/MTO en mono-période

### 2.3.2 Equilibre de Nash

L'équilibre de Nash est l'un des concepts clés dans la théorie des jeux. L'équilibre de Nash est un résultat dont aucun joueur n'a envie de dévier unilatéralement, étant données les stratégies jouées par les autres joueurs ce qui correspond à une issue stable du jeu.

**Proposition 2.1 :** L'équilibre de Nash du jeu non répété correspond à la non-coopération mutuelle quand le D/O passe les prévisions non fiables ( $m = H$  pour tous niveaux de la demande future) et le F ne les prend pas en compte (le F aura en stock de sortie  $N_0$ ).

*Preuve.* Le profit du D/O est croissant en  $N$  :

$$\begin{aligned} \pi_r = & (1-\alpha)\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N, D_h) - b_r(D_h - N)^+\right] + \\ & \alpha\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N, D_l) - b_r(D_l - N)^+\right]. \end{aligned} \quad [2.8]$$

Donc, la stratégie faiblement dominante du D/O est de passer l'information  $m = H$  face à n'importe quel niveau de la demande observée, c'est-à-dire de choisir la stratégie  $NC$ . Le fait que la domination soit seulement faible n'élimine pour l'instant pas la possibilité d'un équilibre de Nash avec une stratégie  $C$  par le D/O. Le F en réalisant la tendance du profit du D/O choisit le niveau de reconstituer  $N_0 \in [N_l, N_h]$  parce que :

$$\begin{aligned} & (1-\alpha)\mathbb{E}\left[r\min(N_h, D'_h) - c_s N_h - h_s(N_h - D'_h)^+ - b_s(D'_h - N_h)^+\right] + \\ & \alpha\mathbb{E}\left[r\min(N_h, D'_l) - c_s N_h - h_s(N_h - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N_h)^+\right] \leq \\ & \leq (1-\alpha)\mathbb{E}\left[r\min(N_0, D'_h) - c_s N_0 - h_s(N_0 - D'_h)^+ - b_s(D'_h - N_0)^+\right] + \\ & \alpha\mathbb{E}\left[r\min(N_0, D'_l) - c_s N_0 - h_s(N_0 - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N_0)^+\right] \end{aligned} \quad [2.9]$$

d'après la définition de  $N_0$  (voir [2.3]).

Donc, l'équilibre de Nash correspond à la non-coopération mutuelle. Nous allons à présent établir que cet équilibre est unique. En effet l'autre position non éliminée par la domination faible ( $C, NC$ ) n'est pas stable au sens de Nash, car  $\pi_s^\circ \leq \pi_s^*$ . ■

En résumé, le D/O a toujours intérêt à afficher la demande haute du marché et à avoir plus de produits en stock chez le F et pour lesquels il ne paye pas. En se rendant compte de cette incitation du D/O, le F n'est pas capable de distinguer les vraies prévisions de la demande. Donc la meilleure stratégie du F est d'ignorer les prévisions du D/O.

### 2.3.3 Comparaison des solutions

L'équilibre de Nash est une solution stable mais qui n'est pas toujours la meilleure issue du jeu au sens de la performance des résultats obtenus par les joueurs.

**Proposition 2.2 :** Le profit du F en coopération mutuelle est égal ou supérieur à celui de l'équilibre de Nash (non-coopération mutuelle).

*Preuve.* Avec la demande haute du marché le F gagne plus en situation de coopération :

$$\begin{aligned}\pi_s^*(D_h) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_h, D'_h) - c_s N_h - h_s (N_h - D'_h)^+ - b_s (D'_h - N_h)^+\right] \geq \\ \pi_s^\circ(D_h) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_0, D'_h) - c_s N_0 - h_s (N_0 - D'_h)^+ - b_s (D'_h - N_0)^+\right]\end{aligned}\quad [2.10]$$

d'après la définition de  $N_h$  et de  $N_0$  (voir [2.1] et [2.3]).

Si la demande du marché est basse le F a aussi intérêt à rechercher le profit de la coopération :

$$\begin{aligned}\pi_s^*(D_l) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_l, D'_l) - c_s N_l - h_s (N_l - D'_l)^+ - b_s (D'_l - N_l)^+\right] \geq \\ \pi_s^\circ(D_l) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_0, D'_l) - c_s N_0 - h_s (N_0 - D'_l)^+ - b_s (D'_l - N_0)^+\right]\end{aligned}\quad [2.11]$$

d'après la définition de  $N_l$  et de  $N_0$  (voir [2.2] et [2.3]). ■

Donc, le F optimise toujours son profit en coopération mutuelle.

**Proposition 2.3 :** Le D/O face à la demande haute a intérêt à rechercher le profit de la coopération mutuelle, et avec la demande basse – le profit de la non-coopération.

*Preuve.* Comme le prix de vente du produit doit couvrir le prix d'achat du produit intermédiaire et le coût de production ( $p - r - c_r > 0$ ) et  $N_0 \in [N_l, N_h]$  les inégalités suivantes sont vérifiées :

$$\begin{aligned}\pi_r^*(D_h) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_h, D_h) - b_r (D_h - N_h)^+\right] \geq \\ \pi_r^\circ(D_h) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_0, D_h) - b_r (D_h - N_0)^+\right],\end{aligned}\quad [2.12]$$

$$\begin{aligned}\pi_r^*(D_l) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_l, D_l) - b_r (D_l - N_l)^+\right] \leq \\ \pi_r^\circ(D_l) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_0, D_l) - b_r (D_l - N_0)^+\right] \quad \blacksquare.\end{aligned}\quad [2.13]$$

Cette volonté du D/O de mentir pour avoir une réserve supplémentaire de stock chez le F quand la

demande est basse amène les joueurs vers la situation de non-coopération correspondant à l'équilibre de Nash qui s'avère toujours moins efficace pour le F et parfois pour le D/O.

## **2.4 EXEMPLE D'APPLICATION AVEC LA LOI UNIFORME POUR LE MODELE MONO-PERIODE**

Jusqu'à présent, l'analyse du modèle proposé de chaîne logistique à deux étages a été réalisée dans un contexte de jeu non répété. Pour étudier une situation de relations plus durables entre un D/O et son F, il est nécessaire de considérer la version répétée du jeu. Dans ce cas, le folk theorem de la théorie des jeux énonce que la position de coopération mutuelle devient éligible au titre d'équilibre de Nash possible du jeu répété, au sens où aucun joueur n'a intérêt à dévier unilatéralement de cette stratégie répétée (par exemple dans [Ren et *al.*, 2006]). Cette position d'équilibre repose sur l'installation d'une confiance mutuelle entre les deux acteurs de la chaîne logistique, et ne requiert donc pas l'accès direct aux prévisions pour le F. Elle n'est cependant intéressante pour le D/O que sous certaines conditions sur la loi et les paramètres de la demande. Pour aller plus loin dans l'étude du modèle en situation de jeu répété, il a été prévu de confronter par une démarche d'économie expérimentale les résultats prédits par la théorie d'une part, et les décisions réelles de pilotage d'une telle chaîne réalisée par des sujets humains d'autre part. Nous présentons ici le jeu de données utilisé, qui est une instanciation sur la loi uniforme du modèle précédent. Cette section a ainsi vocation d'illustration de l'analyse théorique présentée plus haut.

Dans cette section, nous présentons le jeu sur partage des prévisions entre le D/O et le F avec la loi uniforme continue de la demande. Les principales étapes de l'étude sont les suivantes. Dans un premier temps, nous allons trouver les espérances mathématiques des ventes, des invendus et des produits en rupture avec la loi de la demande choisie. Cette information nous permet de modéliser les niveaux de rechargement du F afin de trouver les formules de profits des joueurs pour les deux modèles de chaînes logistiques (mono- et multi-périodes). Nous proposons enfin comme exemple numérique le paramétrage utilisé pour le jeu de l'économie expérimentale.

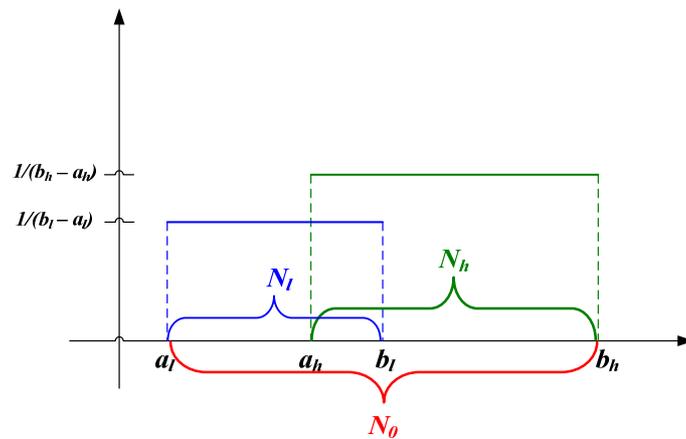
### **2.4.1 Caractéristiques de la loi de la demande**

La demande dans notre modèle sera décrite par la loi uniforme continue quel que soit le type de la demande : basse ou haute. La fonction de répartition de cette loi est donnée par :

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{pour } a \leq x \leq b, \\ 1 & \text{pour } x > b \end{cases} \quad [2.14]$$

où  $a$  et  $b$  sont les bornes inférieure et supérieure resp.

Nous considérons les bornes  $a_l$  et  $b_l$  de demande basse et  $a_h$  et  $b_h$  de demande haute telles que :  $a_l < a_h < b_l < b_h$ . Donc,  $a_l < N_l < b_l$ ,  $a_h < N_h < b_h$ ,  $a_l < N_0 < b_h$ .



**Figure 2.8.** Lois de probabilité de la demande et domaines de valeurs de  $N_l$ ,  $N_0$ ,  $N_h$

Comme nous pouvons voir sur la figure 2.8 les types de demande haute et basse se chevauchent sur l'intervalle  $[a_h, b_l]$ . Le niveau de recombplètement « non-confiance » peut être sur les 3 intervalles différents :  $[a_l, a_h[$ ,  $[a_h, b_l]$  ou  $]b_l, b_h]$ . Suite aux discontinuités dues aux bornes inférieures et supérieures des deux lois uniformes de demande, les calculs d'espérance des ventes, des invendus et des produits en rupture dépendent de l'intervalle dans lequel les niveaux de recombplètement ( $N_l$ ,  $N_0$  et  $N_h$ ) se trouvent, comme nous le montrons dans le paragraphe suivant.

### 2.4.2 Calculs d'espérances mathématiques des ventes, des invendus et des produits en rupture

Dans le cas où la demande est inférieure au niveau de stock, il reste des invendus dont l'espérance est donnée par :  $E[(N - D)^+]$ . Trouvons l'espérance mathématique de stock :

$$E[(N - D)^+] = \int_{-\infty}^{+\infty} (N - x)^+ f_D(x) dx = \int_{-\infty}^N (x - N)^+ f_D(x) dx + \int_N^{+\infty} (N - x)^+ f_D(x) dx = \int_N^N (N - x) f_D(x) dx.$$

Appliquons l'intégration par partie  $\int_a^b uv' = [uv]_a^b - \int_a^b u'v$  :

$$\int_{+\infty}^N (N-x) f_D(x) dx = \left[ (N-x) F_D(x) \right]_{-\infty}^N - \int_{-\infty}^N (-F_D(x)) dx =$$

$$(N-N) F_D(N) - (N+\infty) F_D(-\infty) + \int_{-\infty}^N F_D(x) dx = \int_{-\infty}^N F_D(x) dx.$$

Dans le cas où la demande est supérieure au niveau de recombêtement, il existe une quantité en rupture qui représente la demande non satisfaite, et dont l'espérance  $E[(D-N)^+]$  est donnée par :

$$E[(D-N)^+] = \int_{-\infty}^{+\infty} (x-N)^+ f_D(x) dx = \int_N^{+\infty} (x-N) f_D(x) dx = \int_N^{+\infty} (N-x)(-f_D(x)) dx =$$

$$\left[ (N-x)(1-F_D(x)) \right]_N^{+\infty} + \int_N^{+\infty} (1-F_D(x)) dx = \int_N^{+\infty} (1-F_D(x)) dx.$$

De façon similaire, trouvons l'espérance de la quantité vendue  $E[\min(D, N)]$  :

$$E[\min(D, N)] = \int_{-\infty}^{+\infty} \min(x, N) f_D(x) dx = \int_{-\infty}^N \min(x, N) f_D(x) dx + \int_N^{+\infty} \min(x, N) f_D(x) dx =$$

$$\int_{-\infty}^N x f_D(x) dx + \int_N^{+\infty} N f_D(x) dx = \left[ x F_D(x) \right]_{-\infty}^N - \int_{-\infty}^N F_D(x) dx + N \int_N^{+\infty} f_D(x) dx =$$

$$N F_D(N) - \int_{-\infty}^N F_D(x) dx + N(1-F_D(N)) = N - \int_{-\infty}^N F_D(x) dx.$$

Les valeurs des expressions trouvées au-dessus avec la loi uniforme continue dépendent du domaine de définition du paramètre  $N$ , comme montré dans [2.14].

Déterminons l'espérance des quantités invendues  $E[(N-D)^+]$  :

si  $N < a$ ,  $E[(N-D)^+] = E[0] = 0$  ;

si  $a \leq N \leq b$ ,  $E[(N-D)^+] = \int_{-\infty}^N F_D(x) dx = \int_{-\infty}^a F_D(x) dx + \int_a^N F_D(x) dx = 0 + \int_a^N \frac{x-a}{b-a} dx =$

$$\int_a^N \frac{x}{b-a} dx - \int_a^N \frac{a}{b-a} dx = \left[ \frac{x^2}{2(b-a)} \right]_a^N - \left[ \frac{ax}{b-a} \right]_a^N = \frac{N^2 - 2aN + a^2}{2(b-a)} ;$$

si  $N > b$ ,  $E[(N-D)^+] = E[N-D] = N - (a+b)/2$ .

Les quantités moyennes en rupture  $E[(D-N)^+]$  sont données par :

$$\text{si } N < a, E[(D-N)^+] = E[D-N] = (a+b)/2 - N ;$$

$$\begin{aligned} \text{si } a \leq N \leq b, E[(D-N)^+] &= \int_N^{+\infty} (1-F_D(x))dx = \int_N^b (1-F_D(x))dx + \int_b^{+\infty} (1-F_D(x))dx = \\ &= \int_N^b \left(1 - \frac{x-a}{b-a}\right)dx + \int_b^{+\infty} (1-1)dx = \int_N^b \left(\frac{b-x}{b-a}\right)dx = -\int_N^b \left(\frac{x}{b-a}\right)dx + \int_N^b \left(\frac{b}{b-a}\right)dx = \\ &= -\left[\frac{x^2}{2(b-a)}\right]_N^b + \left[\frac{bx}{b-a}\right]_N^b = \frac{b^2 - 2bN + N^2}{2(b-a)} ; \end{aligned}$$

$$\text{si } N > b, E[(D-N)^+] = E[0] = 0.$$

L'espérance des ventes  $E[\min(D, N)]$  avec la loi uniforme continue de la demande est donnée par :

$$\text{si } N < a, E[\min(N, D)] = E[N] = N ;$$

$$\text{si } a \leq N \leq b, E[\min(N, D)] = N - \int_{-\infty}^N F_D(x)dx = N - \frac{N^2 - 2aN + a^2}{2(b-a)} = \frac{2bN - N^2 - a^2}{2(b-a)} ;$$

$$\text{si } N > b, E[\min(N, D)] = E[D] = (a+b)/2.$$

Récapitulons les valeurs trouvées dans le tableau 2.1 en fonction du type de la demande (basse ou haute).

**Tableau 2.1.** Valeurs moyennes des produits vendus, des invendus et des produits en rupture avec la demande uniforme continue

	$a_l \leq N < a_h$	$a_h \leq N \leq b_l$	$b_l \leq N \leq b_h$
$E[\min(D_h, N)]$	$N$	$\frac{2b_h N - N^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)}$	
$E[(N - D_h)^+]$	$0$	$\frac{N^2 - 2a_h N + a_h^2}{2(b_h - a_h)}$	
$E[(D_h - N)^+]$	$\frac{a_h + b_h}{2} - N$	$\frac{b_h^2 - 2b_h N + N^2}{2(b_h - a_h)}$	
$E[\min(D_l, N)]$	$\frac{2b_l N - N^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)}$		$\frac{a_l + b_l}{2}$
$E[(N - D_l)^+]$	$\frac{N^2 - 2a_l N + a_l^2}{2(b_l - a_l)}$		$N - \frac{a_l + b_l}{2}$
$E[(D_l - N)^+]$	$\frac{b_l^2 - 2b_l N + N^2}{2(b_l - a_l)}$		$0$

### 2.4.3 Calculs des niveaux de reapprovisionnement

Les niveaux de reapprovisionnement « confiance » du F  $N_i$ , où  $i = h, l$  (décrits par [2.1] et [2.2]) avec la loi uniforme continue prennent la forme suivante :

$$N_i = \arg \max_{D'_i} \pi_s(D'_i) = \arg \max_N E \left[ \begin{array}{l} r \frac{2b_i N - N^2 - a_i^2}{2(b_i - a_i)} - c_s N - \\ h_s \frac{N^2 - 2a_i N + a_i^2}{2(b_i - a_i)} - b_s \frac{b_i^2 - 2b_i N + N^2}{2(b_i - a_i)} \end{array} \right]. \quad [2.15]$$

Le niveau de reapprovisionnement  $N_i$  ( $i = h, l$ ) qui maximise l'espérance de profit existe si la fonction de profit [2.15] est strictement concave. Pour démontrer la concavité de cette fonction il suffit de calculer la dérivée seconde de la fonction de profit par rapport à  $N_i$ . Si elle est inférieure à zéro alors la fonction est concave sur le domaine d'étude et admet un maximum sur le point où la dérivée s'annule. Nous l'obtenons par dérivation:

$$\frac{\partial \pi_s(D'_i)}{\partial N_i} = r \frac{b_i - N_i}{b_i - a_i} - c_s - h_s \frac{N_i - a_i}{b_i - a_i} - b_s \frac{N_i - b_i}{b_i - a_i},$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_i)}{\partial^2 N_i} = \frac{-r - h_s - b_s}{b_l - a_l} < 0,$$

où  $a_l \neq b_l$  par définition.

La dérivée seconde de l'espérance de profit de la chaîne est donc négative, et l'espérance de profit de la chaîne est concave.

La dérivée première s'annule avec  $N_i$  égal à :

$$N_i = \frac{b_l(r - c_s + b_s) + a_l(c_s + h_s)}{r + h_s + b_s}. \quad [2.16]$$

Le niveau de recombplètement « non-confiance » est présenté dans [2.3]. Afin de trouver  $N_0$  qui maximise l'espérance de profit du F nous devons tenir compte de la position de ce paramètre par rapport aux bornes des deux types de la demande.

Si  $a_l \leq N_0 < a_h$ ,

$$\begin{aligned} \pi_s(D'_h, D'_l) = & (1 - \alpha) \left( rN_0 - c_s N_0 - b_s \left( \frac{a_h + b_h}{2} - N_0 \right) \right) + \\ & \alpha \left( r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right). \end{aligned} \quad [2.17]$$

Le niveau de recombplètement  $N_0$  qui maximise l'espérance de profit du F existe si la fonction de profit [2.17] est strictement concave. La dérivée seconde de la fonction de profit par rapport à  $N_0$  est effectivement négative :

$$\frac{\partial \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial N_0} = (1 - \alpha)(r - c_s + b_s) + \alpha \left( r \frac{b_l - N_0}{b_l - a_l} - c_s - h_s \frac{N_0 - a_l}{b_l - a_l} - b_s \frac{N_0 - b_l}{b_l - a_l} \right),$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial^2 N_0} = \frac{\alpha(-r - h_s - b_s)}{b_l - a_l} < 0.$$

La dérivée première s'annule avec  $N_0$  égal à :

$$N_0 = \frac{(b_l - a_l)(r - c_s + b_s)}{\alpha(r + h_s + b_s)} + a_l \text{ si } a_l < N_0 \leq a_h. \quad [2.18]$$

Si le niveau de recombplètement du F se trouve sur l'intersection de deux type de la demande : haute et basse :  $a_h \leq N_0 \leq b_l$ , le profit moyen du F est donné par la formule suivante :

$$\pi_s(D'_h, D'_l) = (1-\alpha) \left( r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right) +$$

$$\alpha \left( r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right),$$

$$\frac{\partial \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial N_0} = (1-\alpha) \left( r \frac{b_h - N_0}{b_h - a_h} - c_s - h_s \frac{N_0 - a_h}{b_h - a_h} - b_s \frac{N_0 - b_h}{b_h - a_h} \right) +$$

$$\alpha \left( r \frac{b_l - N_0}{b_l - a_l} - c_s - h_s \frac{N_0 - a_l}{b_l - a_l} - b_s \frac{N_0 - b_l}{b_l - a_l} \right),$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial^2 N_0} = \frac{(1-\alpha)(-r - h_s - b_s)}{b_l - a_l} + \frac{\alpha(-r - h_s - b_s)}{b_l - a_l} < 0.$$

La dérivée première s'annule avec  $N_0$  ( $a_h \leq N_0 \leq b_l$ ) égal à :

$$N_0 = \frac{(1-\alpha)(b_l - a_l)(b_h r - c_s(b_h - a_h) + a_h h_s + b_h b_s) + \alpha(b_h - a_h)(b_l r - c_s(b_l - a_l) + a_l h_s + b_l b_s)}{(r + h_s + b_s)((1-\alpha)(b_l - a_l) + \alpha(b_h - a_h))}. \quad [2.19]$$

Pour l'intervalle  $b_l < N_0 \leq b_h$ , l'espérance de profit du F est décrit par :

$$\pi_s(D'_h, D'_l) = (1-\alpha) \left( r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right) +$$

$$\alpha \left( r \frac{a_l + b_l}{2} - c_s N_0 - h_s \left( N_0 - \frac{a_l + b_l}{2} \right) \right),$$

$$\frac{\partial \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial N_0} = (1-\alpha) \left( r \frac{b_h - N_0}{b_h - a_h} - c_s - h_s \frac{N_0 - a_h}{b_h - a_h} - b_s \frac{N_0 - b_h}{b_h - a_h} \right) + \alpha(-c_s - h_s),$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial^2 N_0} = \frac{(1-\alpha)(-r - h_s - b_s)}{b_l - a_l} < 0.$$

La dérivée première s'annule avec  $N_0$  égal à :

$$N_0 = b_h - \frac{(b_h - a_h)(c_s + h_s)}{(1 - \alpha)(r + h_s + b_s)}, \text{ si } b_l < N_0 \leq b_h. \quad [2.20]$$

### 2.4.4 Profits des entreprises

Développons maintenant les profits des joueurs pour les différentes issues possibles du jeu (présentés dans la matrice du jeu, fig. 2.7) avec la loi uniforme continue. Les espérances des profits du D/O ( $\pi_r^*$ ) et du F ( $\pi_s^*$ ) en coopération mutuelle sont décrites par [2.4] et [2.5]. Pour modéliser les profits des entreprises avec loi de la demande choisie nous utilisons les calculs intermédiaires présentés dans le tableau 2.1.

Les gains moyens des joueurs en situation de coopération sont :

$$\begin{aligned} \pi_r^* = & (1 - \alpha) \left[ (p - r - c_r) \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ & \alpha \left[ (p - r - c_r) \frac{2b_l N_l - N_l^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_l + N_l^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.21]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^* = & (1 - \alpha) \left[ r \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_h - h_s \frac{N_h^2 - 2a_h N_h + a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ & \alpha \left[ r \frac{2b_l N_l - N_l^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_l - h_s \frac{N_l^2 - 2a_l N_l + a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_l + N_l^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.22]$$

Lorsque le F ne fait pas confiance aux prévisions du D/O il reconstitue son stock au niveau  $N_0$  (les espérances des profits des joueurs sont présentées dans [2.6] et [2.7]). Les profits moyens de non-coopération des entreprises avec la loi de la demande uniforme continue dépendent d'entre quelles bornes se trouve  $N_0$  (les calculs intermédiaires sont présentés dans le tableau 2.1).

Si  $a_l \leq N_0 < a_h$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r^\circ = & (1 - \alpha) \left[ (p - r - c_r) N_0 - b_r \left( \frac{a_h + b_h}{2} - N_0 \right) \right] + \\ & \alpha \left[ (p - r - c_r) \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.23]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^\circ &= (1-\alpha) \left[ rN_0 - c_s N_0 - b_s \left( \frac{a_h + b_h}{2} - N_0 \right) \right] + \\ &\alpha \left[ r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.24]$$

Si  $a_h \leq N_0 \leq b_l$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r^\circ &= (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.25]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^\circ &= (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.26]$$

Si  $b_l < N_0 \leq b_h$ ,

$$\pi_r^\circ = (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{a_l + b_l}{2} \right], \quad [2.27]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^\circ &= (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 - h_s \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ r \frac{a_l + b_l}{2} - c_s N_0 - h_s \left( N_0 - \frac{a_l + b_l}{2} \right) \right]. \end{aligned} \quad [2.28]$$

Dans l'issue du jeu  $NC_r/C_s$  (fig. 2.7) la stratégie du D/O est de passer  $m = H$  face à n'importe quel niveau de la demande observé, le F lui fait confiance et reconstitue son stock au niveau  $N_h$  :

$$\begin{aligned} \pi_r(NC_r, C_s) &= (1-\alpha) \mathbb{E} \left[ (p-r-c_r) \min(N_h, D_h) - b_r (D_h - N_h)^+ \right] + \\ &\alpha \mathbb{E} \left[ (p-r-c_r) \min(N_h, D_l) - b_r (D_l - N_h)^+ \right], \end{aligned} \quad [2.29]$$

$$\begin{aligned} \pi_s(NC_r, C_s) &= (1-\alpha) \mathbb{E} \left[ r \min(N_h, D'_h) - c_s N_h - h_s (N_h - D'_h)^+ - b_s (D'_h - N_h)^+ \right] + \\ &\alpha \mathbb{E} \left[ r \min(N_h, D'_l) - c_s N_h - h_s (N_h - D'_l)^+ - b_s (D'_l - N_h)^+ \right]. \end{aligned} \quad [2.30]$$

Les espérances des profits des entreprises avec la loi de la demande uniforme continue dépendent de

position de  $N_h$  :

Si  $a_h \leq N_h \leq b_l$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r(NC_r / C_s) &= (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_l N_h - N_h^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_h + N_h^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.31]$$

$$\begin{aligned} \pi_s(NC_r / C_s) &= (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_h - h_s \frac{N_h^2 - 2a_h N_h + a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ r \frac{2b_l N_h - N_h^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_h - h_s \frac{N_h^2 - 2a_l N_h + a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_h + N_h^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.32]$$

Si  $b_l < N_h \leq b_h$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r(NC_r / C_s) &= (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{a_l + b_l}{2} \right], \end{aligned} \quad [2.33]$$

$$\begin{aligned} \pi_s(NC_r / C_s) &= (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_h - h_s \frac{N_h^2 - 2a_h N_h + a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ r \frac{a_l + b_l}{2} - c_s N_h - h_s \left( N_h - \frac{a_l + b_l}{2} \right) \right]. \end{aligned} \quad [2.34]$$

Ces profits des joueurs sont utilisés par la suite pour remplir la matrice du jeu.

## 2.4.5 Exemple numérique

Afin d'illustrer numériquement les calculs précédents, nous présentons le paramétrage qui sera utilisé ultérieurement pour le test d'économie expérimentale. Nous considérons que la demande du marché est répartie uniformément entre les bornes [100, 200] pour la demande haute et [50, 150] pour la demande basse avec une distribution équiprobable de tirage de chaque niveau :  $\alpha = 0,5$ . Le prix du produit et les coûts unitaires d'achat, de production et de rupture du D/O sont :  $p = 35$ ,  $r = 20$ ,  $c_r = 5$ ,  $b_r = 10$ . Le F subit les coûts de production, d'inventus et de rupture :  $c_s = 10$ ,  $h_s = 5$ ,  $b_s = 5$ . Avec les paramètres choisis, les niveaux de reapprovisionnement du F seront

optimaux aux valeurs suivantes :  $N_l = 100$ ,  $N_o = 125$ ,  $N_h = 150$ . Les espérances de profits qui en découlent pour les joueurs sont présentées dans la matrice du jeu (fig. 2.9).

		<b>F</b>	
		<i>C</i>	<i>NC</i>
<b>D/O</b>	<i>C</i>	1000 ; 875	937,5 ; 781,25
	<i>NC</i>	1125 ; 687,5	937,5 ; 781,25

**Figure 2.9.** Matrice du jeu : exemple numérique du jeu MTS/MTO en mono-période

Nous pouvons effectivement constater que l'équilibre de Nash correspond à la situation de non-coopération mutuelle, et que les joueurs gagnent plus en coopération. La coopération n'est pas stable au sens de Nash, car le D/O aura intérêt à dévier unilatéralement vers la situation de non-coopération.

## 2.5 RESULTATS PRINCIPAUX POUR LE MODELE MULTI-PERIEDES

### 2.5.1 Caractéristiques du modèle multi-période

La chaîne logistique en multi-périodes diffère du modèle mono-période par la possibilité de stocker les produits non vendus en but de les vendre dans les périodes à venir. La situation à plusieurs périodes peut être caractérisée soit par un nombre spécifique et donné de périodes, soit par un nombre indéterminé. Quand le nombre de périodes est fixe, la modélisation recherche généralement à réaliser un objectif spécifique, comme par exemple terminer l'horizon de temps avec un stock de produits nul, minimiser la somme des coûts logistiques ou maximiser la somme des profits. Ce type de situation a été étudié par des auteurs tels que [Anupindi et Bassok, 2002] et [Bassok et Anupindi, 1997]. Quand le nombre de périodes est « illimité », la modélisation revient souvent à étudier une situation de « régime permanent », comme par exemple dans les travaux de [Tsay, 1999]).

Dans les sections 2.5 et 2.6 nous analysons le jeu sur partage des prévisions dans une chaîne logistique multi-périodes. Ce modèle a été également présenté dans [Taratynava et *al.*, 2009a]. La

section 2.5 détaille les niveaux de rechargement ainsi que les profits des entreprises en situations de coopération, puis de non-coopération mutuelle. Nous présentons aussi notre contribution dans la détermination de l'équilibre de Nash et nous comparons les différentes solutions obtenues. Enfin nous exposons une instanciation du modèle sur le cas particulier d'une demande de marché suivant la loi uniforme continue suivie d'un exemple numérique (section 2.6).

## 2.5.2 Niveaux de stock et de rechargement du F et profits des entreprises

Nous mesurons la performance de chaque entreprise de la chaîne logistique par le profit. Le profit de chaque entreprise représente la différence entre les recettes totales et les dépenses totales. Les recettes du D/O sont les ventes réalisées sur le marché, les dépenses sont représentées par l'achat des produits intermédiaires chez le F, le coût de production et le coût de rupture. Pour la chaîne logistique multi-périodes les recettes du F sont les ventes réalisées auprès du D/O et les dépenses sont les coûts de production, de stockage et de rupture.

Dans le jeu non-répété multi-périodes les stratégies du D/O comme du F sont les mêmes que pour le jeu mono-période. Le D/O a le choix entre passer des prévisions fiables du marché ou passer des prévisions hautes face à tous les niveaux de la demande observés. La stratégie du F consiste à faire ou ne pas faire confiance au message transmis par le D/O. Lorsque le F fait confiance aux prévisions reçues du D/O il choisit le niveau de rechargement correspondant aux prévisions. C'est à dire, si le F reçoit du D/O l'information que la demande sera haute ( $m = H$ ) et fait confiance aux prévisions, il rechargera son stock au niveau  $N_h$  qui maximise son espérance de profit avec la demande du marché  $D'_h$ . De manière analogue, si le F croit aux prévisions basses du D/O ( $m = L$ ) il choisira le niveau de rechargement  $N_l$  afin de maximiser son espérance de profit face à la demande basse du marché  $D'_l$ .

### 2.5.2.1 Calcul de niveaux de stock du F

Afin de modéliser la quantité en stock restant de la période précédente, nous étudions le modèle multi-périodes en régime permanent, quand les partenaires jouent les stratégies prédéfinies pendant un certain nombre de périodes. Les quantités en stock du F en fin de période (tableau 2.2) dépendent :

- de niveau de la demande ;
- de la stratégie du D/O ;
- de la stratégie du F.

**Tableau 2.2.** Stock de fin période du F selon différents type de demande et des stratégies des joueurs

<i>Strat. Joueurs</i>	<i>Type dem.</i>	<i>Prob.</i>	<i>Mess.</i>	<i>Niveau de recombpl. visé</i>	<i>Stock fin période</i>
$C_r, C_s$ (Coop. mut.)	$H$	$1 - \alpha$	$m = H$	$N_h$	$E[(N_h - D'_h)^+]$
	$L$	$\alpha$	$m = L$	$N_l$	$E[(N_l - D'_l)^+]$
	Espérance de stock				$E[(1 - \alpha)(N_h - D'_h)^+ + \alpha(N_l - D'_l)^+]$
$NC_r, NC_s$ (Non coop. mut.)	$H$	$1 - \alpha$	$m = H$	$N_0$	$E[(N_0 - D'_h)^+]$
	$L$	$\alpha$	$m = H$	$N_0$	$E[(N_0 - D'_l)^+]$
	Espérance de stock				$E[(1 - \alpha)(N_0 - D'_h)^+ + \alpha(N_0 - D'_l)^+]$
$NC_r, C_s$	$H$	$1 - \alpha$	$m = H$	$N_h$	$E[(N_h - D'_h)^+]$
	$L$	$\alpha$	$m = H$	$N_h$	$E[(N_h - D'_l)^+]$
	Espérance de stock				$E[(1 - \alpha)(N_h - D'_h)^+ + \alpha(N_h - D'_l)^+]$
$C_r, NC_s$	$H$	$1 - \alpha$	$m = H$	$N_0$	$E[(N_0 - D'_h)^+]$
	$L$	$\alpha$	$m = L$	$N_0$	$E[(N_0 - D'_l)^+]$
	Espérance de stock				$E[(1 - \alpha)(N_0 - D'_h)^+ + \alpha(N_0 - D'_l)^+]$

A la fin de chaque période, après la réalisation de la demande, le F commande les matières premières et lance en fabrication une quantité de produits pour compléter le niveau de stock nominal. A la fin de chaque période, deux situations peuvent se présenter :

- a) le stock est vide.
- b) il reste en stock une quantité non vendue.

Dans le cas *a*) où le stock du F est vide, la quantité à commander correspond aux niveaux de recombplètement :  $N_l$ ,  $N_h$  ou  $N_0$  selon sa stratégie et le message du D/O. Dans le cas *b*), le F commande la différence entre le niveau de recombplètement envisagé et la quantité en stock à la fin de la période.

Pour la suite des calculs, nous allons ajouter l'hypothèse que le stock d'inventus en fin de période n'est jamais supérieur au niveau de recombplètement à venir. Cette hypothèse permet d'éviter des recombpléments théoriques négatifs, et se traduit en réalité par des contraintes sur les caractéristiques de la loi de la demande. Notre modélisation suppose que le F n'ait jamais un stock

d'inventus en fin de période supérieur au niveau de reemplètement envisagé. Nous récapitulons dans le tableau 2.3 une série d'inégalités que nous utiliserons plus loin dans la demande.

**Tableau 2.3.** Contraintes sur stock restant et niveaux de reemplètement

Strat. joueurs	Niveau de reempl. visé	Stock fin période	Condition	
$C_r, C_s$	$N_h$	$E[(N_h - D'_h)^+]$	$N_h \geq (N_h - D'_h)^+$	<i>vérifié</i>
			$N_l \geq (N_h - D'_h)^+$	<i>à prouver</i>
	$N_l$	$E[(N_l - D'_l)^+]$	$N_l \geq (N_l - D'_l)^+$	<i>vérifié</i>
			$N_h \geq (N_l - D'_l)^+$	<i>vérifié</i>
$NC_r, NC_s$	$N_0$	$E[(N_0 - D'_h)^+]$	$N_0 \geq (N_0 - D'_h)^+$	<i>vérifié</i>
	$N_0$	$E[(N_0 - D'_l)^+]$	$N_0 \geq (N_0 - D'_l)^+$	<i>vérifié</i>
$NC_r, C_s$	$N_h$	$E[(N_h - D'_h)^+]$	$N_h \geq (N_h - D'_h)^+$	<i>vérifié</i>
	$N_h$	$E[(N_h - D'_l)^+]$	$N_h \geq (N_h - D'_l)^+$	<i>vérifié</i>
$C_r, NC_s$	$N_0$	$E[(N_0 - D'_h)^+]$	$N_0 \geq (N_0 - D'_h)^+$	<i>vérifié</i>
	$N_0$	$E[(N_0 - D'_l)^+]$	$N_0 \geq (N_0 - D'_l)^+$	<i>vérifié</i>

Comme la demande est non-négative et  $N_l \leq N_0 \leq N_h$ , les inégalités du tableau 2.3 sont vérifiées sauf la contrainte suivante :

$$P[(N_h - D'_h)^+ > N_l] = 0. \quad [2.35]$$

Cette proposition ne peut pas être démontrée tant que la loi de la demande n'est pas définie. Nous présenterons les contraintes sur les caractéristiques de la loi de demande qui vérifient l'inégalité indiquée ci-dessus pour le cas spécifique de la loi uniforme continue dans 2.6.1.

### 2.5.2.2 Calcul de niveaux de reemplètement du F

Le tableau 2.2 nous permet de modéliser les espérances de stock et par conséquent les profits du F pour les différentes issues du jeu. Ainsi, le profit  $\pi_s^*$  (de coopération mutuelle) du F peut être trouvée.  $\pi_s^*$  est décrit par la formule suivante (nous n'introduisons pas d'indicateur de période, parce que l'espérance mathématique de la demande est la même pour toutes les périodes) :

$$\pi_s^* = (1-\alpha)E\left[r \min(N_h, D'_h) - h_s(N_h - D'_h)^+ - b_s(D'_h - N)^+ - c_s(N_h - (1-\alpha)(N_h - D'_h)^+ - \alpha(N_l - D'_l)^+)\right] + \alpha E\left[r \min(N_l, D'_l) - h_s(N_l - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N_l)^+ - c_s(N_l - (1-\alpha)(N_h - D'_h)^+ - \alpha(N_l - D'_l)^+)\right].$$

Le profit du F peut être simplifié sous la forme suivante :

$$\pi_s^* = (1-\alpha)E\left[r \min(N_h, D'_h) - b_s(D'_h - N_h)^+ - c_s N_h + (c_s - h_s)(N_h - D'_h)^+\right] + \alpha E\left[r \min(N_l, D'_l) - b_s(D'_l - N_l)^+ - c_s N_l + (c_s - h_s)(N_l - D'_l)^+\right]. \quad [2.36]$$

Maintenant la paire  $(N_h, N_l)$  maximisant le profit  $\pi_s^*$  du F peut être trouvée. Afin de trouver  $N_h$  qui maximise la formule de profit du F [2.36] nous optimisons juste la première partie de la formule où  $N_h$  apparaît. Le raisonnement est similaire pour  $N_l$  :

$$N_h = \arg \max_N E\left[r \min(N, D'_h) - b_s(D'_h - N)^+ - c_s N + (c_s - h_s)(N - D'_h)^+\right], \quad [2.37]$$

$$N_l = \arg \max_N E\left[r \min(N, D'_l) - b_s(D'_l - N)^+ - c_s N + (c_s - h_s)(N - D'_l)^+\right]. \quad [2.38]$$

D'autre part, si le F ne fait pas confiance aux prévisions, il les considère comme n'apportant aucune information supplémentaire et il les ignore. Le F choisit le niveau de recombplètement en se basant sur sa connaissance du marché (distribution de probabilité  $\alpha$ ).  $N_0$  est donné par :

$$N_0 = \arg \max_N \left\{ \begin{array}{l} (1-\alpha)E\left[r \min(N, D'_h) - b_s(D'_h - N)^+ - c_s N + (c_s - h_s)(N - D'_h)^+\right] + \\ \alpha E\left[r \min(N, D'_l) - b_s(D'_l - N)^+ - c_s N + (c_s - h_s)(N - D'_l)^+\right] \end{array} \right\}. \quad [2.39]$$

### 2.5.2.3 Profits des entreprises

Dans une coopération mutuelle quand le D/O passe les prévisions fiables et le F lui fait confiance l'espérance du profit du D/O ( $\pi_r^*$ ) et l'espérance du profit du F ( $\pi_s^*$ ) en coopération mutuelle sont décrites par les formules suivantes :

$$\pi_r^* = (1-\alpha)E\left[(p-r-c_r) \min(N_h, D_h) - b_r(D_h - N_h)^+\right] + \alpha E\left[(p-r-c_r) \min(N_l, D_l) - b_r(D_l - N_l)^+\right], \quad [2.40]$$

$$\pi_s^* = (1-\alpha)E\left[r \min(N_h, D'_h) - b_s(D'_h - N_h)^+ - c_s N_h + (c_s - h_s)(N_h - D'_h)^+\right] + \alpha E\left[r \min(N_l, D'_l) - h_s(N_l - D'_l)^+ - b_s(D'_l - N_l)^+ - c_s N_l + (c_s - h_s)(N_l - D'_l)^+\right]. \quad [2.41]$$

Dans une situation de non-coopération quand le D/O passe les prévisions non fiables et le F ne fait

pas confiance aux prévisions de son partenaire, les espérances de profits des joueurs sont :

$$\begin{aligned} \pi_r^\circ &= (1-\alpha)\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N_0, D_h) - b_r(D_h - N_0)^+\right] + \\ &\alpha\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N_0, D_l) - b_r(D_l - N_0)^+\right], \end{aligned} \quad [2.42]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^\circ &= (1-\alpha)\mathbb{E}\left[r\min(N_0, D'_h) - b_s(D'_h - N_0)^+ - c_s N_0 + (c_s - h_s)(N_0 - D'_h)^+\right] + \\ &\alpha\mathbb{E}\left[r\min(N_0, D'_l) - b_s(D'_l - N_0)^+ - c_s N_0 + (c_s - h_s)(N_0 - D'_l)^+\right]. \end{aligned} \quad [2.43]$$

La matrice du jeu est présentée dans la figure 2.10. Les stratégies des acteurs sont indiquées par des abréviations : *C* – coopérer, *NC* – ne pas coopérer. Pour le D/O, *C* signifie partager des prévisions fiables et *NC* – transmettre toujours des prévisions hautes pour la demande face à n'importe quel niveau de la demande observé. Pour le fournisseur *C* ou *NC* représentent faire ou ne pas faire confiance au message du D/O respectivement.

**F**

		<i>C</i>	<i>NC</i>
<b>D/O</b>	<i>C</i>	$\pi_r^*, \pi_s^*$	$\pi_r^\circ, \pi_s^\circ$
	<i>NC</i>	$\pi_r(NC_r, C_s),$ $\pi_s(NC_r, C_s)$	$\pi_r^\circ, \pi_s^\circ$

**Figure 2.10.** Matrice du jeu MTS/MTO en multi-périodes

### 2.5.3 Equilibre de Nash

**Proposition 2.4** L'équilibre de Nash du jeu non répété correspond à la non-coopération mutuelle quand le D/O passe les prévisions non fiables ( $m = H$  pour tous niveaux de la demande future) et le F ne les prend pas en compte (le F aura en stock de sortie  $N_0$ ).

*Preuve.* Le profit du D/O est croissant en  $N$  :

$$\begin{aligned} \pi_r &= (1-\alpha)\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N, D_h) - b_r(D_h - N)^+\right] + \\ &\alpha\mathbb{E}\left[(p-r-c_r)\min(N, D_l) - b_r(D_l - N)^+\right] \end{aligned} \quad [2.44]$$

Donc, la stratégie faiblement dominante du D/O est de passer l'information  $m = H$  face à n'importe quel niveau de la demande observée. Le F en réalisant la tendance du profit du D/O choisit le niveau de recombplètement  $N_0 \in [N_l, N_h]$  parce que :

$$\begin{aligned} \pi_s^* &= (1-\alpha)\mathbb{E}\left[r \min(N_h, D'_h) - b_s(D'_h - N_h)^+ - c_s N_h + (c_s - h_s)(N_h - D'_h)^+\right] + \\ &\alpha\mathbb{E}\left[r \min(N_h, D'_l) - b_s(D'_l - N_h)^+ - c_s N_h + (c_s - h_s)(N_h - D'_l)^+\right] \leq \\ &\leq \pi_s(NC_r, C_s) = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[r \min(N_0, D'_h) - b_s(D'_h - N_0)^+ - c_s N_0 + (c_s - h_s)(N_0 - D'_h)^+\right] + \\ &\alpha\mathbb{E}\left[r \min(N_0, D'_l) - b_s(D'_l - N_0)^+ - c_s N_0 + (c_s - h_s)(N_0 - D'_l)^+\right] \end{aligned} \quad [2.45]$$

d'après la définition de  $N_h$  et  $N_0$  (voir [2.37] et [2.39]).

Donc, l'équilibre de Nash correspond à la non-coopération mutuelle. Cet équilibre est unique parce que l'autre position non éliminée par la domination faible n'est pas stable au sens de Nash, car  $\pi_s^\circ \leq \pi_s^*$ . ■

En résumé, le D/O a intérêt à afficher la demande haute du marché et à avoir plus de produits en stock chez le F et pour lesquels il ne paye pas. En se rendant compte de cette incitation du D/O, le F n'est pas capable de distinguer les vraies prévisions de la demande. Donc la meilleure stratégie du F est d'ignorer les prévisions du D/O. Ce résultat est aussi lié au fait qu'on étudie ici le jeu non-itéré dans lequel les joueurs ne sont inquiétés ni par leur réputation ni par les gains futurs. Une des perspectives est bien sûr d'analyser le jeu répété dans lequel l'équilibre de Nash peut changer selon certaines conditions et nous amener vers la coopération.

## 2.5.4 Comparaison des solutions

Après avoir trouvé l'équilibre de Nash du jeu multi-période, nous évaluons la performance de l'équilibre de Nash.

**Proposition 2.5** Le profit du F en coopération mutuelle est égal ou supérieur à celui de l'équilibre de Nash (non-coopération mutuelle).

*Preuve.* Le F gagne toujours plus en situation de la coopération qu'en non-coopération avec la demande haute ou basse du marché.

$$\begin{aligned} \pi_s^*(D'_h) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_h, D'_h) - b_s(D'_h - N_h)^+ - c_s N_h + (c_s - h_s)(N_h - D'_h)^+\right] \geq \\ \pi_s^\circ(D'_h) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_0, D'_h) - b_s(D'_h - N_0)^+ - c_s N_0 + (c_s - h_s)(N_0 - D'_h)^+\right] \end{aligned} \quad [2.46]$$

d'après la définition de  $N_h$  et  $N_0$  (voir [2.37] et [2.39]).

$$\begin{aligned}\pi_s^*(D'_l) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_l, D'_l) - b_s(D'_l - N_l)^+ - c_s N_l + (c_s - h_s)(N_l - D'_l)^+\right] \geq \\ \pi_s^\circ(D'_l) &= \mathbb{E}\left[r \min(N_0, D'_l) - b_s(D'_l - N_0)^+ - c_s N_0 + (c_s - h_s)(N_0 - D'_l)^+\right]\end{aligned}\quad [2.47]$$

d'après la définition de  $N_l$  et  $N_0$  (voir [2.38] et [2.39]).

Donc, le F optimise toujours son profit en coopération mutuelle.

**Proposition 2.6** Le D/O face à la demande haute a intérêt à rechercher le profit de la coopération mutuelle, et avec la demande basse – le profit de la non-coopération.

*Preuve.* Étant donné que le prix unitaire doit couvrir le prix d'achat du produit intermédiaire et le coût de production  $p - r - c_r > 0$ , et  $N_0 \in [N_l, N_h]$  les inégalités suivantes sont vérifiées :

$$\begin{aligned}\pi_r^*(D_h) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_h, D_h) - b_r(D_h - N_h)^+\right] \geq \\ \pi_r^\circ(D_h) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_0, D_h) - b_r(D_h - N_0)^+\right],\end{aligned}\quad [2.48]$$

$$\begin{aligned}\pi_r^*(D_l) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_l, D_l) - b_r(D_l - N_l)^+\right] \leq \\ \pi_r^\circ(D_l) &= \mathbb{E}\left[(p - r - c_r) \min(N_0, D_l) - b_r(D_l - N_0)^+\right] \quad \blacksquare.\end{aligned}\quad [2.49]$$

Ces résultats montrent que le D/O a l'intention de passer des prévisions surévaluées afin d'avoir une réserve supplémentaire de stock chez le F pour lequel il ne paye pas. En conséquence, compte tenu de l'hypothèse de comportement rationnel, le F ne prend pas en compte les prévisions reçues du D/O pour choisir le niveau de rechargement. Un tel comportement des joueurs les amène vers la situation de non-coopération correspondant à l'équilibre de Nash. L'équilibre de Nash s'avère toujours moins efficace pour le F et parfois pour le D/O. Compte tenu que l'équilibre de Nash est une solution stable, les joueurs ne peuvent pas sortir de cette situation de non-coopération dans le jeu non répété ou sans autorité supérieure (par exemple un contrat).

## 2.6 EXEMPLE D'APPLICATION AVEC LA LOI UNIFORME POUR LE MODELE MULTI-PERIEODES

### 2.6.1 Formulation mathématique

Nous reprenons la loi uniforme continue afin de modéliser la demande dans le modèle multi-périodes. La fonction de répartition de cette loi est donnée par [2.50] :

$$F(x) = \begin{cases} 0 & \text{pour } x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & \text{pour } a \leq x \leq b, \\ 1 & \text{pour } x > b \end{cases} \quad [2.50]$$

où  $a$  et  $b$  sont les bornes inférieure et supérieure respectivement.

Nous considérons les bornes  $a_l$  et  $b_l$  de demande basse et  $a_h$  et  $b_h$  de demande haute telles que :  $a_l < a_h < b_l < b_h$ . Donc,  $a_l \leq N_l \leq b_l$ ,  $a_h \leq N_h \leq b_h$ ,  $a_l \leq N_0 \leq b_h$ .

Maintenant nous pouvons analyser la contrainte [2.35] sur le stock restant du F :  $P[(N_h - D_h)^+ > N_l] = 0$  ou  $P[D_h > N_h - N_l] = 0$ . Comme  $a_h \leq D_h \leq b_h$ , cette condition est vérifiée, à condition que la limite inférieure de la demande haute  $a_h$  soit supérieure à la différence des niveaux de rechargement haut et bas ( $N_h - N_l$ ) :

$$a_h > (N_h - N_l). \quad [2.51]$$

### 2.6.2 Calculs des niveaux de rechargement

Les niveaux de rechargement « confiance » du F  $N_i$ , où  $i = h, l$  (décrits par [2.37] et [2.38]) avec la loi uniforme continue prennent la forme suivante :

$$N_i = \arg \max_{D'_i} \pi_s(D'_i) = \arg \max_N E \left[ \begin{array}{c} r \frac{2b_i N - N^2 - a_i^2}{2(b_i - a_i)} - b_s \frac{b_i^2 - 2b_i N + N^2}{2(b_i - a_i)} - \\ c_s N + (c_s - h_s) \frac{N^2 - 2a_i N + a_i^2}{2(b_i - a_i)} \end{array} \right]. \quad [2.52]$$

Les formules d'espérance des produits vendus  $E[\min(N, D'_h)]$ , des produits en rupture  $E[(D'_h - N)^+]$  et de stock  $E[(N - D'_h)^+]$  avec la demande uniforme continue sont pris du tableau 2.1.

Le niveau de recombplètement  $N_i$  qui maximise l'espérance de profit du F existe si la fonction de profit [2.52] est strictement concave. La dérivée seconde de la fonction de profit par rapport à  $N_i$  est effectivement négative :

$$\frac{\partial \pi_s(D'_i)}{\partial N_i} = r \frac{b_i - N_i}{b_i - a_i} - b_s \frac{N_i - b_i}{b_i - a_i} - c_s + (c_s - h_s) \frac{N_i - a_i}{b_i - a_i},$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_i)}{\partial^2 N_i} = \frac{-r - b_s + c_s - h_s}{b_i - a_i} < 0,$$

où  $a_i \neq b_i$  par définition.

La dérivée première s'annule avec  $N_i$  égal à :

$$N_i = \frac{b_i(r + b_s - c_s) + a_i h_s}{r + h_s + b_s - c_s} \quad [2.53]$$

Le niveau de recombplètement « non-confiance » est présenté dans [2.39]. Afin de trouver  $N_0$  qui maximise le profit du F nous devons tenir compte de la position de ce paramètre par rapport aux bornes des deux types de la demande.

Si  $a_l \leq N_0 < a_h$ ,

$$\pi_s(D'_h, D'_l) = (1 - \alpha) \left( r N_0 - b_s \left( \frac{a_h + b_h}{2} - N_0 \right) - c_s N_0 \right) +$$

$$\alpha \left( r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} \right) \rightarrow \max,$$

$$\frac{\partial \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial N_0} = (1 - \alpha)(r + b_s - c_s) + \alpha \left( r \frac{b_l - N_0}{b_l - a_l} - b_s \frac{N_0 - b_l}{b_l - a_l} - c_s + (c_s - h_s) \frac{N_0 - a_l}{b_l - a_l} \right) = 0.$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial^2 N_0} = \frac{\alpha(-r - b_s + c_s - h_s)}{b_l - a_l} < 0.$$

La dérivée première s'annule avec  $N_0$  égal à :

$$N_0 = \frac{(b_l - a_l)(r - c_s + b_s)}{\alpha(r + h_s + b_s - c_s)} + a_l. \quad [2.54]$$

Si  $a_h \leq N_0 \leq b_l$ ,

$$\pi_s(D'_h, D'_l) = (1-\alpha) \left( r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} \right) +$$

$$\alpha \left( r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} \right) \rightarrow \max,$$

$$\frac{\partial \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial N_0} = (1-\alpha) \left( r \frac{b_h - N_0}{b_h - a_h} - b_s \frac{N_0 - b_h}{b_h - a_h} - c_s + (c_s - h_s) \frac{N_0 - a_h}{b_h - a_h} \right) +$$

$$\alpha \left( r \frac{b_l - N_0}{b_l - a_l} - b_s \frac{N_0 - b_l}{b_l - a_l} - c_s + (c_s - h_s) \frac{N_0 - a_l}{b_l - a_l} \right) = 0.$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial^2 N_0} = \frac{(1-\alpha)(-r - b_s + c_s - h_s)}{b_h - a_h} + \frac{\alpha(-r - b_s + c_s - h_s)}{b_l - a_l} < 0.$$

La dérivée première s'annule avec  $N_0$  égal à :

$$N_0 = \frac{(1-\alpha)(b_l - a_l)(b_h(r + b_s - c_s) + a_h h_s) + \alpha(b_h - a_h)(b_l(r + b_s - c_s) + a_h h_s)}{(r + h_s + b_s - c_s)((1-\alpha)(b_l - a_l) + \alpha(b_h - a_h))}. \quad [2.55]$$

Si  $b_l < N_0 \leq b_h$ ,

$$\pi_s(D'_h, D'_l) = (1-\alpha) \left( r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} \right) +$$

$$\alpha \left( r \frac{a_l + b_l}{2} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \left( N_0 - \frac{a_l + b_l}{2} \right) \right) \rightarrow \max,$$

$$\frac{\partial \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial N_0} = (1-\alpha) \left( r \frac{b_h - N_0}{b_h - a_h} - b_s \frac{N_0 - b_h}{b_h - a_h} - c_s + (c_s - h_s) \frac{N_0 - a_h}{b_h - a_h} \right) + \alpha(-c_s + (c_s - h_s)N_0) = 0.$$

$$\frac{\partial^2 \pi_s(D'_h, D'_l)}{\partial^2 N_0} = \frac{(1-\alpha)(-r - b_s + c_s - h_s)}{b_h - a_h} < 0.$$

En développant, nous arrivons à :

$$N_0 = b_h - \frac{h_s(b_h - a_h)}{(1-\alpha)(r + h_s + b_s - c_s)}. \quad [2.56]$$

### 2.6.3 Profits des entreprises

Développons maintenant les profits des joueurs du jeu de partage des prévisions en multi-périodes avec la loi uniforme continue. Les espérances des profits du D/O ( $\pi_r^*$ ) et du F ( $\pi_s^*$ ) en coopération mutuelle sont décrites par [2.40] et [2.41]. Les gains moyens des joueurs en situation de coopération sont (les calculs intermédiaires sont représentés dans le tableau 2.1) :

$$\begin{aligned} \pi_r^* = & (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ & \alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_l N_l - N_l^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_l + N_l^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.57]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^* = & (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_h + (c_s - h_s) \frac{N_h^2 - 2a_h N_h + a_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ & \alpha \left[ r \frac{2b_l N_l - N_l^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_l + N_l^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_l + (c_s - h_s) \frac{N_l^2 - 2a_l N_l + a_l^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.58]$$

Lorsque le F ne fait pas confiance aux prévisions du D/O il reconstitue son stock au niveau  $N_0$  (les espérances des profits des joueurs sont présentées dans [2.42] et [2.43]). Les profits moyens de non-coopération des entreprises avec la loi de la demande uniforme continue dépendent de fait entre quelles bornes se trouve  $N_0$  (les calculs intermédiaires sont présentés dans le tableau 2.1).

Si  $a_l \leq N_0 < a_h$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r^\circ = & (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) N_0 - b_r \left( \frac{a_h + b_h}{2} - N_0 \right) \right] + \\ & \alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.59]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^\circ = & (1-\alpha) \left[ r N_0 - b_s \left( \frac{a_h + b_h}{2} - N_0 \right) - c_s N_0 \right] + \\ & \alpha \left[ r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.60]$$

Si  $a_h \leq N_0 \leq b_l$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r^\circ &= (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.61]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^\circ &= (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ r \frac{2b_l N_0 - N_0^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_0 + N_0^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_l N_0 + a_l^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.62]$$

Si  $b_l < N_0 \leq b_h$ ,

$$\pi_r^\circ = (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{a_l + b_l}{2} \right], \quad [2.63]$$

$$\begin{aligned} \pi_s^\circ &= (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_0 - N_0^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_0 + N_0^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \frac{N_0^2 - 2a_h N_0 + a_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ r \frac{a_l + b_l}{2} - c_s N_0 + (c_s - h_s) \left( N_0 - \frac{a_l + b_l}{2} \right) \right]. \end{aligned} \quad [2.64]$$

Dans l'issue du jeu  $NC_r/C_s$  (fig. 2.10) la stratégie du D/O est de passer  $m = H$  face à n'importe quel niveau de la demande observé, le F lui fait confiance et reconstitue son stock au niveau  $N_h$  :

$$\begin{aligned} \pi_r(NC_r, C_s) &= (1-\alpha) \mathbb{E} \left[ (p-r-c_r) \min(N_h, D_h) - b_r (D_h - N_h)^+ \right] + \\ &\alpha \mathbb{E} \left[ (p-r-c_r) \min(N_h, D_l) - b_r (D_l - N_h)^+ \right], \end{aligned} \quad [2.65]$$

$$\begin{aligned} \pi_s(NC_r, C_s) &= (1-\alpha) \mathbb{E} \left[ r \min(N_h, D'_h) - b_s (D'_h - N_h)^+ - c_s N_h + (c_s - h_s) (N_h - D'_h)^+ \right] + \\ &\alpha \mathbb{E} \left[ r \min(N_h, D'_l) - h_s (N_h - D'_l)^+ - b_s (D'_l - N_h)^+ - c_s N_h + (c_s - h_s) (N_h - D'_l)^+ \right]. \end{aligned} \quad [2.66]$$

L'espérance des profits des entreprises dépend de position de  $N_h$  :

Si  $a_h \leq N_h \leq b_l$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r(NC_r, C_s) &= (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ &\alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_l N_h - N_h^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_r \frac{b_l^2 - 2b_l N_h + N_h^2}{2(b_l - a_l)} \right], \end{aligned} \quad [2.67]$$

$$\begin{aligned} \pi_s(NC_r, C_s) = & (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_h + (c_s - h_s) \frac{N_h^2 - 2a_h N_h + a_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ & \alpha \left[ r \frac{2b_l N_h - N_h^2 - a_l^2}{2(b_l - a_l)} - b_s \frac{b_l^2 - 2b_l N_h + N_h^2}{2(b_l - a_l)} - c_s N_h + (c_s - h_s) \frac{N_h^2 - 2a_l N_h + a_l^2}{2(b_l - a_l)} \right]. \end{aligned} \quad [2.68]$$

Si  $b_l < N_h \leq b_h$ ,

$$\begin{aligned} \pi_r(NC_r, C_s) = & (1-\alpha) \left[ (p-r-c_r) \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_r \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ & \alpha \left[ (p-r-c_r) \frac{a_l + b_l}{2} \right], \end{aligned} \quad [2.69]$$

$$\begin{aligned} \pi_s(NC_r, C_s) = & (1-\alpha) \left[ r \frac{2b_h N_h - N_h^2 - a_h^2}{2(b_h - a_h)} - b_s \frac{b_h^2 - 2b_h N_h + N_h^2}{2(b_h - a_h)} - c_s N_h + (c_s - h_s) \frac{N_h^2 - 2a_h N_h + a_h^2}{2(b_h - a_h)} \right] + \\ & \alpha \left[ r \frac{a_l + b_l}{2} - c_s N_h + (c_s - h_s) \left( N_h - \frac{a_l + b_l}{2} \right) \right]. \end{aligned} \quad [2.70]$$

Ces profits des joueurs sont utilisés par la suite pour remplir la matrice du jeu.

### 2.6.4 Exemple numérique

Afin d'illustrer numériquement les calculs précédents, nous reprenons le paramétrage qui était utilisé dans 2.4.5 pour illustrer le jeu mono-période. Nous considérons que la demande du marché est répartie uniformément entre les bornes [50, 150] pour la demande basse et [100, 200] pour la demande haute. La distribution de tirage de chaque niveau :  $\alpha = 0,5$ . Le prix du produit et les coûts unitaires d'achat, de production et de rupture du D/O sont :  $p = 35$ ,  $r = 20$ ,  $c_r = 5$ ,  $b_r = 10$ . Le F subit les coûts de production, de stockage et de rupture :  $c_s = 10$ ,  $h_s = 5$ ,  $b_s = 5$ . Avec les paramètres choisis, les niveaux de rechargement du F seront optimaux aux valeurs suivantes :  $N_l = 125$ ,  $N_0 = 150$ ,  $N_h = 175$ . La contrainte [2.51]  $a_h > (N_h - N_l)$  est vérifiée. Nous pouvons remarquer que les niveaux de rechargement du F sont plus importants que dans le jeu mono-période. Cette augmentation est liée à la possibilité de stockage des produits non vendus par le F. Les espérances de profits qui en découlent pour les joueurs sont présentées dans la matrice du jeu (fig. 2.11).

		<b>F</b>	
		<i>C</i>	<i>NC</i>
<b>D/O</b>	<i>C</i>	1187,5 ; 1062,5	1125 ; 1000
	<i>NC</i>	1218,75 ; 968,75	1125 ; 1000

**Figure 2.11.** Matrice du jeu : exemple numérique du jeu MTS/MTO en multi-périodes

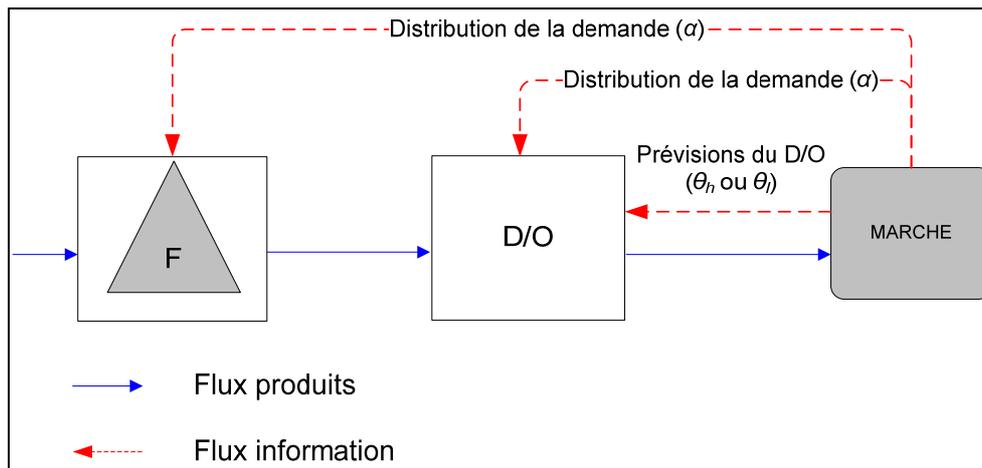
La matrice du jeu multi-périodes (fig. 2.11) montre que les profits du F et du D/O sont plus importants que dans le jeu mono-période (fig. 2.9). Mais cette augmentation ne change pas l'équilibre de Nash qui correspond à la situation de non-coopération mutuelle. Cet équilibre de Nash est Pareto-dominé par l'issue coopérative du jeu. La coopération n'est pas stable au sens de Nash, car le D/O aura intérêt à dévier unilatéralement vers la situation de non-coopération.

## 2.7 DISCUSSION SUR LE PARTAGE DES PREVISIONS

Il est maintenant possible d'analyser l'intérêt d'un échange d'informations au sein de la chaîne logistique étudiée. La question qui se pose est de savoir si la transmission des prévisions de la demande améliore la performance des acteurs de la chaîne logistique. Pour cela, nous allons distinguer trois cas : l'absence de transmission d'informations, la transmission des prévisions via le D/O, l'accès direct pour tous aux prévisions du marché.

### 2.7.1 Absence de transmission d'information

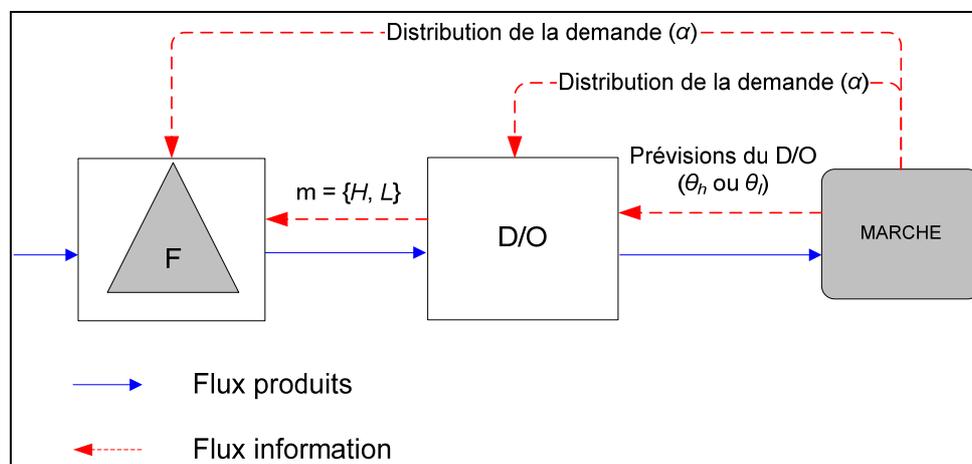
Dans ce premier cas (fig. 2.12), le D/O ne transmet aucune prévision de vente à son F. La conséquence directe est que le F pilote ses stocks à partir de sa connaissance de la distribution de probabilité entre demande haute et demande basse. Il réapprovisionne donc en visant le niveau de recombplètement moyen  $N_0$ , et obtient le profit  $\pi_s^o$ . Le D/O obtient alors le profit  $\pi_r^o$ .



**Figure 2.12.** Absence de transmission d'information

### 2.7.2 Transmission des prévisions via le D/O

Ce second cas (fig. 2.13) mène à l'équilibre de Nash dans lequel le F ne fait pas confiance aux prévisions. Il réapprovisionne donc toujours en visant le niveau de reapprovisionnement moyen  $N_0$ , et obtient le profit  $\pi_s^\circ$ . Le D/O obtient à nouveau le profit  $\pi_r^\circ$ . La transmission de prévisions via le D/O ne permet donc pas de coordonner la chaîne logistique efficacement dans ce modèle.

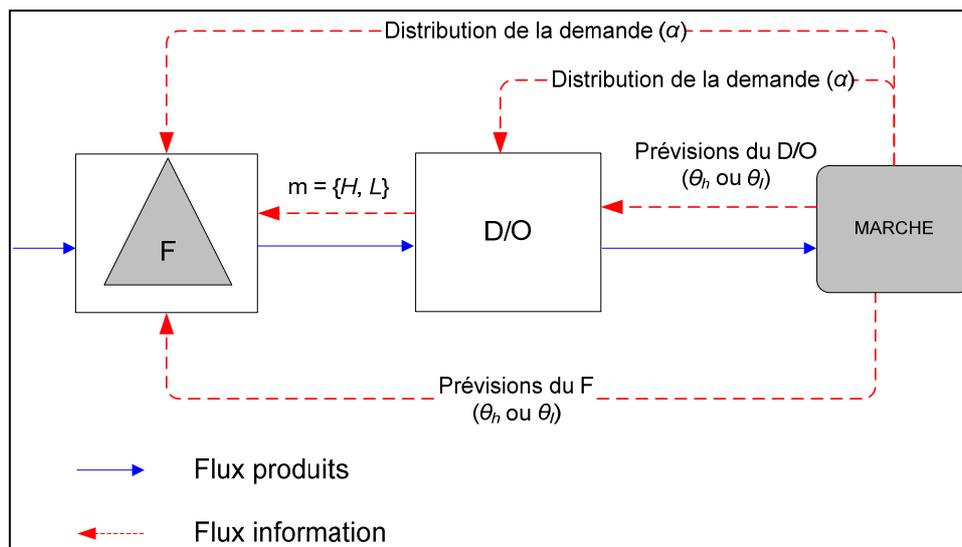


**Figure 2.13.** Transmission des prévisions via le D/O

### 2.7.3 Accès direct pour tous aux prévisions du marché

Nous analysons à présent le cas où le F possède le même accès direct aux prévisions du marché que le D/O (fig. 2.14). Dans ce cas, le F aura naturellement confiance dans les informations obtenues, et

visera les niveaux de recombplètement  $N_l$  et  $N_h$ , selon la valeur basse ou haute de la prédiction reçue. Cette fois ci, le F recevra le profit  $\pi_s^*$ , et le D/O obtiendra  $\pi_r^*$ . Il faut cependant noter que si cette situation de partage complet d'information est toujours à l'avantage du F ( $\pi_s^* \geq \pi_s^\circ$ ), elle n'est pas toujours favorable au D/O (cela dépend des caractéristiques de la loi de la demande). En fonction de la loi de demande, le D/O pourra donc avoir intérêt selon une rationalité strictement individuelle à éviter que son F ait accès à l'information sur les prévisions de vente.



**Figure 2.14.** Accès direct aux prévisions du marché

## 2.8 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons présenté une modélisation par la théorie des jeux d'une chaîne logistique à deux étages : un donneur d'ordres qui achète et revend à la commande face à une demande aléatoire de marché, et un fournisseur qui produit sur stock et est lié au donneur d'ordres par un contrat linéaire de prix de gros. Le donneur d'ordres, qui est plus proche du marché final, a une meilleure connaissance de la demande et transmet à son fournisseur de l'information sur les prévisions de cette demande. Les prévisions sont binaires et prédisent le type de la demande du marché : demande haute ou demande basse. L'information est donc à la fois asymétrique car le donneur d'ordres est au départ mieux informé, mais aussi imparfaite car ces informations ne sont que des prévisions approchées des commandes réelles finales du marché. En fonction de ses propres objectifs de maximisation de profit, le donneur d'ordres peut décider de transmettre à son fournisseur des prévisions exactes, ou bien surestimées de façon à s'assurer que celui-ci possède bien un stock suffisant au moment où il lui transmettra la commande réelle du marché. En face, le fournisseur peut décider de faire confiance ou non aux prévisions données par son donneur d'ordres,

et ceci en fonction de son intérêt propre. Dans notre modèle, les actions associées à chacune des décisions possibles porteront sur les niveaux de reapprovisionnement des stocks de produits vendus. Ainsi, le fournisseur, qui gère son stock suivant une politique de stock nominal, subit le coût des invendus pour les produits fabriqués et non vendus. Il peut décider de tenir un stock conforme aux prévisions de son donneur d'ordres, ou bien déterminer de son côté un niveau de stock qui corresponde à sa propre vision de la demande. A l'arrivée, les performances de chaque entreprise et de la chaîne sont évaluées en termes de coûts de production, d'invendus et de ruptures. Ces performances dépendent bien sûr du comportement des acteurs et de leur niveau de coopération quant aux échanges des prévisions de demande.

Nous avons étudié deux modèles de jeux non-répétés : en mono- et multi-périodes. Dans ces jeux l'équilibre de Nash correspond à la non-coopération mutuelle, où le donneur d'ordres passe toujours les prévisions hautes de la demande et le fournisseur ne lui fait pas confiance. Les performances des joueurs dans l'équilibre de Nash sont inférieures à celles de la coopération mutuelle (lorsque le donneur d'ordres envoie des prévisions fiables du marché et le fournisseur les prend en compte pour les calculs des niveaux de reapprovisionnement). L'équilibre de Nash n'est pas optimal pour les deux acteurs et pour la chaîne dans son ensemble.

Dans le chapitre suivant, nous étudions la chaîne composée d'un donneur d'ordres et d'un fournisseur qui produisent chacun sur stock (MTS/MTS). Ainsi le modèle aura deux niveaux de stockage.



## 3 CHAPITRE 3. MODELE MTS/MTS

### Table des matières

---

3.1	Introduction .....	123
3.2	Modèle du jeu .....	123
3.2.1	Modèle de la chaîne logistique et notations.....	123
3.2.2	Description du jeu.....	126
3.3	Résultats principaux .....	128
3.3.1	Commandes optimales du D/O, niveaux de rechargement du F et profits des entreprises .....	128
3.3.2	Equilibre de Nash .....	134
3.3.3	Comparaison des solutions .....	137
3.4	Conclusion.....	140

---

### 3.1 INTRODUCTION

Dans le chapitre précédent nous avons étudié la chaîne logistique MTS/MTO avec un seul point de stockage chez le fournisseur, qui produit sur stock. Nous avons prouvé que l'équilibre du jeu sur partage des prévisions de la demande correspond à la non-coopération mutuelle. Cet équilibre, qui est une issue stable du jeu, est Pareto dominé par les résultats de la coopération mutuelle. Dans le présent chapitre nous modélisons la chaîne composée d'un donneur d'ordres et d'un fournisseur qui produisent chacun sur stock (MTS/MTS). Ainsi la chaîne a deux niveaux de stockage (chez le fournisseur et chez le donneur d'ordres). Ce modèle a été traité dans [Taratynava et *al.*, 2009b].

### 3.2 MODELE DU JEU

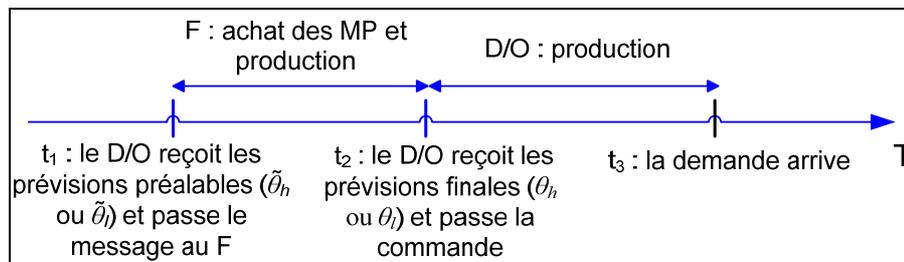
#### 3.2.1 Modèle de la chaîne logistique et notations

Dans le jeu MTS/MTS en mono-période, nous fixons que le F et le D/O produisent sur stock (MTS). Ainsi la chaîne logistique analysée a 2 étages de stockage. Les entreprises gèrent leurs stocks avec la politique de stock nominal. Pour le F la variable de la décision est le niveau de rechargement ( $n$ )

qui maximise son espérance de profit, sachant que les produits non vendus ne seront pas utilisables à la prochaine période (jeu en mono-période).

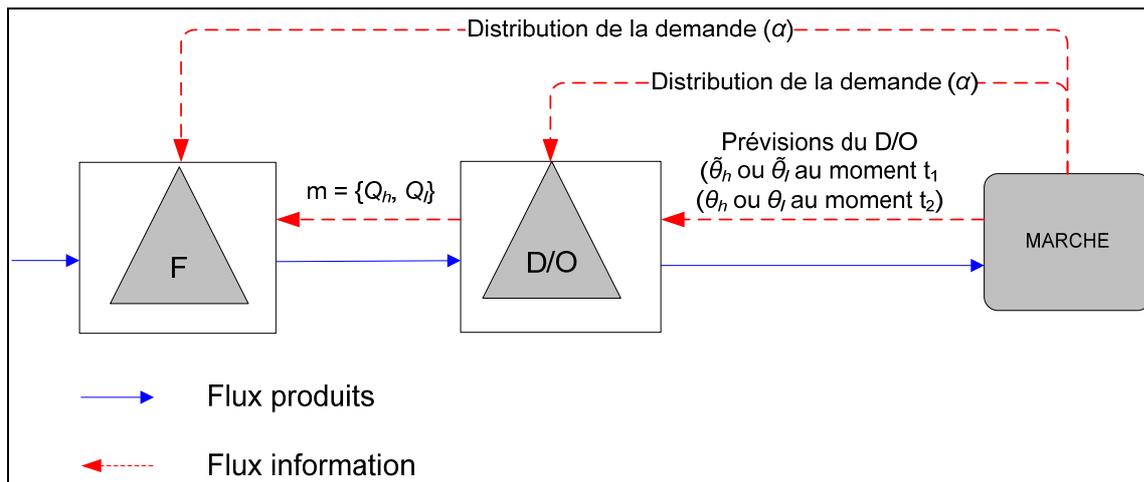
Comme dans le cas de modèle MTS/MTO, le D/O vend les produits sur le marché au prix unitaire  $p$  et achète les produits intermédiaires chez F au prix unitaire  $r$ . Le D/O paye ainsi le coût de production  $c_r$  et le coût de rupture  $b_r$ , par unité. Le F subit le coût unitaire de production et d'achat de matières premières  $c_s$  et le coût unitaire de rupture de livraison à son D/O  $b_s$ . Le D/O et le F sont liés par un contrat linéaire de prix de gros. Le fournisseur du F a un stock illimité de sortie, les délais de livraison et de passation de commande sont nuls. Tous les paramètres des coûts sont une connaissance commune des joueurs.

Comme pour le modèle MTS/MTO, le D/O passe les prévisions de sa commande future à son F au temps  $t_1$  avant la réalisation de la demande (fig. 3.1). La demande à laquelle le D/O fait face est modélisée par une variable aléatoire  $\theta X$ , où  $X$  est une variable aléatoire non négative.  $\theta$  est une variable aléatoire positive avec deux valeurs possibles « haute » ( $h$ ) et « basse » ( $l$ ) :  $\theta_i, i = \{h, l\}$ . La variable  $\theta$  nous permet de représenter l'incertitude sur la demande du marché. La probabilité de tirage de chaque niveau de la demande est  $P(\theta_h) = \alpha$ ,  $P(\theta_l) = 1 - \alpha$ ,  $\alpha \in ]0, 1[$ . La distribution de probabilité est connue a priori par les 2 joueurs. La demande haute et la demande basse sont décrites par  $D_h = \theta_h \cdot X$ ,  $D_l = \theta_l \cdot X$  respectivement. Nous définissons par  $F_{D_h}$  et  $F_{D_l}$  les fonctions de répartition de la demande haute et basse resp.



**Figure 3.1.** Échelle de temps pour la chaîne logistique MTS / MTS

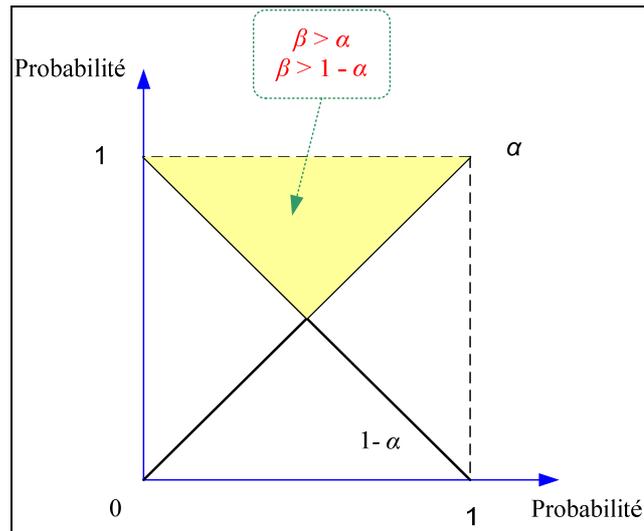
Le F est plus éloigné du marché et ne peut pas avoir le même niveau de connaissances de la demande que le D/O. En conséquence la demande perçue par le F a un niveau d'incertitude supplémentaire spécifié par le bruit blanc  $e$  avec une moyenne 0 et un écart-type  $\sigma$ . Ainsi les demandes haute et basse que le F observe sont les variables aléatoires :  $D'_i = \theta_i \cdot X + e$ ,  $i = h, l$ . D'où  $Var(D'_i) > Var(D_i)$ ,  $i = h, l$ .



**Figure 3.2.** Flux d'information dans la chaîne logistique MTS/MTS

La figure 3.2 montre les différents flux d'information dans la chaîne. Le F dispose de l'information sur la probabilité de tirage de chaque niveau de la demande ( $\alpha$ ). De plus, il reçoit le message  $m$  de la part de son D/O sur la future commande. Avant de passer le message au F, le D/O perçoit les prévisions préliminaires du marché ( $\tilde{\theta}_h$  ou  $\tilde{\theta}_l$ ). Cela est lié au fait que le D/O est plus proche du marché final et en possède donc une meilleure connaissance que le F. Au moment de passer la commande au F ( $t_2$ ), le D/O distingue avec certitude 2 niveaux pour les prévisions des ventes ( $\theta_h$  ou  $\theta_l$ ) sans savoir exactement la réalisation de la future demande.

Précisons que les prévisions préalables sont conformes avec les prévisions finales avec la probabilité  $\beta$  et elles sont contraires avec la probabilité  $1 - \beta$  :  $P(\tilde{\theta}_h = \theta_h) = P(\tilde{\theta}_l = \theta_l) = \beta$  ;  $P(\tilde{\theta}_h = \theta_l) = P(\tilde{\theta}_l = \theta_h) = 1 - \beta$ . D'où  $0,5 < \beta < 1$ . (si  $\beta = 1$ , la résolution du jeu est triviale : le D/O passe les prévisions fiables et le F lui fait confiance (l'explication sera présentée dans la section 3.3.1.2)). Pour que les prévisions préalables apportent de l'information supplémentaire, on fixe que :  $\beta > \alpha$ , et  $\beta > 1 - \alpha$ . Sinon, plus le tirage entre demande haute et basse est équiprobable ( $\alpha$  est proche de 0,5), plus la vraisemblance des prévisions sera faible, sans toutefois descendre sous 0,5 (fig. 3.3).

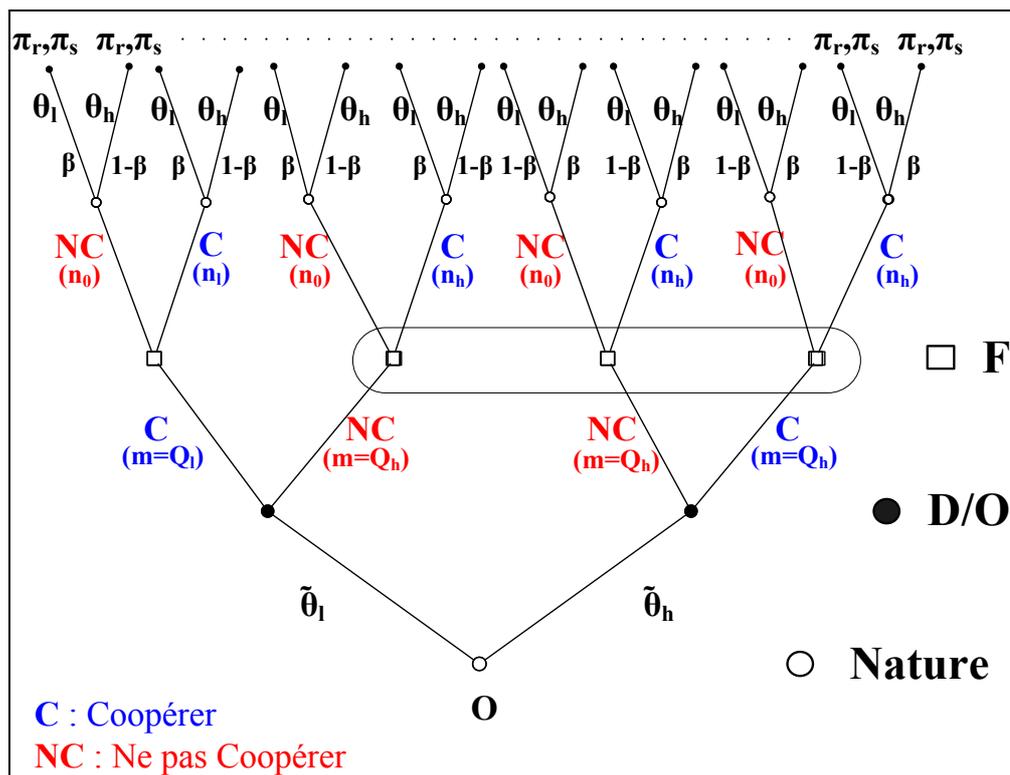


**Figure 3.3.** Relation entre les paramètres  $\alpha$  et  $\beta$

### 3.2.2 Description du jeu

Le jeu commence avec l'observation du marché ( $\tilde{\theta}_h$  ou  $\tilde{\theta}_l$ ) par le D/O. Ensuite, il passe à son F le message  $m$ . S'il envoie  $m = Q_h$ , c'est qu'il prévoit une demande haute et la commande prochaine sera de  $q_h$  quantité, le message  $m = Q_l$  veut dire que le D/O prévoit une demande basse et la prochaine commande sera de  $q_l$  quantité (voir fig. 3.3). Si le D/O observe  $\tilde{\theta}_h$  (resp.  $\tilde{\theta}_l$ ) et passe  $m = Q_h$  (resp.  $m = Q_l$ ) on dira qu'il coopère. Si le D/O passe toujours  $m = Q_h$  quelle que soit son observation ( $\tilde{\theta}_h$  ou  $\tilde{\theta}_l$ ) alors on dira qu'il ne coopère pas. Les stratégies du F sont aussi binaires : faire confiance (C) ou ne pas faire confiance (NC) au message du D/O. Le fait que le F a l'information imparfaite (le F ne connaît pas les prévisions du marché) du jeu est montré par l'ensemble d'information du F sur la figure 3.4.

Après avoir reçu les prévisions finales du marché ( $\theta_h$  ou  $\theta_l$ ) le D/O passe au F la commande réelle de reconstituer de stock ( $q_h$  ou  $q_l$ ) qui maximise son espérance de profit. La fonction résultat des joueurs est leurs profits :  $\pi_r$  pour le D/O et  $\pi_s$  pour le F. Le jeu et sa description sont une connaissance commune des joueurs.



**Figure 3.4.** Arbre du jeu MTS/MTS

C'est un jeu non coopératif, non itéré, à information incomplète, imparfaite et asymétrique avec échange d'information de type cheap talk.

Les hypothèses de modélisation sont suivantes :

- 1) la demande est stochastique.
- 2) les coûts demeurent fixes tout au long des périodes d'étude.
- 3) il n'y a pas de restrictions concernant la capacité de production et de stockage.
- 4) les délais de production, de livraison et de passations de la commande sont nuls.
- 5) le jeu, sa description et tous les paramètres des coûts sont une connaissance commune des joueurs.

### 3.3 RESULTATS PRINCIPAUX

#### 3.3.1 Commandes optimales du D/O, niveaux de recommentement du F et profits des entreprises

##### 3.3.1.1 Commandes optimales du D/O

Rappelons, que le D/O commande la quantité de recommentement  $q_h$  ou  $q_l$  qui maximise son profit face à l'observation de la demande ( $\theta_h$  ou  $\theta_l$ ). Calculons les commandes optimales du D/O  $q_h$  et  $q_l$ , en supposant que le F a le stock de produits finis illimités (nous reprenons la logique utilisée par [Gomez-Padilla, 2005]). Nous considérons la demande sur le marché final avec l'espérance notée  $\mu_h / \mu_l$  (pour la demande haute / basse), avec la fonction densité  $f_h(y) / f_l(y)$  et fonction de répartition  $F_h(y) / F_l(y)$ . Nous faisons l'hypothèse que la demande est indépendante de la période.

Déterminons la quantité optimale à commander par le D/O au F pour la période considérée, afin de maximiser son espérance de profit.

La quantité vendue par le D/O sur le marché final est fonction de la demande et de la quantité  $q$  commandée par le D/O. La quantité vendue est égale à la quantité commandée par le DO  $q$  si la demande est égale ou supérieure à cette quantité disponible. La quantité vendue est égale à la demande si la demande est inférieure à la quantité  $q$ .

La quantité vendue est donc une variable aléatoire et son espérance est notée  $E[\min(q, D)]$  et définie par :

$$E[\min(q, D)] = \int_0^q yf(y)dy + \int_q^{\infty} qf(y)dy$$

$$E[\min(q, D)] = [yF(y)]_0^q - \int_0^q F(y)dy + q(1 - F(q))$$

$$E[\min(q, D)] = q - \int_0^q F(y)dy \quad [3.1]$$

Dans le cas où la demande est supérieure à la quantité  $q$  commandée par le D/O, la quantité commandée n'est pas suffisante pour satisfaire toute la demande. Toute la quantité sera vendue mais le D/O aurait pu vendre davantage sur le marché. L'espérance de rupture de stock est notée  $E[(D - q)^+]$  ; elle est donnée par la formule suivante :

$$E[(D-q)^+] = \mu - q + \int_0^q F(y) dy$$

Si nous prenons en compte l'espérance de ventes [3.1], l'espérance de rupture peut être exprimée aussi :

$$E[(D-q)^+] = \mu - E[\min(q, D)] \quad [3.2]$$

Nous retrouvons donc que l'espérance de la quantité en rupture est l'espérance de demande moins l'espérance de ventes.

Le profit de chaque entreprise s'écrit comme la différence entre la recette totale et les dépenses totales. Dans le cas du D/O, la recette est réalisée par les ventes du produit sur le marché final, soit, avec les notations utilisés,  $pE[\min(q, D_h)] / pE[\min(q, D_l)]$ .

Les dépenses du D/O, dans ce modèle, sont représentées par :

- coût de rupture  $b_r E[(D_h - q)^+] / b_r E[(D_l - q)^+]$  ;
- coût de production unitaire  $c_r q_h / c_r q_l$  ;
- prix d'achat  $r q_h / r q_l$ .

Profit du D/O est décrit par la formule suivante :

$$\pi_r(q) = pE[\min(q, D)] - b_r E[(D - q)^+] - c_r q - r q \quad [3.3]$$

La quantité à commander qui permet au D/O d'attendre le profit maximal est dite la quantité optimale à commander pour le D/O, et notée  $q_h$  (pour la demande haute  $D_h$ ) et  $q_l$  (pour la demande basse  $D_l$ ).

Il est facile de vérifier que la fonction de profit est concave, et donc la maximisation est obtenue au point où la dérivée s'annule.

Pour la demande haute :

$$\frac{\partial \pi_r(q)}{\partial q} = p(E[\min(q, D_h)])' - b_r (E[(D_h - q)^+])' - c_r - r = p(1 - F_h(q)) - b_r (F_h(q) - 1) - c_r - r$$

et

$$\frac{\partial^2 \pi_r(q)}{\partial q^2} = -pf_h(q) - b_r f_h(q) \leq 0$$

Rappelons que :

$$E[\min(q, D)] = q - \int_0^q F(y) dy$$

$$\left( E[\min(q, D)] \right)' = 1 - F(q)$$

$$E[(D - q)^+] = \mu - E[\min(q, D)]$$

$$\left( E[(D - q)^+] \right)' = F(q) - 1$$

Il existe un profit maximal atteint en une quantité que nous notons  $q_h$  (pour la demande  $D_h$ ) et  $q_l$  (pour la demande  $D_l$ ) qui maximise le profit du D/O. A partir de la première dérivée :

$$\frac{\partial \pi_r(q)}{\partial q} = p(1 - F_h(q_h)) - b_r(F_h(q_h) - 1) - c_r - r = 0$$

$$p - F_h(q_h)(p + b_r) + b_r - c_r - r = 0$$

$$F_h(q_h)(p + b_r) = p + b_r - c_r - r$$

$$F_h(q_h) = \frac{p + b_r - c_r - r}{p + b_r} \quad [3.4]$$

De façon similaire, pour la demande basse la quantité optimale à commander par le D/O est  $q_l$  tel que :

$$F_l(q_l) = \frac{p + b_r - c_r - r}{p + b_r}. \quad [3.5]$$

### 3.3.1.2 Niveaux de reapprovisionnement du F

Si le F fait confiance aux prévisions reçues du D/O, il aura le niveau de reapprovisionnement correspondant aux prévisions. Cela veut dire que, si le F reçoit du D/O l'information que la demande sera haute ( $m = Q_h$ ) et fait confiance aux prévisions, il prévoit en stock la quantité  $n_h$  qui maximise son espérance de profit, en supposant, que le D/O passe les prévisions qu'il a reçues du marché. De façon similaire, si le F fait confiance aux prévisions  $m = Q_l$  du D/O, il choisira le niveau de

recomplètement  $n_l$ , qui maximise son espérance de profit en supposant, que le D/O passe les prévisions fiables du marché :

$$n_l = \arg \max_n \left\{ \begin{array}{l} \beta \left( r \min(n, q_l) - b_s (q_l - n)^+ - c_s n \right) + \\ (1 - \beta) \left( r \min(n, q_h) - b_s (q_h - n)^+ - c_s n \right) \end{array} \right\}, \quad [3.6]$$

$$n_h = \arg \max_n \left\{ \begin{array}{l} \beta \left( r \min(n, q_h) - b_s (q_h - n)^+ - c_s n \right) + \\ (1 - \beta) \left( r \min(n, q_l) - b_s (q_l - n)^+ - c_s n \right) \end{array} \right\}, \quad [3.7]$$

où  $(x)^+ = \max(0, x)$ .

D'où :

$$n_l = \beta q_l + (1 - \beta) q_h, \quad [3.8]$$

$$n_h = \beta q_h + (1 - \beta) q_l. \quad [3.9]$$

En revanche, si le F ne fait pas confiance aux prévisions du D/O il prendra le niveau de recomplètement  $n_0$ , qui maximise son profit à partir de sa connaissance directe du marché (distribution de probabilité  $\alpha$ ) :

$$n_0 = \arg \max_n \left\{ (1 - \alpha) \left( r \min(n, q_h) - b_s (q_h - n)^+ - c_s n \right) + \alpha \left( r \min(n, q_l) - b_s (q_l - n)^+ - c_s n \right) \right\}. \quad [3.10]$$

D'où :

$$n_0 = (1 - \alpha) q_h + \alpha q_l. \quad [3.11]$$

Maintenant nous pouvons expliquer pourquoi avec les prévisions préalables exactes (autrement dit conformes aux prévisions finales) le D/O n'a pas intérêt à cacher les vraies prévisions à son F. Dans cette situation le D/O connaît le niveau de la future demande avec certitude avant de passer la commande au F. En plus, si  $\beta = 1$  les niveaux de recomplètement du F pour chaque niveau de la demande coïncident avec les commandes optimales correspondantes du D/O :  $n_l = q_l$  et  $n_h = q_h$ . Le F doit être capable de fournir la quantité correspondante aux prévisions. Alors le D/O a intérêt à relever les vraies prévisions à son F. Il existe donc 2 équilibres de Nash : non-coopération et coopération mutuelle avec des gains plus élevés en coopération mutuelle. Les joueurs peuvent tomber dans la non-coopération par faute de coordination.

### 3.3.1.3 Relations entre les niveaux de recombplètement du F et les commandes optimales du D/O

Afin de comparer les profits des entreprises et de trouver l'équilibre de Nash du jeu nous avons besoin de connaître les relations entre les niveaux de recombplètement du F et les commandes optimales du D/O. Prouvons d'abord que  $n_l > q_l$ . Compte tenu de [3.8] :

$$n_l - q_l = \beta q_l + (1 - \beta)q_h - q_l = (1 - \beta)(q_h - q_l) > 0.$$

De manière analogue, montrons que  $q_h > n_h$  :

$$q_h - n_h = q_h - \beta q_h - (1 - \beta)q_l = (1 - \beta)(q_h - q_l) > 0.$$

Trouvons maintenant la position de  $n_0$  par rapport aux niveaux de recombplètement  $n_l$  et  $n_h$ . Comme  $\beta > \alpha$  et compte tenu de [3.8] et [3.11] :

$$n_0 - n_l = (1 - \alpha)q_h + \alpha q_l - \beta q_l - (1 - \beta)q_h = (\beta - \alpha)(q_h - q_l) > 0.$$

De manière similaire, en tenant compte des inégalités [3.9], [3.11] et que  $\beta > 1 - \alpha$  :

$$n_h - n_0 = \beta q_h + (1 - \beta)q_l - (1 - \alpha)q_h - \alpha q_l = (\alpha + \beta - 1)(q_h - q_l) > 0$$

Finalement nous obtenons les relations entre les niveaux de recombplètement du F et les commandes optimales du D/O suivantes :

$$q_l < n_l < n_0 < n_h < q_h. \quad [3.12]$$

### 3.3.1.4 Profits des entreprises

Le profit de chaque entreprise s'écrit comme la différence entre les recettes totales et les dépenses totales. Dans le cas du D/O, la recette est réalisée par les ventes des produits sur le marché. Les dépenses du D/O, dans ce modèle, sont représentées par l'achat des produits intermédiaires chez le F, le coût de production et le coût de rupture. Dans le cas du F, la recette est le transfert financier du D/O et les dépenses sont les coûts de production et de rupture.

Nous désignons par « non-coopération mutuelle » le cas dans lequel la stratégie du D/O est de ne pas coopérer et la stratégie du F est de ne pas faire confiance. L'espérance du profit du D/O ( $\pi_r^o$ ) en non-coopération mutuelle est décrite par la formule suivante :

$$\pi_r^\circ = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[p \min(D_h, n_0, q_h) - (c_r + r) \min(n_0, q_h) - b_r [D_h - \min(n_0, q_h)]^+\right] + \alpha\mathbb{E}\left[p \min(D_l, n_0, q_l) - (c_r + r) \min(n_0, q_l) - b_r [D_l - \min(n_0, q_l)]^+\right].$$

Comme  $q_l < n_0 < q_h$  :

$$\pi_r^\circ = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[p \min(D_h, n_0) - n_0(c_r + r) - b_r (D_h - n_0)^+\right] + \alpha\mathbb{E}\left[p \min(D_l, q_l) - q_l(c_r + r) - b_r (D_l - q_l)^+\right]. \quad [3.13]$$

Le profit du F ( $\pi_s^*$ ) en non-coopération mutuelle est :

$$\pi_s^\circ = (1-\alpha)\left(r \min(n_0, q_h) - b_s (q_h - n_0)^+ - c_s n_0\right) + \alpha\left(r \min(n_0, q_l) - b_s (q_l - n_0)^+ - c_s n_0\right).$$

Comme  $q_l < n_0 < q_h$  :

$$\pi_s^\circ = (1-\alpha)\left(r n_0 - b_s (q_h - n_0) - c_s n_0\right) + \alpha\left(r q_l - c_s n_0\right) \quad [3.14]$$

Nous désignons par « coopération mutuelle » l'issue du jeu dans laquelle le D/O coopère et le F lui fait confiance. Trouvons l'espérance du profit du D/O ( $\pi_r^*$ ) en coopération mutuelle. Les prévisions préalables sont conformes avec les prévisions finales avec probabilité  $\beta$  et l'espérance du profit du D/O est égale dans ce cas à :

$$\pi_r^*(P = \beta) = (1-\alpha)\mathbb{E}\left[p \min(D_h, n_h, q_h) - (c_r + r) \min(n_h, q_h) - b_r [D_h - \min(n_h, q_h)]^+\right] + \alpha\mathbb{E}\left[p \min(D_l, n_l, q_l) - (c_r + r) \min(n_l, q_l) - b_r [D_l - \min(n_l, q_l)]^+\right].$$

Si les prévisions préalables sont contraires aux prévisions finales (probabilité  $1 - \beta$ ) l'espérance du profit du D/O est décrite par la formule suivante :

$$\pi_r^*(P = 1 - \beta) = \alpha\mathbb{E}\left[p \min(D_l, n_h, q_l) - (c_r + r) \min(n_h, q_l) - b_r [D_l - \min(n_h, q_l)]^+\right] + (1-\alpha)\mathbb{E}\left[p \min(D_h, n_l, q_h) - (c_r + r) \min(n_l, q_h) - b_r [D_h - \min(n_l, q_h)]^+\right].$$

Comme :  $q_l < n_l < n_h < q_h$ , l'espérance mathématique du profit du D/O en coopération mutuelle est égale à :

$$\pi_r^* = \beta \left[ (1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_h) - n_h(c_r + r) - b_r(D_h - n_h)^+ \right] + \alpha E \left[ p \min(D_l, q_l) - q_l(c_r + r) - b_r(D_l - q_l)^+ \right] \right] + (1-\beta) \left[ \alpha E \left[ p \min(D_l, q_l) - q_l(c_r + r) - b_r(D_l - q_l)^+ \right] + (1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_l) - n_l(c_r + r) - b_r(D_h - n_l)^+ \right] \right]. \quad [3.15]$$

Désignons par  $\pi_s^*$  le profit du F en coopération mutuelle. Si les prévisions préalables sont justes (probabilité  $\beta$ ) le profit du F est décrit par la formule :

$$\pi_s^*(P = \beta) = (1-\alpha)(r \min(n_h, q_h) - b_s(q_h - n_h)^+ - c_s n_h) + \alpha E(r \min(n_l, q_l) - b_s(q_l - n_l)^+ - c_s n_l).$$

Si les prévisions préalables sont fausses (probabilité  $1 - \beta$ ) :

$$\pi_s^*(P = 1 - \beta) = \alpha(r \min(n_h, q_l) - b_s(q_l - n_h)^+ - c_s n_h) + (1-\alpha)(r \min(n_l, q_h) - b_s(q_h - n_l)^+ - c_s n_l).$$

Comme  $q_l < n_l < n_h < q_h$ , le profit du F en coopération mutuelle est égal à :

$$\pi_s^* = \beta[(1-\alpha)(r n_h - b_s(q_h - n_h) - c_s n_h) + \alpha(r q_l - c_s n_l)] + (1-\beta)[\alpha(r q_l - c_s n_h) + (1-\alpha)(r n_l - b_s(q_h - n_l) - c_s n_l)]. \quad [3.16]$$

La matrice du jeu est présentée sur la figure 3.5. Les stratégies des entreprises sont désignées par les abréviations *C/NC* – coopérer / ne pas coopérer.

		F	
		<i>C</i>	<i>NC</i>
D/O	<i>C</i>	$\pi_r^*, \pi_s^*$	$\pi_r^\circ, \pi_s^\circ$
	<i>NC</i>	$\pi_r(NC_r, C_s),$ $\pi_s(NC_r, C_s)$	$\pi_r^\circ, \pi_s^\circ$

**Figure 3.5.** Matrice du jeu MTS/MTS

### 3.3.2 Equilibre de Nash

L'équilibre de Nash définit l'issue stable d'un jeu : c'est la situation où chacun des joueurs, apprenant ce qu'a joué l'autre (ou les autres) est satisfait de la décision qu'il a pris (avant de la connaître). C'est l'issue d'un jeu sans regret.

Afin de trouver l'équilibre de Nash du jeu non répété, comparons premièrement les profits du D/O, lorsqu'il coopère et lorsqu'il ne coopère pas.

Comparons  $\pi_r^*$  et  $\pi_r(NC_r, C_s)$ . Le profit du D/O  $\pi_r(NC_r, C_s)$  correspond à la situation, quand le D/O passe  $m = Q_h$  face à n'importe quel niveau de la demande observé et le F lui fait confiance :

$$\pi_r(NC_r, C_s) = \beta \left[ (1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_h, q_h) - (c_r + r) \min(n_h, q_h) - b_r [D_h - \min(n_h, q_h)]^+ \right] + \right. \\ \left. \alpha E \left[ p \min(D_l, n_h, q_l) - (c_r + r) \min(n_h, q_l) - b_r [D_l - \min(n_h, q_l)]^+ \right] \right] + \\ (1-\beta) \left[ \alpha E \left[ p \min(D_l, n_h, q_l) - (c_r + r) \min(n_h, q_l) - b_r [D_l - \min(n_h, q_l)]^+ \right] + \right. \\ \left. (1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_h, q_h) - (c_r + r) \min(n_h, q_h) - b_r [D_h - \min(n_h, q_h)]^+ \right] \right].$$

Comme :  $q_l < n_h < q_h$ , le profit du D/O est :

$$\pi_r(NC_r, C_s) = \beta \left[ (1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_h) - (c_r + r)n_h - b_r (D_h - n_h)^+ \right] + \right. \\ \left. \alpha E \left[ p \min(D_l, q_l) - (c_r + r)q_l - b_r (D_l - q_l)^+ \right] \right] + \\ (1-\beta) \left[ \alpha E \left[ p \min(D_l, q_l) - (c_r + r)q_l - b_r (D_l - q_l)^+ \right] + \right. \\ \left. (1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_h) - (c_r + r)n_h - b_r (D_h - n_h)^+ \right] \right]. \quad [3.17]$$

$$\pi_r^* - \pi_r(NC_r, C_s) = (1-\beta)(1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_l) - n_l(c_r + r) - b_r [D_h - n_l]^+ \right] - \\ (1-\beta)(1-\alpha)E \left[ p \min(D_h, n_h) - n_h(c_r + r) - b_r [D_h - n_h]^+ \right]. \quad [3.18]$$

Trouvons l'espérance mathématique de l'expression suivante :

$$E \left[ (D_h - n_l)^+ \right] = \int_{-\infty}^{+\infty} (x - n_l)^+ f_{D_h}(x) dx = \int_{n_l}^{+\infty} (x - n_l) f_{D_h}(x) dx = \int_{n_l}^{+\infty} (n_l - x) (-f_{D_h}(x)) dx.$$

$$\text{Appliquons l'intégration par partie : } \int_a^b uv' = [uv]_a^b - \int_a^b u'v.$$

$$E \left[ (D_h - n_l)^+ \right] = \left[ (n_l - x)(1 - F_{D_h}(x)) \right]_{n_l}^{+\infty} + \int_{n_l}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x)) dx = \int_{n_l}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x)) dx.$$

$$E \left[ (D_h - n_h)^+ \right] = \int_{n_h}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x)) dx$$

De façon similaire trouvons  $E[\min(D_h, n_l)]$ :

$$\begin{aligned}
E[\min(D_h, n_l)] &= \int_{-\infty}^{+\infty} \min(x, n_l) f_{D_h}(x) dx = \int_{-\infty}^{n_l} \min(x, n_l) f_{D_h}(x) dx + \int_{n_l}^{+\infty} \min(x, n_l) f_{D_h}(x) dx = \\
&= \int_{-\infty}^{n_l} x f_{D_h}(x) dx + \int_{n_l}^{+\infty} n_l f_{D_h}(x) dx = \left[ x F_{D_h}(x) \right]_{-\infty}^{n_l} - \int_{-\infty}^{n_l} F_{D_h}(x) dx + n_l \int_{n_l}^{+\infty} f_{D_h}(x) dx = \\
&= n_l F_{D_h}(n_l) - \int_{-\infty}^{n_l} F_{D_h}(x) dx + n_l (1 - F_{D_h}(n_l)) = n_l - \int_{-\infty}^{n_l} F_{D_h}(x) dx.
\end{aligned}$$

Par analogie,  $E[\min(D_h, n_h)] = n_h - \int_{-\infty}^{n_h} F_{D_h}(x) dx$ .

Reportons les expressions trouvées dans l'équation [3.18] :

$$\begin{aligned}
\pi_r^* - \pi_r(NC_r, C_s) &= (1 - \beta)(1 - \alpha) \left[ p \left( n_l - \int_{-\infty}^{n_l} F_{D_h}(x) dx \right) - n_l(c_r + r) - b_r \int_{n_l}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x)) dx \right] - \\
(1 - \beta)(1 - \alpha) &\left[ p \left( n_h - \int_{-\infty}^{n_h} F_{D_h}(x) dx \right) - n_h(c_r + r) - b_r \int_{n_h}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x)) dx \right].
\end{aligned}$$

Divisons  $\pi_r^* - \pi_r(NC_r, C_s)$  par la valeur positive  $(1 - \beta)(1 - \alpha)$  :

$$\begin{aligned}
\frac{\pi_r^* - \pi_r(NC_r, C_s)}{(1 - \beta)(1 - \alpha)} &= p n_l - p \int_{-\infty}^{n_l} F_{D_h}(x) dx - n_l(c_r + r) - b_r \int_{n_l}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x)) dx - \\
p n_h &+ p \int_{-\infty}^{n_h} F_{D_h}(x) dx - n_h(c_r + r) + b_r \int_{n_h}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x)) dx = \\
p \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx &+ (n_h - n_l)(c_r + r - p) - b_r \int_{n_l}^{n_h} (1 - F_{D_h}(x)) dx.
\end{aligned}$$

Comme  $\int_{n_l}^{n_h} (1 - F_{D_h}(x)) dx = (n_h - n_l) - \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx$ , alors :

$$\begin{aligned}
p \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx &+ (n_h - n_l)(c_r + r - p) - b_r \int_{n_l}^{n_h} (1 - F_{D_h}(x)) dx = \\
p \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx &+ b_r \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx + (n_h - n_l)(c_r + r - p) - b_r(n_h - n_l) = \\
(p + b_r) \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx &+ (n_h - n_l)(c_r + r - p - b_r).
\end{aligned}$$

Comme  $p > c_r + r$ ,  $\int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx \leq (n_h - n_l) F_{D_h}(n_h) \leq (n_h - n_l) F_{D_h}(q_h)$  et  $F_{D_h}(q_h) = \frac{p + b_r - c_r - r}{p + b_r}$ , alors :

$$(p + b_r) \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx - (n_h - n_l)(p + b_r - c_r - r) \leq$$

$$(p + b_r)(n_h - n_l) \frac{p + b_r - c_r - r}{p + b_r} - (n_h - n_l)(p + b_r - c_r - r) = 0.$$

Donc,

$$\pi_r^* - \pi_r(NC_r, C_s) \leq 0 \quad [3.19]$$

Comme  $\pi_r^* \leq \pi_r(NC_r, C_s)$  la stratégie faiblement dominante du D/O est de ne pas coopérer et passer l'information  $m = Q_h$  face à n'importe quel niveau de la demande observée. Le F en réalisant la tendance du profit du D/O choisit le niveau de recombêtement  $n_0$  parce que :

$$(1 - \alpha) \left( r \min(n_0, q_h) - b_s (q_h - n_0)^+ - c_s n_0 \right) + \alpha \left( r \min(n_0, q_l) - b_s (q_l - n_0)^+ - c_s n_0 \right) \geq$$

$$(1 - \alpha) \left( r \min(n_h, q_h) - b_s (q_h - n_h)^+ - c_s n_h \right) + \alpha \left( r \min(n_h, q_l) - b_s (q_l - n_h)^+ - c_s n_h \right) \quad [3.20]$$

d'après la définition de  $n_0$  (voir l'équation [3.10]).

Si  $\pi_s^\circ < \pi_s^*$ , l'autre position  $(C, NC)$  non éliminée par la faible domination n'est pas stable au sens de Nash, et la non-coopération mutuelle  $(NC, NC)$  représente l'équilibre de Nash unique. Si, par contre  $\pi_s^\circ \geq \pi_s^*$ , il y a 2 équilibres de Nash dans le jeu :  $(NC, NC)$  et  $(C, NC)$  avec les profits de la non-coopération pour les deux joueurs :  $\pi_s^\circ$  et  $\pi_r^\circ$ .

En résumé, le D/O a toujours intérêt à afficher la demande haute du marché pour avoir plus de produits en stock chez le F parce qu'il y a une probabilité, qui n'est pas nulle, que les prévisions préalables de demande basse sont fausses. En se rendant compte de cette incitation du D/O, le F n'est pas capable de distinguer les vraies prévisions. Donc la meilleure stratégie du F est d'ignorer les prévisions du D/O.

### 3.3.3 Comparaison des solutions

L'équilibre de Nash est une solution stable mais qui n'est pas toujours la meilleure issue du jeu au sens de la performance des résultats obtenus par les joueurs.

Comparons le profit du F en coopération et non-coopération mutuelle avec la demande basse du marché :

$$\pi_s^*(D_l) = \beta(rq_l - c_s n_l) + (1 - \beta)(rq_l - c_s n_h),$$

$$\pi_s^\circ(D_l) = (rq_l - c_s n_0).$$

$$\pi_s^*(D_l) - \pi_s^\circ(D_l) = \beta(rq_l - c_s n_l) + (1 - \beta)(rq_l - c_s n_h) - (rq_l - c_s n_0).$$

Après les simplifications :

$$\pi_s^*(D_l) - \pi_s^\circ(D_l) = c_s(-\beta n_l - n_h + \beta n_h + n_0).$$

Compte tenu des équations [3.8], [3.9] et [3.11], nous obtenons que :

$$\pi_s^*(D_l) - \pi_s^\circ(D_l) = c_s(q_h - q_l)(2\beta^2 - 2\beta + 1 - \alpha) \quad [3.21]$$

Donc, quand  $2\beta(1 - \beta) < 1 - \alpha < \beta$  le profit du F en coopération est meilleur qu'en non-coopération. Et à l'inverse, lorsque  $1 - \alpha < 2\beta(1 - \beta) < \beta$  le profit du F en coopération est moins bon qu'en non-coopération. Nous pouvons remarquer, qu'avec  $\alpha \leq 0,5$ , l'expression  $2\beta^2 - 2\beta + 1 - \alpha \geq 0$  est toujours vérifiée avec n'importe quel  $\beta$ . Ainsi, avec la probabilité de la demande basse moins ou égale à 0,5, le F optimise son profit en coopération mutuelle si la demande du marché est basse. Si  $\alpha > 0,5$ ,  $\beta$  doit être suffisamment grand pour que le F gagne plus en coopération mutuelle avec la demande basse du marché.

Comparons maintenant le profit du F en coopération et non-coopération mutuelle avec la demande haute du marché :

$$\pi_s^*(D_h) = \beta(rn_h - b_s(q_h - n_h) - c_s n_h) + (1 - \beta)(rn_l - b_s(q_h - n_l) - c_s n_l),$$

$$\pi_s^\circ(D_h) = (rn_0 - b_s(q_h - n_0) - c_s n_0).$$

Après les simplifications :

$$\pi_s^*(D_h) - \pi_s^\circ(D_h) = (r + b_s - c_s)(-\beta n_l + \beta n_h - n_0 + n_l).$$

Substituons dans la formule précédente les niveaux de recombplètement  $n_h$ ,  $n_l$  et  $n_0$  par les équations [3.8], [3.9] et [3.11] :

$$\pi_s^*(D_h) - \pi_s^\circ(D_h) = (r + b_s - c_s)(q_h - q_l)(2\beta^2 - 2\beta + \alpha) \quad [3.22]$$

Comme le prix de vente du produit doit couvrir le prix d'achat des matières premières et le coût de production ( $r > c_s$ ), le profit du F en coopération est meilleur qu'en non-coopération quand  $2\beta(1-\beta) < \alpha < \beta$ . Au contraire, lorsque  $\alpha < 2\beta(1-\beta) < \beta$ , le profit du F en coopération est moins bon, qu'en non-coopération. Nous pouvons noter, qu'avec  $\alpha \geq 0,5$ , l'expression  $2\beta^2 - 2\beta + \alpha \geq 0$  est toujours vérifié avec n'importe quel  $\beta$ . Cela veut dire, qu'avec une probabilité de demande haute inférieure à 0,5, le F optimise son profit en coopération mutuelle si la demande du marché est haute. Si  $\alpha < 0,5$ ,  $\beta$  doit être suffisamment grand pour que le F gagne plus en coopération mutuelle avec la demande haute du marché.

Avec la demande basse le profit du D/O est le même en cas de coopération et de non-coopération mutuelle.

$$\begin{aligned}\pi_r^\circ(D_l) &= E\left[p \min(D_l, q_l) - q_l(c_r + r) - b_r(D_l - q_l)^+\right] = \\ \pi_r^*(D_l) &= \beta E\left[p \min(D_l, q_l) - q_l(c_r + r) - b_r(D_l - q_l)^+\right] + \\ (1-\beta)E\left[p \min(D_l, q_l) - q_l(c_r + r) - b_r(D_l - q_l)^+\right].\end{aligned}\quad [3.23]$$

Comparons le profit du D/O en coopération et non-coopération mutuelle avec la demande haute du marché :

$$\begin{aligned}\pi_r^*(D_h) &= \beta E\left[p \min(D_h, n_h) - n_h(c_r + r) - b_r(D_h - n_h)^+\right] + \\ (1-\beta)E\left[p \min(D_h, n_l) - n_l(c_r + r) - b_r(D_h - n_l)^+\right], \\ \pi_r^\circ(D_h) &= E\left[p \min(D_h, n_0) - n_0(c_r + r) - b_r(D_h - n_0)^+\right].\end{aligned}$$

Nous avons démontré plus haut, que :

$$\begin{aligned}E[\min(D_h, n)] &= n - \int_{-\infty}^n F_{D_h}(x)dx \text{ et } E[(D_h - n)^+] = \int_n^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x))dx, \text{ donc :} \\ \pi_r^*(D_h) - \pi_r^\circ(D_h) &= \beta \left[ p \left( n_h - \int_{-\infty}^{n_h} F_{D_h}(x)dx \right) - n_h(c_r + r) - b_r \int_{n_h}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x))dx \right] + \\ (1-\beta) \left[ p \left( n_l - \int_{-\infty}^{n_l} F_{D_h}(x)dx \right) - n_l(c_r + r) - b_r \int_{n_l}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x))dx \right] - \\ \left[ p \left( n_0 - \int_{-\infty}^{n_0} F_{D_h}(x)dx \right) - n_0(c_r + r) - b_r \int_{n_0}^{+\infty} (1 - F_{D_h}(x))dx \right].\end{aligned}$$

Après les simplifications et le remplacement de  $n_h$ ,  $n_l$  et  $n_0$  par les équations [3.8], [3.9] et [3.11] nous obtenons que :

$$\pi_r^*(D_h) - \pi_r^\circ(D_h) = (p - c_r - r + b_r)(q_h - q_l)(\alpha + 2\beta^2 - 2\beta) + (p + b_r) \left( \beta \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx - \int_{n_l}^{n_h} F_{D_h}(x) dx \right). \quad [3.24]$$

Nous pouvons remarquer, que la différence des profits du D/O en coopération et non-coopération dépend non seulement de rapport de  $\alpha$  et  $\beta$ , mais aussi de la loi de la demande.

En résumé, la volonté du D/O de mentir pour avoir une réserve supplémentaire de stock chez le F quand les prévisions préalables sont basses amène les joueurs vers la situation de non-coopération correspondant à l'équilibre de Nash. Compte tenu que l'équilibre de Nash est une solution stable, dans le jeu non répété les joueurs ne peuvent pas sortir de cette situation de non-coopération, même si elle s'avère moins efficace pour les acteurs.

### 3.4 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons modélisé par la théorie des jeux une chaîne logistique à deux étages : un donneur d'ordres et un fournisseur qui produisent sur stock et sont liés par un contrat linéaire de prix de gros et font face à une demande aléatoire de marché. Le donneur d'ordres, qui est plus proche du marché final, a une meilleure connaissance de la demande et reçoit les prévisions sur le niveau de la future demande, qui toutefois peuvent être erronées. Le donneur d'ordres transmet à son fournisseur de l'information de type binaire qui comprend la prévision de la commande future du donneur d'ordres (« commande haute » ou « commande basse ») et prédit à la fois le type de la future demande du marché : demande haute ou demande basse. En fonction de ses propres objectifs de maximisation de profit, le donneur d'ordres peut décider de transmettre à son fournisseur des prévisions qu'il a reçues du marché, ou bien surestimées de façon à s'assurer que celui-ci possède bien un stock suffisant pour « la commande haute ». L'information est donc à la fois asymétrique car le donneur d'ordres est au départ mieux informé, imparfaite car ces informations ne sont que des prévisions approchées des commandes réelles finales du marché, mais aussi probabiliste parce qu'il existe une probabilité qui n'est pas nulle que les prévisions sont erronées. En face, le fournisseur peut décider de faire confiance ou non aux prévisions données par son donneur d'ordres, et ceci en fonction de son intérêt propre. Dans notre modèle, les actions associées à chacune des décisions possibles porteront sur les niveaux de reconstituer des stocks de produits vendus. Ainsi, le fournisseur, qui gère son stock suivant une politique de stock nominal, subit le coût des invendus pour les produits fabriqués et non vendus. Il peut décider de tenir un stock conforme aux prévisions de son donneur d'ordres, ou bien déterminer de son côté un niveau de stock qui corresponde à sa propre vision de la demande. A l'arrivée, les performances de chaque entreprise et de la chaîne sont évaluées en termes de coûts de production, d'invendus et de ruptures. Ces performances dépendent

bien sûr du comportement des acteurs et de leur niveau de coopération quant aux échanges des prévisions de demande.

Nous avons étudié le jeu non-répétés en mono-période. L'équilibre de Nash du jeu consiste à la non-coopération mutuelle, quand le donneur d'ordres passe toujours les prévisions hautes et le fournisseur ne lui fait pas confiance. La comparaison des profits des joueurs en coopération et non-coopération mutuelle a montré que l'équilibre de Nash peut être sous-optimal en fonction de caractéristiques suivantes du modèle : les paramètres de la loi de la demande et le niveau de probabilité des prévisions erronées reçues par le donneur d'ordres. Toutefois plus les prévisions sont exactes, plus la coopération est profitable pour les joueurs.

Dans le chapitre suivant présenterons les résultats d'études de comportement des sujets humains qui prennent les décisions qui concerne le pilotage dans les conditions laboratoires d'une chaîne logistique basée sur le modèle MTS/MTO en mono-période.



## 4 CHAPITRE 4. APPLICATION DE METHODOLOGIE DE L'ECONOMIE EXPERIMENTALE

### Table des matières

---

4.1	Introduction .....	143
4.2	Modélisation par la théorie des jeux des relations long-terme dans des chaînes logistiques.....	144
4.3	Application de la méthodologie de l'économie expérimentale .....	145
4.3.1	L'organisation générale du protocole scientifique .....	146
4.4	Les résultats expérimentaux .....	150
4.4.1	Analyse des résultats .....	150
4.4.2	Discussion.....	155
4.5	Conclusion .....	157

---

### 4.1 INTRODUCTION

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet régional Rhône-Alpes CoPilotes 2 en collaboration entre l'équipe GAEL : Alexis Garapin et Daniel Llerena (Laboratoire d'Economie Appliquée de Grenoble) et l'équipe OMSI : Xavier Boucher, Patrick Burlat et Natallia Taratynava (département G2I de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne). Cette étude a donné lieu à une publication préalable à la thèse sous forme de chapitre de livre [Boucher *et al.*, 2009].

Afin d'étudier la performance de la chaîne logistique il est souvent plus facile de modéliser et de formaliser les paramètres économiques et technologiques de la chaîne plutôt que de se concentrer sur les facteurs humains de décisions qui influencent également la performance de la chaîne. Toutefois, le comportement humain peut avoir un fort impact sur la performance globale, induisant ainsi des limites aux modèles strictement technico-économiques. Dans cette perspective, l'objectif de ce chapitre est d'analyser le comportement de prise de décision des entrepreneurs d'une chaîne logistique, afin d'évaluer leur impact potentiel sur la performance de chaque échelon de la chaîne, ainsi que sur la performance globale.

L'autre but de ce chapitre consiste à démontrer la forte complémentarité entre les deux approches scientifiques : l'approche théorique (la théorie des jeux) et l'économie expérimentale. La première méthode offre la possibilité d'étudier le comportement stratégique des décideurs, en utilisant une

modélisation mathématique et une approche formalisée. Toutefois, les modèles de la théorie des jeux reposent sur des hypothèses de comportement rationnel des acteurs, ce qui nécessite de développer des expérimentations complémentaires afin de confronter les résultats théoriques avec le comportement réel des sujets humains.

Dans l'objectif d'étudier le comportement humain réel, une des méthodes disponibles dans le champ économique est fournie par la méthodologie de l'économie expérimentale. Cette méthode vise à aller au-delà des conclusions théoriques par l'étude expérimentale de comportement réel des acteurs dans les interactions stratégiques. Les enjeux scientifiques consistent (i) à l'étude et l'évaluation d'un modèle dans un environnement contrôlé, mais aussi (ii) à identifier les caractéristiques des différents styles de comportement humain dans un contexte donné, ce qui pourrait apporter des ajustements dans les modèles théoriques en cours d'utilisation. Ainsi, la théorie des jeux et l'économie expérimentale apparaissent complémentaires tant en termes d'objectifs qu'en termes de protocole scientifique. Nous allons utiliser cette complémentarité dans le reste du document.

Dans notre analyse par l'économie expérimentale les sujets sont invités à jouer plusieurs parties sans connaître le nombre de parties à jouer. En effet, les relations long terme sont plus appropriées pour la chaîne logistique. Dans cette optique, avant de passer à la présentation de description de notre démarche et des résultats expérimentaux nous ferons une brève présentation des résultats analytiques de théorie des jeux répétés, concernant la coordination dans chaînes logistiques.

## **4.2 MODELISATION PAR LA THEORIE DES JEUX DES RELATIONS LONG-TERME DANS DES CHAINES LOGISTIQUES**

Comme nous pouvons le constater dans le monde industriel de nombreuses relations se développent sur long terme. Des relations harmonieuses et mutuellement fructueuses à long terme avec les fournisseurs ont été observés dans différentes industries et documentées par des chercheurs en stratégie et en management (par exemple, [Hagen et Choe, 1998], [McMillan, 1990]). Dans ces relations, le donneur d'ordres et le fournisseur sont préoccupés par la façon dont leur comportement stratégique actuel affecte leurs relations futures, et par la valeur de la coopération à long terme au détriment des objectifs financiers à court terme.

En théorie des jeux, la répétition des interactions entre les membres du réseau peut être modélisée par les jeux répétés. Afin de converger vers la coopération des stratégies spécifiques comme les stratégies à seuil (en angl. *Trigger Strategies*). Selon une stratégie à seuil chaque joueur commence par coopérer puis il continue à coopérer tant que l'adversaire fait de même. Une fois que l'adversaire le trahit il arrête de coopérer et passe dans une phase de punition pendant laquelle il trahit un certain nombre de périodes consécutives. Après la phase de punition le joueur recommence

à coopérer jusqu'à la trahison suivante. [Abreu, 1988] a démontré que les stratégies à seuil n'excluent pas la possibilité de l'équilibre pareto-dominant.

[Baker et *al.*, 2002], [Levin, 2003], [Taylor et Plambeck, 2003], [Taylor et Plambeck, 2006] et [Plambeck et Taylor, 2006] ont analysé les stratégies à seuil dans les relations contractuelles.

[Ren et *al.*, 2006] ont modélisé un jeu de réservation de capacité de type cheap-talk sur le partage des prévisions. Les auteurs ont ainsi analysé un jeu non répété et un jeu répété sur l'échange de prévisions de la demande. Ils ont montré que dans le jeu non itéré, l'équilibre de Nash est sous-optimal et ne permet pas un échange d'information fiable. Dans le jeu répété les auteurs ont analysé deux stratégies spécifiques : *Trigger* et *Review*. Ils ont montré qu'il existe des stratégies à seuil avec un taux d'actualisation, un seuil de confiance (pour le fournisseur et pour le donneur d'ordres) et une durée de période de punitions tels que la coopération s'installe. Ils ont analysé aussi la stratégie *Review*, qui est une variété de stratégie à seuil pour les situations dans lesquelles les joueurs ne peuvent pas distinguer avec certitude la stratégie jouée par l'autre : la coopération ou la trahison. La stratégie *Review* propose, dès qu'il y a un doute sur la coopération de l'adversaire, de passer en phase de *Review*. [Ren et *al.*, 2006] ont démontré qu'avec la stratégie *Review* adaptée par deux joueurs, l'équilibre correspond à la coopération mutuelle, mais aussi que la probabilité de passer en phase de punition (phase non coopérative) tend vers 0.

### **Notre positionnement**

Notre objectif dans le présent chapitre est d'analyser les relations long terme au sein d'une chaîne logistique par la démarche de l'économie expérimentale. L'application proposée consiste en une étude de la gestion des stocks dans une chaîne logistique, et à l'analyse des décisions stratégiques sur la performance de la chaîne et des acteurs qui la composent. La chaîne logistique étudiée est composée d'un D/O et d'un F et correspond au modèle mono-période MTS/MTO analysé dans le chapitre 2, section 2.2. L'analyse du comportement stratégique des acteurs de la chaîne par la théorie des jeux est présentée dans les sections 2.3 et 2.4. Dans les sections suivantes nous enrichissons l'analyse théorique par les résultats de l'économie expérimentale.

## **4.3 APPLICATION DE LA METHODOLOGIE DE L'ECONOMIE EXPERIMENTALE**

Dans cette section, nous présentons l'application de la méthodologie expérimentale au modèle du jeu théorique présenté dans les sections 2.2 – 2.4. Le déroulement des expériences, le protocole du jeu et les résultats sont présentés dans [Boucher *et al.*, 2009].

Dans ce manuscrit de thèse, nous présenterons d'abord les conditions dans lesquelles les expériences se sont déroulées, l'organisation générale de notre protocole de jeu, et enfin l'analyse des résultats.

Les expérimentations ont été menées sur les étudiants en Ecole d'Ingénieur avec une bonne compétence dans le domaine de la logistique. Ces étudiants sont considérés comme des sujets, se retrouvant dans une situation de prise de décision qui reproduit le modèle MTS/MTO en mono-période.

L'expérience est divisée en deux phases, qui sont totalement indépendantes les unes des autres. Les sujets ont été avertis que les deux phases se produisent, sans connaître le contenu de la seconde phase avant la fin de la première. Les instructions sont distribuées au début de chaque phase et sont lues à haute voix afin d'être sûr qu'elles soient comprises par tous. La compréhension des instructions par les sujets est contrôlée grâce à un questionnaire corrigé collectivement après la lecture des instructions. Les sujets ont été informés qu'ils seraient payés en espèces à la fin de l'expérience. Leurs gains sont comptés en euros dans la première phase et en yens pendant la deuxième phase d'expérience. Les yens sont convertis en euros, grâce à un taux de change (¥2000 = €1) qui est une information commune à tous les sujets. Une session expérimentale dure environ 2 heures. Les sujets peuvent gagner individuellement en moyenne, environ 20€. Ci-dessous, nous décrivons l'organisation générale de l'expérience avant de présenter en détail les résultats d'expériences.

Compte tenu des objectifs poursuivis, nous retiendrons un protocole de double anonymat complet, conçu selon le principe du « double aveugle » qui permet de garantir à chaque joueur que chacune des décisions prises durant l'expérience sera et restera anonyme. Aucun participant ne pourra d'abord connaître l'identité de la personne avec laquelle il est associé au cours de la session. Ensuite, toute la communication entre le Fournisseur et le Donneur d'ordres est interdite. Enfin, le protocole est conçu de telle manière qu'à aucun moment l'expérimentateur n'est en mesure d'associer l'identité d'un des participants à une décision prise au cours de la session.

### **4.3.1 L'organisation générale du protocole scientifique**

#### **4.3.1.1 Phase 1. Test d'aversion face au risque**

Dans la première phase de l'expérience, nous effectuons un test standard expérimental [Holt et Laury, 2002] qui comprend un menu de 10 choix de loterie classés, donné pour faire des inférences sur l'aversion pour le risque en vertu de diverses conditions de paiement (un exemplaire de la feuille de décision est présenté dans l'annexe C). Chacune des dix loteries présente deux options (A et B)

pour les sujets. Les options diffèrent par leur probabilité d'obtenir un paiement haut ou bas. Les sujets doivent choisir une option A ou B, pour chacune des dix loteries. On leur dit qu'une seule des 10 loteries sera tirée au sort pour leur paiement, et que ce gain se cumulera au gain qu'ils obtiendront dans la deuxième phase de l'expérience. En fait, pour obtenir leur paiement, les sujets lancent deux fois un dé à 10 faces : la première fois pour déterminer la décision parmi les dix qui sera utilisée pour calculer les gains, la seconde fois afin de déterminer les gains de l'option choisie (retenue). Cette procédure est effectuée à la fin de l'expérience, après la deuxième phase, de sorte que le comportement des sujets dans la deuxième phase n'est pas influencé par leur gain dans la première phase.

#### **4.3.1.2 Phase 2. Organisation générale de la deuxième partie d'expérience assistée par ordinateur**

##### **A. Présentation**

La deuxième phase commence une fois que toutes les feuilles de décision sont rendues. Les sujets sont affectés individuellement et de façon aléatoire en deux groupes : un groupe de fournisseurs et un groupe de donneurs d'ordres (nommé « détaillants » dans les instructions). La paire Fournisseur / Donneur d'ordres est fixée au début de cette deuxième partie de l'expérience et ne sera pas modifiée. L'anonymat est strictement respecté tout au long de l'expérience.

Les fournisseurs fabriquent des produits et les livrent aux donneurs d'ordres. Les donneurs d'ordres vendent ces produits aux clients sur un marché final dont la demande est aléatoire. La demande finale aléatoire peut prendre deux formes de distribution : une demande « haute » qui est répartie uniformément (loi uniforme continue) entre les bornes [100, 200] et une demande « basse » qui suit la loi uniforme continue sur l'intervalle [50, 150]. La probabilité que la demande finale soit « basse » est de 0,5, la probabilité qu'elle soit « haute » est aussi de 0,5. Seul le D/O connaîtra – via des prévisions de ventes qui lui seront communiquées – le type de la demande, « haute » ou « basse », avant de prendre ses décisions. Il aura alors la possibilité d'envoyer un message à son F concernant ce type de demande. Le D/O doit décider du message qu'il envoie à son F et le F doit décider du niveau de production. Ces décisions sont prises avant de connaître la demande réelle sur le marché final. Les gains du F et du D/O dépendent de leurs décisions et du niveau de la demande du marché final. Leur détermination exacte sera présentée plus loin.

L'expérience comporte une succession de périodes. Chaque période se déroule en trois étapes.

- Au cours de la **première étape**, le D/O reçoit des prévisions de vente sur le marché final. Il envoie un message au F concernant le type de demande auquel il va faire face pour la période en cours.
- Au cours de la **seconde étape**, le F décide du niveau de production pour la période.
- Au cours de la **troisième étape**, la demande réelle est révélée au D/O. Le D/O passe au F la commande qui correspond exactement à la demande finale et le F livre les quantités disponibles.

Les sujets sont informés que le match sera joué plusieurs fois avec le même partenaire, mais ils ne connaissent pas exactement le nombre de périodes afin d'éviter les comportements stratégiques vers la fin de l'expérience. Dans l'expérience les sujets jouent effectivement 30 périodes.

## B. Le processus de décision

Le processus de décision est le suivant. Tout d'abord, le D/O reçoit une prévision exacte de la demande finale (affichage d'un simple message sur le type de demande de la prochaine période : « demande haute » ou « demande basse »). Le D/O envoie alors le message de type « cheap talk » au F, dans lequel il est totalement libre d'annoncer le type de la demande finale, soit « haute », soit « basse ». S'il annonce la demande haute il envoie le message «  $M_h$  », pour la demande basse le message est de type «  $M_l$  ».

Après avoir reçu le message de son D/O le F décide de son niveau de production pour la période, à savoir :

- $N_l = 100$  : niveau de production optimal qui correspond à une demande aléatoire répartie uniformément entre les bornes [50, 150];
- $N_h = 150$  : niveau de production optimal qui correspond à une demande aléatoire répartie uniformément entre les bornes [100, 200];
- $N_0 = 125$  : niveau de production optimal pour une demande aléatoire caractérisée par une probabilité 0,5 d'être « basse » et une probabilité 0,5 d'être « haute ».  $N_0$  est en fait un niveau de reapprovisionnement qui ne prend pas en compte le message envoyé par le D/O.

(Les calculs des niveaux de reapprovisionnement optimale pour le modèle MTS/MTO ont été présentés dans l'exemple numérique de section 2.4.)

Les délais de production sont considérés comme nuls de telle sorte que les quantités produites sont immédiatement disponibles. Dans le cas de surproduction (le F a produit davantage que la quantité commandée par le D/O), le F ne peut pas stocker les quantités pour les vendre à la période suivante.

Les quantités produites et non vendues durant une période sont irrémédiablement perdues. Une fois que la décision du F sur le niveau de la production est prise ( $N_h$ ,  $N_l$  ou  $N_o$ ), la demande réelle finale de la période en cours est communiquée au D/O. Le D/O commande alors la quantité de produits à son F, et cet ordre correspond exactement à la valeur de la demande finale. Selon les quantités commandées, le F fournit au D/O les quantités disponibles. Les délais de commande et de livraison sont considérés comme nuls de telle sorte que les quantités livrées au D/O sont immédiatement vendues sur le marché final.

### C. Calcul des gains du D/O et du F pour chaque période.

Les gains du D/O et du F sont déterminés en fonction des ventes réalisées sur le marché final et des coûts supportés par les deux entreprises.

#### Pour le D/O

La fonction de profit du D/O pour une période est égale à :

$$\pi_r = (p - r - c_r) \min(N, d) - b_r (d - N)^+ \quad [4.1]$$

avec :

$p$  : prix unitaire sur le marché final ( $p = 35$  ¥) ;

$r$  : prix unitaire d'achat auprès du F ( $r = 20$  ¥) ;

$c_r$  : coût unitaire de production (nommé « coût de distribution » dans les instructions) ( $c_r = 5$  ¥) ;

$b_r$  : coût unitaire de rupture ( $b_r = 10$  ¥) ;

$d$  : demande réelle finale du marché,  $d \in [50, 200]$  ;

$N$  : quantité produite par le F.

#### Pour le F :

La fonction d'utilité du F pour une période est égale à :

$$\pi_s = r \min(N, d) - c_s N - h_s (N - d)^+ - b_s (d - N)^+ \quad [4.2]$$

avec :

$c_s$  : coût unitaire de production ( $c_s = 10$  ¥) ;

$h_s$  : coût unitaire des invendus ( $h_s = 5$  ¥) ;

$b_s$  : coût unitaire de rupture est ( $b_s = 5$  ¥).

Les fonctions des profits sont l'information commune pour deux types de joueurs. A la fin de chaque période, chaque sujet peut voir le profit cumulé de début d'expérience, ainsi que le profit de période en cours avec les détails de calcul de profit sur l'écran de son ordinateur. Les sujets

commencent à la période 1 avec une dotation initiale de 1000 ¥. Cette dotation n'est pas remise à niveau à chaque nouvelle période.

#### **D. Fin de l'expérience**

A la fin de l'expérience, les sujets remplissent le formulaire de compte-rendu dans lequel ils répondent à des questions courtes sur leur comportement stratégique au cours de l'expérience et peuvent écrire des commentaires libres. Une fois qu'ils ont terminé, ils sont appelés individuellement dans une salle séparée où ils tirent leur loterie (phase 1) et reçoivent à titre privé leurs gains en espèces, avant de quitter le laboratoire expérimental.

### **4.4 LES RESULTATS EXPERIMENTAUX**

Comme souligné précédemment, ces résultats expérimentaux ont fait l'objet d'une publication préalable (Boucher & al., 2009). Nous avons procédé à deux sessions : l'une avec des étudiants-ingénieurs de l'Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et l'autre avec des étudiants-ingénieurs de l'Institut Polytechnique de Grenoble. Les données sur les sessions et le nombre d'observations sont données dans le tableau 4.1. Par observation, nous entendons un couple de 2 sujets qui interagissent au cours de toutes les périodes.

**Tableau 4.1.** Nombre de sessions et d'observations expérimentales selon la localisation des sujets

	<b>Saint-Etienne</b>	<b>Grenoble</b>	<b>Total</b>
<b>Nombre de sessions</b>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<b>Nombre d'observations</b>	<i>9</i>	<i>8</i>	<i>17</i>

Les résultats expérimentaux des joueurs sont présentés dans l'annexe D, tableaux D.1 - D.3.

#### **4.4.1 Analyse des résultats**

L'interprétation alternative des résultats expérimentaux réalisée par les membres du laboratoire GAEL est présentée dans [Boucher *et al.*, 2009].

#### 4.4.1.1 Les stratégies des joueurs au début du jeu

Nous avons d'abord analysé le commencement du jeu. Effectivement, les joueurs ont le choix entre la coopération et la non-coopération à chaque partie jouée. Cependant la distinction entre le comportement coopératif ou non-coopératif de la part des sujets peut être faite dans les situations suivantes :

- pour le D/O, lorsqu'il reçoit les prévisions basses du marché ( $\theta_l$ ) ;
- pour le F, lorsqu'il reçoit les prévisions hautes ( $m = H$ ) de son D/O.

Les stratégies observées des joueurs lors de la première possibilité de comportement non-coopératif sont les suivantes :

- 6 des 17 donneurs d'ordres, soit 35 %, ont commencé par la non coopération (dont 2 donneurs d'ordres ayant choisi la non-coopération après avoir observé le comportement non-coopératif de leur fournisseur).
- 8 des 17 fournisseurs ou 47 % ont commencé par la non-coopération (tous les 8 fournisseurs ayant joué la non-coopération avant la détection du comportement non-coopératif de leur partenaire).

Ces résultats montrent un fort pourcentage de choix de non-coopération dès le premier coup du jeu : plus d'un tiers des donneurs d'ordres et presque la moitié des fournisseurs. Le deuxième constat est que les fournisseurs commencent par la non-coopération plus fréquemment que les donneurs d'ordres.

#### 4.4.1.2 Taux de faux message et taux de non-confiance

Afin d'analyser les résultats du jeu expérimental nous avons spécifié deux taux :

- le taux de faux message ( $T_{fm}$ ) pour étudier le comportement et la dynamique des décisions du D/O. Le taux de faux message est donné par le pourcentage d'envoi des messages hauts ( $m = H$ ) par le D/O lorsqu'il a reçu des prévisions basses du marché.
- le taux de non-confiance ( $T_{nc}$ ) caractérise les choix stratégiques du F. Il est donné par le pourcentage des décisions  $N_l$  et  $N_o$  du F lorsqu'il a reçu le message  $m = H$  de son D/O.

Dans le but d'analyser la dynamique des décisions des joueurs nous avons divisé les parties jouées en 2 séquences de 15 périodes. Nos observations expérimentales sont résumées dans le tableau suivant (St-Et. = Ecole des Mines de Saint-Etienne et Gre. = Institut Polytechnique de Grenoble).

**Tableau 4.2.** Taux de faux messages et taux de non-confiance en fonction du groupe et de la localisation des sujets

Groupe	Loc.	Taux de Faux Messages			Taux de Non-Confiance		
		Périodes		30 périodes	Périodes		30 périodes
		Pér 1-15	Pér 16-30		Pér 1-15	Pér 16-30	
Groupe 1	St-Et.	0,14	0,00	0,07	0,44	0,13	0,29
Groupe 2	St-Et.	0,18	0,20	0,19	0,33	0,18	0,24
Groupe 3	St-Et.	0,00	0,22	0,12	0,29	0,13	0,20
Groupe 4	St-Et.	0,29	0,50	0,38	0,30	0,33	0,32
Groupe 5	St-Et.	1,00	0,83	0,93	0,47	1,00	0,72
Groupe 6	St-Et.	0,33	0,29	0,31	0,11	0,00	0,05
Groupe 7	St-Et.	0,20	0,11	0,16	0,00	0,29	0,14
Groupe 8	St-Et.	0,00	0,00	0,00	0,88	1,00	0,91
Groupe 9	St-Et.	0,29	0,00	0,13	0,80	1,00	0,88
<b>Moyenne</b>	<b>St-Et.</b>	<b>0,27</b>	<b>0,24</b>	<b>0,25</b>	<b>0,40</b>	<b>0,45</b>	<b>0,42</b>
Groupe 10	Gre.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Groupe 11	Gre.	0,55	0,20	0,44	0,60	0,89	0,74
Groupe 12	Gre.	0,50	0,78	0,65	0,09	0,54	0,33
Groupe 13	Gre.	0,71	1,00	0,85	0,38	0,87	0,64
Groupe 14	Gre.	0,13	0,17	0,14	0,50	0,30	0,39
Groupe 15	Gre.	0,11	0,00	0,06	0,57	0,25	0,40
Groupe 16	Gre.	0,00	0,00	0,00	0,20	0,17	0,18
Groupe 17	Gre.	0,57	0,17	0,32	0,25	0,60	0,35
<b>Moyenne</b>	<b>Gre.</b>	<b>0,32</b>	<b>0,29</b>	<b>0,31</b>	<b>0,32</b>	<b>0,45</b>	<b>0,38</b>
<b>Moyenne</b>	<b>Total</b>	<b>0,29</b>	<b>0,26</b>	<b>0,28</b>	<b>0,37</b>	<b>0,45</b>	<b>0,40</b>

Pour chaque ville et en total pour les 17 groupes de sujets, les moyennes des taux de faux messages (entre 24 % et 32 %) sont moins élevées que les moyennes de taux de non-confiance (entre 32 % et 45 %). En moyenne, pour chaque ville tout comme pour l'échantillon entier, la tendance de l'évolution des taux est la suivante :

- la fréquence des comportements non-coopératifs diminue chez les donneurs d'ordres (de 27 % à 24% pour Saint-Etienne, de 32 % à 29 % pour Grenoble, de 29 % à 26 % en total) ;
- Au contraire, chez les fournisseurs le comportement non-coopératif est de plus en plus fréquent (de 40 % à 45 % pour Saint-Etienne, de 32 % à 45 % pour Grenoble, de 37 % à 45 % en total).

### 4.4.1.3 Dynamiques des groupes

Dans le but d'analyser la dynamique des choix stratégiques des joueurs nous avons distingué 3 échantillons selon le taux de faux messages des donneurs d'ordres en première partie du jeu (pour 15 premières périodes) :

- premier échantillon ( $T_{fm} < 0,2$ ) : 8 groupes (1, 2, 3, 8, 10, 14, 15, 16) ;
- deuxième échantillon ( $0,2 \leq T_{fm} < 0,5$ ) : 4 groupes (4, 6, 7, 9) ;
- troisième échantillon ( $T_{fm} \geq 0,5$ ) : 5 groupes (5, 11, 12, 13, 17).

Les taux moyens de faux messages et de non-confiance pour ces 3 échantillons sont présentés dans le tableau suivant.

**Tableau 4.3.** Taux moyens de faux messages et de non-confiance pour les 3 échantillons

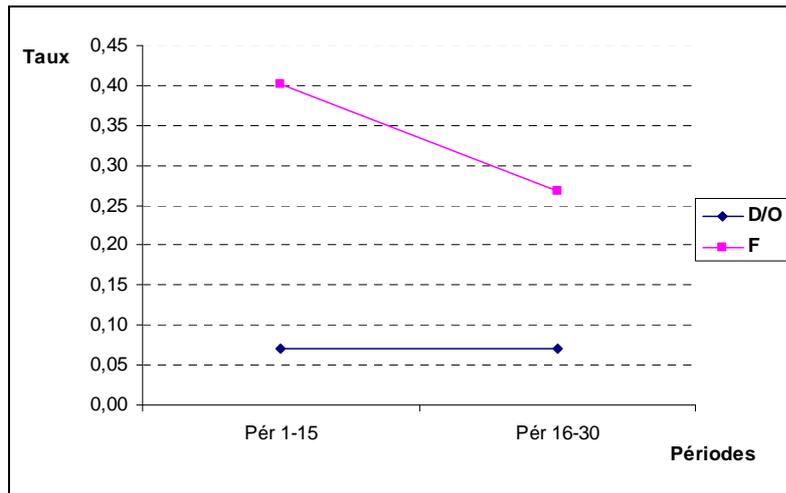
	Taux de Faux Messages		Taux de Non-Confiance	
	Périodes		Périodes	
	Pér 1-15	Pér 16-30	Pér 1-15	Pér 16-30
<b>Echantillon 1</b>	0,07	0,07	0,40	0,27
<b>Echantillon 2</b>	0,28	0,22	0,30	0,40
<b>Echantillon 3</b>	0,67	0,60	0,36	0,78

Le taux moyen de non confiance en début du jeu pour les 3 échantillons varie entre 30 % et 40 % (rappelons que la moyenne totale pour les 15 premières périodes est de 37 %).

La tendance sur les moyennes des taux de non confiance est la suivante :

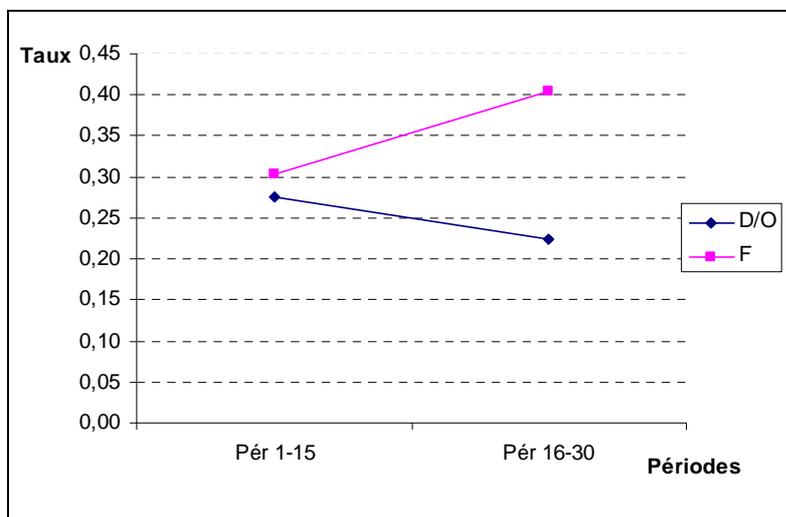
- le taux moyen de faux messages diminue pour chacun des 3 échantillons ;
- le taux moyen de non-confiance diminue pour le premier échantillon, augmente dans l'échantillon 2 et monte d'une façon considérable pour les fournisseurs du troisième échantillon.

Analysons l'évolution couplée des taux pour les 3 échantillons (fig. 4.1 - 4.3).



**Figure 4.1.** L'évolution des moyennes de taux de faux messages et de taux de non-confiance pour l'échantillon 1

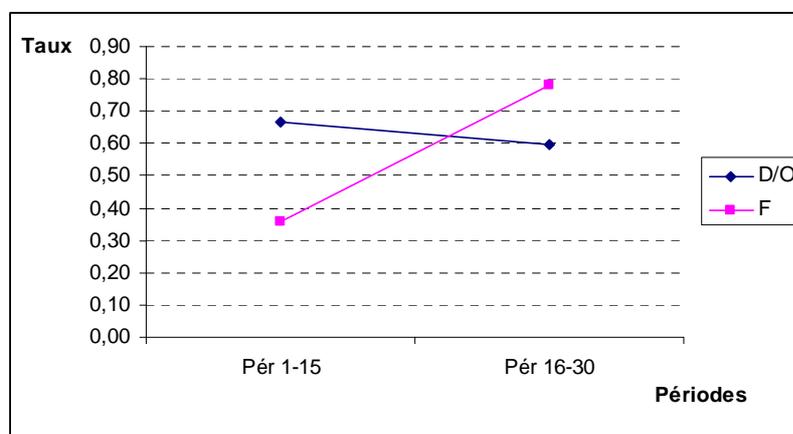
Le premier échantillon est le plus important avec 8 groupes de sujets. Pour cet échantillon le taux moyen de faux messages des donneurs d'ordres est assez faible (7 %) et reste stable. Le taux moyen de non-confiance des fournisseurs est assez élevé (40%) en début du jeu. Vers la fin du jeu les fournisseurs ont adopté un comportement moins prudent et le taux moyen de non-confiance baisse jusqu'à 27 %. Nous pouvons imaginer que les relations répétitives peuvent conduire vers l'installation de la confiance et de la coopération entre les 2 partenaires.



**Figure 4.2.** L'évolution des moyennes de taux de faux messages et de taux de non-confiance pour l'échantillon 2

Les fournisseurs du deuxième échantillon commencent par la non-confiance dans 30% des cas. Le taux de faux messages est assez élevé en début du jeu : les donneurs d'ordres surévaluent des prévisions presque une fois sur trois (rappelons que la non-coopération de la part des donneurs

d'ordres est détectée par les fournisseurs moins souvent car, dans 50 % des cas, la demande finale se trouve sur l'intersection de 2 types de demande). Malgré que les donneurs d'ordres diminuent leur comportement opportuniste vers la fin du jeu, les fournisseurs accordent moins de confiance aux messages de leurs partenaires.



**Figure 4.3.** L'évolution des moyens de taux de faux messages et de taux de non-confiance pour l'échantillon 3

Les fournisseurs du troisième échantillon ont commencé avec le taux de non-confiance  $T_{nc} = 36\%$  qui est proche de la moyenne globale. Face au comportement "malhonnête" de leurs donneurs d'ordres ils finissent avec le taux record de non confiance  $T_{nc} = 78\%$ .

En résumé, nous pouvons souligner que le comportement des donneurs d'ordres surtout au début des relations, influence le comportement des fournisseurs. Quand les donneurs d'ordres n'envoient pas ou envoient très rarement des messages surévalués, les fournisseurs, même s'ils sont méfiants au début du jeu finissent par accorder plus de confiance à leurs partenaires (sauf le F du groupe 8). Cependant quand le taux de faux message est plus élevé et dépasse un faux message sur 5 prévisions basses, les fournisseurs adoptent de plus en plus le comportement non-coopératif (sauf le F du groupe 6) et cela malgré la diminution des faux messages de la part des donneurs d'ordres.

#### 4.4.2 Discussion

Les résultats analytiques d'optimisation de profit dans une chaîne logistique MTS/MTO avec la théorie des jeux montrent que pour les relations à très court terme les agents préfèrent la non-coopération mutuelle. A long terme en revanche, la coopération mutuelle est plus intéressante, elle mène à des gains plus importants pour chaque acteur. Comme les joueurs ne connaissent pas à l'avance le nombre de périodes, nous nous attendions à un comportement plutôt axé sur la

coopération mutuelle au cours du jeu d'économie expérimentale. Nous avons pu constater des dynamiques différentes des prédictions théoriques entre le D/O et son F :

- la coopération mutuelle s'installe dès la première partie et est soutenue par les deux acteurs tout au long de l'expérience (groupes *G10* et *G16*) ;
- les relations convergent vers la coopération après une punition de la part du F (groupes *G1*, *G6*, *G14*, *G15* et *G17*) ;
- la confiance du F se dégrade après quelques messages trompeurs du D/O. Même si les D/O passent au mode « coopération » les F restent dans la non-coopération (groupes *G9* et *G11*) ;
- les F permettent à leurs D/O d'envoyer de temps en temps des faux messages et ne réagissent pas par la perte de confiance (groupes *G2*, *G3*, *G4* et *G7*) ;
- certaines relations se dégradent rapidement vers la non-coopération (groupes *G5*, *G12*, et *G13*) ;
- le groupe *G8* est caractérisé par le comportement coopératif du D/O dès le premier tour, mais le F reste méfiant et n'accorde jamais confiance à son D/O.

L'explication des écarts entre les résultats théoriques et expérimentaux peuvent s'expliquer dans le contexte des relations adverses au sein de chaîne logistique étudiée. « L'usage de concepts issus des analyses behavioristes, comme ceux de pouvoir, de confiance et d'engagement, montre que la coopération ne sera pas toujours retenue, entre autres lorsque les relations adverses peuvent apporter un gain supplémentaire à l'un des membres de la chaîne logistique » [Paché, 2000]. En effet le D/O dans le jeu étudié se trouve dans une position de force par rapport à son F, notamment sur le partage de profits de la chaîne. Plusieurs D/O au cours du jeu expérimental ont essayé de tester la réaction de leur F en envoyant des messages faux. Le but de ce comportement était de profiter soit de la passivité du F, soit de son incompréhension, soit de la probabilité de ne pas être découvert. Ce comportement est décrit dans plusieurs travaux en sciences de gestion, comme par exemple dans [Paché, 2000] : « Il paraît difficile d'ignorer le jeu des acteurs, dont certains vont utiliser leurs compétences en matière de pilotage des flux de produits et d'informations pour développer des pratiques prédatrices. »

Le F en revanche est dépendant de son D/O au sens où il n'a pas accès direct aux prévisions du marché. Cette position de dépendance peut provoquer chez le F une méfiance vis-à-vis des tactiques de son D/O. Cet aspect a été également souligné dans [Paché, 2000] : « Le pouvoir aurait un impact négatif sur le climat des transactions au sein du canal de distribution (chaîne logistique) dans la mesure où sa présence génère une défiance et un affrontement entre les partenaires commerciaux, plutôt qu'une confiance mutuelle ». Les F sont conscients ou découvrent au cours de répétition du jeu que leurs partenaires ont intérêt à exagérer les prévisions. En conséquence certains F adoptent une attitude méfiante, même s'ils ont en face des D/O coopératifs.

## 4.5 CONCLUSION

Dans le présent chapitre nous avons analysé le jeu du partage des prévisions (modèle MTS/MTO) avec une méthodologie d'économie expérimentale. Cette étude nous a permis d'enrichir les résultats théoriques obtenus dans le chapitre 2 par les observations des comportements stratégiques des sujets humains confrontés à une prise de décision dans un contexte reproduisant le modèle étudié analytiquement.

Nous avons pu constater qu'un pourcentage significatif des joueurs n'a pas adopté le comportement prédit par la théorie des jeux. Les observations montrent que les décisions des joueurs sont influencées non seulement par les calculs d'optimisation de profits, mais aussi par d'autres motivations. L'explication de ce phénomène peut être liée au contexte des interactions et plus précisément au fait que le donneur d'ordres se trouve dans une situation privilégiée par rapport à son fournisseur. En effet le donneur d'ordres a le pouvoir d'influencer les décisions du fournisseur et il est toujours tenté par la possibilité de diminuer ses pertes éventuelles de rupture en induisant un stock exagéré chez fournisseur. En conséquence les fournisseurs ne peuvent pas négliger la possibilité d'une stratégie adverse de la part de leur donneur d'ordres. Ce fait explique que les fournisseurs, bien qu'ils perdent en non-coopération, peuvent être aussi à l'origine de décisions non-coopératives dans une chaîne logistique, motivés par l'envie de ne pas être dupés.



## CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Sous la pression de la globalisation, de la concurrence, de la contraction des temps de cycle et de l'augmentation de la complexité, les entreprises sont obligées de coopérer de plus en plus afin d'avoir une meilleure réactivité, de communiquer et échanger un certain nombre de données. Ceci est fortement favorisé par la mise en place des nouvelles technologies d'information et de communication.

Parmi les informations partagées, les informations visant une meilleure maîtrise des stocks sont parmi les plus significatives. Au sein d'une chaîne logistique les niveaux de stocks ont un impact important sur le contrôle des niveaux de production et des délais de livraison et sont des composantes majeures affectant le coût des systèmes industriels. Le partage d'information, en diminuant l'incertitude sur la demande, permet une gestion de stock mieux adaptée aux besoins réels et plus efficace. C'est pour cette raison qu'une partie importante (nous pouvons même dire la partie la plus importante) des recherches sur la valeur de l'information porte sur l'influence de l'effet du partage d'informations sur les coûts de stock.

Pourtant, l'adoption de décision sur le partage ou le non partage d'une information n'est pas une tâche facile. Notre travail de recherche a consisté, par la modélisation de partage des prévisions, à étudier des éléments qui mettent obstacles à cet échange et à mesurer la perte en efficacité résultante pour la chaîne et les entreprises qui la composent. Ce sont des obstacles financier, mais aussi psychologique (les relations adverses, le climat de conflit, les sentiments de méfiance). Nous avons étudié la prise de décision sur le partage des prévisions et ses conséquences dans des contextes différents de la chaîne logistique, par trois études complémentaires.

La *première étude* (modèle MTS/MTO) concerne un maillon élémentaire d'une chaîne logistique décentralisée à deux niveaux, composée d'un fournisseur qui produit sur stock (MTS) et le gère en stock nominal et d'un donneur d'ordres qui fabrique sur commande du marché (MTO). Nous avons distingué deux configurations logistiques distinctes de ce modèle : mono- et multi-périodes (sans ou avec possibilité de stockage des invendus par le fournisseur). Nous avons modélisé le jeu statique sur le partage des prévisions entre le donneur d'ordres et son fournisseur. Le donneur d'ordres, qui possède des prévisions exactes sur la demande, a tendance à les exagérer afin de garantir des réserves suffisantes de produits chez le fournisseur. Le fournisseur prend en compte la stratégie du donneur d'ordres et ne lui fait pas confiance. Cette solution qui correspond à l'équilibre de Nash est sous-optimale pour les deux acteurs.

La *deuxième étude* consiste en une chaîne logistique décentralisée à deux étages, composée d'un fournisseur et d'un donneur d'ordres qui produisent chacun sur stock (modèle MTS/MTS). Ainsi la chaîne possède deux niveaux de stockage : chez le fournisseur et chez le donneur d'ordres, qui gèrent leurs stocks suivant une politique de stock nominal. Nous avons étudié le jeu statique en mono-période. Dans ce jeu avec asymétrie d'information, le donneur d'ordres reçoit des prévisions du marché (demande haute ou demande basse), mais il existe une probabilité non-nulle, que ces prévisions soient erronées. L'équilibre de Nash du jeu consiste en la non-coopération mutuelle, quand le donneur d'ordres passe les prévisions hautes du marché et le fournisseur ne lui fait pas confiance. La comparaison des profits des joueurs en coopération et en non-coopération mutuelle a montré que l'équilibre de Nash peut être sous-optimal en fonction de caractéristiques suivantes du modèle : les paramètres de la loi de la demande et le niveau de probabilité des prévisions erronées. Toutefois plus les prévisions sont exactes, plus la coopération est profitable pour les deux joueurs.

La *troisième étude* comprend une analyse des relations long terme au sein d'une chaîne logistique par la démarche de l'économie expérimentale. L'application proposée consiste en une étude de la gestion des stocks dans une chaîne logistique (modèle MTS/MTO en mono-période), et en l'analyse des décisions stratégiques sur la performance de la chaîne et des acteurs qui la composent. Le contexte de la décision dans les jeux répétés est plus complexe par rapport à la situation statique des jeux non répétés, et caractérisé par une certaine hétérogénéité dans les comportements individuels des sujets.

## **Bilan comparatif**

### *Le modèle MTS/MTO en mono-période versus le modèle MTS/MTO en multi-période*

Le premier bilan que nous pouvons tirer des résultats de la première étude est une comparaison entre les résultats pour le modèle MTS/MTO en mono et en multi-périodes. Pour les deux configurations l'équilibre de Nash est sous-optimal et correspond à la non-coopération mutuelle. La différence que nous pouvons souligner tient au fait que le niveau de reapprovisionnement du fournisseur est plus important en multi-périodes qu'en mono-période. Ce fait peut être expliqué par la possibilité du fournisseur de garder des invendus pour les vendre à la période prochaine.

### *Le modèle MTS/MTO versus le modèle MTS/MTS*

Pour le modèle MTS/MTS avec des prévisions exactes du marché reçues par le donneur d'ordres, l'équilibre de Nash correspond à la coopération mutuelle, comme nous l'avons démontré dans la section 3.3.1.2. Ensuite, nous avons essayé de rapprocher ce modèle de la réalité, en considérant que les prévisions peuvent être erronées. Dans ce nouveau modèle l'équilibre de Nash correspond à la

non-coopération mutuelle. Cet équilibre de Nash, contrairement au modèle MTS/MTO, peut s'avérer optimal si la qualité des prévisions est assez basse.

*Modèle MTS/MTO en mono-période : les résultats théoriques (théorie des jeux, équilibre de Nash) versus les résultats expérimentaux (économie expérimentale)*

Nous pouvons constater la forte complémentarité entre les deux approches scientifiques : l'approche théorique (la théorie des jeux) et l'économie expérimentale. Cette complémentarité est très utile pour les chercheurs. L'application des outils expérimentaux dans le contexte de chaîne logistique, nous a permis d'analyser en profondeur les comportements des sujets, lorsque ces sujets sont en interaction dans un contexte spécifique. En d'autres termes, cette approche constitue un pas vers les « expériences sur le terrain », où, contrairement aux expériences économiques traditionnelles, les sujets sont confrontés à des problèmes réels et contextuels.

La forte complémentarité entre ces deux approches scientifiques distinctes permet de tester la validité de nos résultats théoriques mais aussi d'aller au-delà de l'approche analytique lorsque le contexte de la décision est plus complexe, comme dans les jeux répétés, et caractérisé par une certaine hétérogénéité dans les comportements individuels. La comparaison entre les prédictions théoriques et les expérimentations a montré des résultats très divers. D'autres expérimentations seront nécessaires pour confirmer ou infirmer l'adéquation entre les résultats théoriques et les comportements réels.

### **Principales perspectives de recherche**

A notre sens, ce travail ouvre la voie à plusieurs perspectives qui peuvent constituer des axes de recherches à court et à long terme.

#### *Les axes de recherche à court terme*

Premièrement, notre étude de chaîne logistique a été restreinte à la structure dyadique de la chaîne. Donc, une des perspectives de recherches est d'élargir notre étude sur une chaîne comportant un nombre plus élevé de maillons.

L'étude de la chaîne plus complexe comportant 3 niveaux (MTS/MTS/MTO et MTS/MTS/MTS) peut être intéressante comme dans le sens d'étude de l'influence des décisions des joueurs sur les performances locales et globales du système, ainsi que sur l'analyse de la propagation d'information au long de la chaîne.

A court terme nous sommes intéressés par l'étude d'une chaîne plus complexe et plus réaliste : avec plusieurs fournisseur et/ou plusieurs donneurs d'ordres. Par exemple, dans un réseau comportant un fournisseur et plusieurs donneurs d'ordres, la rivalité entre les donneurs influencent-elle leurs décisions et de quelle façon ? Cette concurrence, peut-elle amener les agents vers la coordination ? Par ailleurs, une chaîne composée d'un donneur d'ordres et de plusieurs fournisseurs est aussi intéressante pour notre analyse. Une telle structure de la chaîne favorise-t-elle la coopération ? Comment les décisions stratégiques des acteurs influence-t-elles la performance de la chaîne et des entreprises qui la constituent ?

La recherche pour les modèles susnommés pourra également concerner l'identification de paramètres du contrat qui peuvent influencer le comportement décisionnel des joueurs dans le but de les amener vers la coopération.

Une des perspectives la plus prometteuse consiste à analyser les modèles dans le contexte du jeu répété, qui correspond mieux à la relation long terme au sein de la chaîne logistique. Il est pertinent de coupler la théorie des jeux et l'utilisation de la simulation (simulation numérique dans un premier temps), afin de trouver des caractéristiques de méta-stratégies permettant la coopération durable entre les agents.

Une autre perspective intéressante d'analyse des relations long-terme concerne l'étude du modèle MTS/MTO en mono-période avec la méthodologie de l'économie expérimentale. Il s'agit notamment d'analyser les impacts d'une temporalité plus courte au niveau de la relation entre les acteurs (sans toutefois aller jusqu'au jeu statique – one shot), via une remise en cause potentielle après un certain nombre de périodes jouées avec le même partenaire. Les partenaires jouent un nombre donné et connu de périodes, nommé round. A la fin de chaque round, chacun des deux partenaires a le choix entre la reconduction et l'arrêt de la relation contractuelle. Cette relation s'arrête si au moins un des deux sujets le souhaite et sous une condition, à savoir s'il est constaté au moins 2 ruptures de relation contractuelle à la fin de chaque round. Le but d'un tel paramétrage est de se rapprocher d'une configuration fréquente dans le monde industriel : relation contractuelle qui s'inscrit dans le temps mais qui fait l'objet d'une remise en cause périodique, en fonction notamment des jugements portés par les acteurs sur cette relation. En effet, la relation industrielle ne peut perdurer que si les deux acteurs sont d'accord. Un sous-objectif d'un tel traitement peut être aussi d'observer quel type d'acteur rompra plus fréquemment la relation (le fournisseur ou le donneur d'ordres). Et comme dans le monde industriel, en cas de désaccord entre acteurs sur la reconduction de la relation, rien ne garantit que d'autres acteurs soient disposés et disponibles pour nouer une nouvelle relation contractuelle.

*Les axes de recherche à long terme*

Une des perspectives porte sur l'intégration de l'analyse théorique pour les modèles étudiés dans un simulateur pédagogique (jeu d'entreprise pour l'étude de la dynamique des flux et de la coopération interentreprises). Il s'agit essentiellement d'incorporer la modélisation des comportements stratégiques dans les modules du logiciel SIM 2 déjà développé au sein de notre laboratoire de recherche.

Enfin, nous tenons à la possibilité d'intégrer des calculs analytiques d'optimisation pour les modèles étudiés dans des méthodes et outils d'aide à la décision. Il s'agit notamment de modéliser le comportement stratégique des acteurs, qui permettra en retour d'enrichir l'analyse des cas réels.

Ce travail de recherche, par la méthodologie ainsi que les modèles développés, par les analyses effectuées, peut donc être la base de nombreuses recherches futures aux perspectives prometteuses, tant d'un point de vue académique qu'industriel.



## BIBLIOGRAPHIE

- [Abreu, 1988] Abreu D., 1988. On the Theory of Infinitely Repeated Games with Discounting. *Econometrica*, 56(2), pp. 383-396.
- [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.
- [Anderson et al., 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 al., 2001] Anupindi R., Bassok Y., Zemel E., 2001. A general framework for the study of decentralized distribution systems. *Manufacturing and Service Operations Management*, 3(4), pp. 349-368.
- [Anupindi et Bassok, 2002] Anupindi R., Bassok Y., 2002. Supply Contracts with Quantity Commitments and Stochastic Demand. In: S. Tayur, R. Ganeshan and M. Magazine, editors. Quantitative Models for Supply Chain Management, Kluwer, USA, pp. 197-232.
- [Arda, 2008] Arda Y., 2008. Politiques d’approvisionnement dans les systèmes à plusieurs fournisseurs et optimisation des décisions dans les chaînes logistiques décentralisées. *Thèse de Doctorat*, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
- [Arda et Hennet, 2006] Arda Y., Hennet J.-C., 2006. Coordination de chaînes logistique. Une approche par la théorie des jeux. *6<sup>e</sup> Conférence Francophone de Modélisation et Simulation MOSIM’06*, Rabat, Maroc, Avril.
- [Baganha et Cohen, 1998] Baganha M., Cohen M., 1998. The stabilizing effect of inventory in supply chains. *Operations Research*, 46(3), pp. 572-583.
- [Baker et al., 2002] Baker G., Gibbons R., Murphy K. J., 2002. Relational contracts and the theory of the firm. *Quarterly Journal of Economics*, 117(1), pp. 39-84.
- [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.
- [Barnes-Schuster et al., 2002] Barnes-Schuster D., Bassok Y., Anupindi R., 2002. Coordination and Flexibility in Supply Contracts with Options. *Manufacturing & Service Operations Management*, 4(3), pp. 171-207.
- [Barros, 1997] Barros L., 1997. A global view of logistics. *Production Management*, 1(4).

- [Bassok et Anupindi, 1997] Bassok Y., Anupindi R., 1997. Analysis of supply contracts with total minimum commitment. *IIE Transactions*, 29(5), pp. 373-381.
- [Beamon, 1998] Beamon B.M., 1998. Supply chain design and analysis: models and methods. *International Journal of Production Economics*, 55(3), pp. 281-94.
- [Bessler et Veinott, 1966] Bessler S.A., Veinott A.J., 1996. Optimal policy for a multi-echelon inventory model. *Naval Research Logistics Quarterly*, 13(4), pp. 355-389.
- [Berry et Naim, 1994] Berry D., Naim M.M., 1994. A systems engineering analysis of information and material flows in a manufacturing company. *Factory 2000 - Advanced Factory Automation, Conference Publication N° 398*.
- [Bertrand, 1883] Bertrand, J., 1883. Théorie mathématique de la richesse sociale. *Journal des Savants*, pp. 499-508.
- [Blanchot, 1995] Blanchot F., 1995. Le partenariat inter-entreprises : caractérisation, déterminant de son choix et de ses principaux supports juridiques. *Thèse de doctorat*, Université de Dijon.
- [Bonet-Fernandez, 2006] Bonet-Fernandez, 2006. Pouvoir et leadership dans la chaîne logistique. Disponible sur (juin 2009) : <ftp://ungaro.u-bourgogne.fr/cermab/jrmb11/Bonet.pdf>
- [Boucher *et al.*, 2009] Boucher X., Burlat P., Garapin A., Llerena D., Taratynava N. Analysis of Strategic Behaviours within Supply Chains: Complementarity between modelling and experimentation methodologies. In "Collaboration, Alignment and Coordination for Supply Chain Performance", V. Botta-Genoulaz, J.-P. Campagne, D. Llerena, C. Pellegrin Edts, J. Wiley & Sons, accepted under publication 2009.
- [Boujut *et al.*, 2002] Boujut J., Cavaillé J., Jeantet A., 2002. Instrumentation de la coopération. Coopération et connaissance dans les systèmes industriels sous la direction de R. Soënen et J. Perrin, Lavoisier, Hermes Science, p. 91-109.
- [Bowersox *et al.*, 1980] Bowersox D., Cooper M., Lambert D., Taylor, D., 1980. Management in marketing channels, McGraw Hill, New York, NY.
- [Bowles et Gintis, 1993] Bowles S., Gintis H., 1993. The democratic firm: an agency theoretic evaluation. In S. Bowles, H. Gintis and B. Gustafsson, editors. Democracy and markets: participation, accountability and efficiency, Cambridge University Press, pp. 13-39.
- [Brandenburge et Stuart, 2007] Brandenburger A., Stuart H., 2007. Biform games. *Management Science*, 55(4), pp. 537-549.
- [Butera, 1991] Butera F., 1991. La métaphore de l'organisation : du château au réseau. Les Éditions d'Organisation, Paris.
- [Byrne et Heavey, 2006] Byrne P.J., Heavey C., 2006. The impact of information sharing and forecasting in capacitated industrial supplychains: A case study. *International Journal of Production Economics*, 103(1), pp. 420-437.
- [Cachon, 2001] Cachon G.P., 2001. Stock wars: inventory competition in a two-echelon supply chain with multiple retailers. *Operations Research*, 49(5), pp. 658-674.
- [Cachon, 2002] Cachon G.P., 2002. Supply chain coordination with contracts. In: S. Graves and T.

de Kok, editors. *Handbooks in Operations Research and Management Science: Supply Chain management*, Elsevier, Netherlands.

- [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 et Larivière, 2001] Cachon G.P., Lariviere M.A., 2001. Contracting to assure supply: how to share demand forecasts in a supply chain. *Management Science*, 47(5), pp. 629-646.
- [Cachon et Lariviere, 2005] Cachon G.P., Lariviere M.A., 2005. Supply Chain Coordination with Revenue-Sharing Contracts: Strengths and Limitations. *Management Science*, 51(1), pp. 30-44.
- [Cachon et Netessine, 2004] Cachon G.P., Netessine S., 2004. Game theory in supply chain analysis. In: D. Simchi-Levi, S.D. Wu and Z.-J. Shen, editors. *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the eBusiness Era*, Kluwer Academic Publishers, pp. 13-66.
- [Cachon et Zipkin, 1999] Cachon G.P., Zipkin P.H., 1999. Competitive and cooperative inventory policies in a two-stage supply chain. *Management Science*, 45(7), pp. 936-953.
- [Camalot, 2000] Camalot J.P., 2000. Aide à la décision et à la coopération en gestion du temps et des ressources. *Thèse de Doctorat*, Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, Toulouse, France.
- [Campagne et Sénéchal, 2002] Campagne J., Sénéchal O., 2002. Les nouvelles exigences de la coopération. Dans : *Coopération et connaissance dans les systèmes industriels sous la direction de R. Soënen et J. Perrin*, Lavoisier, Hermes Science, p. 51-67.
- [Chatain et Zemsky, 2007] Chatain O., Zemsky P., 2007. The horizontal scope of the firm: organizational tradeoffs vs. buyer-supplier relationships. *Management Science*, 53(4), pp. 550-565.
- [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.
- [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, 2005] Chen, F., 2005. Sales force incentives, market information, and production/inventory planning. *Management Science*, 51(1), pp. 60-75.
- [Chen et al., 2000] Chen F., Drezner Z., Ryan J.K., Simchi-Levi D., 2000. Quantifying the Bullwhip Effect in a Simple Supply Chain: The Impact of Forecasting, Leadtimes and Information. *Management Sciences*, 46(3), pp. 436-443.
- [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.
- [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.

- [Cheyroux, 2003] Cheyroux L., 2003. Sur l'évaluation de performances des chaînes logistiques. *Thèse de doctorat*, Institut Nationale Polytechnique de Grenoble.
- [Christopher, 1998] Christopher M., 1998. Logistics and Supply Chain Management: Strategies for reducing cost and improving services. Second edition, Financial Times/prentice Hall, London.
- [Christopher, 2000] Christopher M., 2000. The Agile Supply Chain - Competing in Volatile Markets. *Industrial Marketing Management*, 29(1), pp. 37-44.
- [Clarck et Scarf, 1960] Clark A.J., Scarf H., 1960. Optimal policies for a multi-echelon inventory problem. *Management Science*, 6(4), pp. 475-490.
- [Claveau et Neubert, 2005] Claveau N, Neubert G, Pellegrin C., 2005. La collaboration dans les chaînes logistiques: un cadre d'analyse fondé sur la notion d'opportunité de relation. *6ème congrès international de Génie Industriel, CIGI'2005*, Besançon.
- [Clemons et Row, 1992] Clemons E., Row M., 1992. Information, Power, and Control of the Distribution Channel: Preliminary Results of a Filed Study in the Consumer Packaged Goods Industry. In: J.I. DeGross, J.D. Becker and J.J Elam, editors. *Proceedings of the Thirteens International Conference on Information Systems*, Dallas, TX, pp 21-29.
- [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.
- [Cooper et al., 1997] Cooper M.C., Lambert D.M., Pagh J.D., 1997. Supply Chain Management: More Than a New Name for Logistics. *International Journal of Logistics Management*, 8(1), pp.1-14.
- [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.
- [Corbett, 2001] Corbett C.J., 2001. Stochastic inventory systems in a supply chain with asymmetric information: cycle stocks, safety stocks, and consignment stock. *Operations Research*, 49(4), pp. 487-500.
- [Corbett et al., 2004] Corbett C.J., Zhou D., Tang C.S., 2004. Designing supply contracts: contract type and information asymmetry. *Management Science*, 50(4), pp. 550-559.
- [Corbett et Tang, 2002] Corbett C.J., Tang C.S., 2002. Designing supply contracts: contract type and information asymmetry. *Quantitative models for supply chain management*, Kluwer.
- [Cox, 2001] Cox A., 2001. The Power Perspective in Procurement and Supply Management. *The Journal of Supply Chain Management*, 37(2) pp 4-7.
- [Cournot, 1838] Cournot A., 1838. Recherches sur les Principes mathématiques de la théorie des richesses, Paris, Calmann-Levy (nouvelle édition 1974).
- [Crozier et Friedberg, 1977] Crozier M., Friedberg E., 1977. L'Acteur et le Système, Editions du Seuil, Paris.

- [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.
- [Disney et al., 1997] Disney S.M., Naim M.M., Towill D.R. Dynamic simulation modelling for lean logistics. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 27, pp. 174-196.
- [Dobson et Pinker, 2006] Dobson G., Pinker J., 2006. The value of sharing lead time information. *IIE Transactions*, 38, pp. 171-183.
- [Dong, 2001] Dong, M., 2001. Process modeling, performance analysis and configuration simulation in integrated supply chain network design, Virginia Polytechnic Institute.
- [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.
- [Dupont 1998] Dupont L., 1998. La gestion industrielle, Hermès, Paris.
- [Duvallet et al., 2007] Duvallet J., Garapin A., Llerena D., 2007. Coordination par la négociation : une étude expérimentale. *Négociations*, 7(2007/1), pp. 53-74.
- [Eksioglu, 2001] Eksioglu B., 2001. Global Supply Chain Models. In: C.A. Floudas, P.M. Pardalos, editors. *Encyclopedia of Optimization*, Kluwer Academic Publishers, vol. 2, pp. 350-353.
- [El-Ansary et Stern, 1972] El Ansary A., Stern L, 1972. Power measurement in the distribution channel. *Journal of Marketing Research*, 9(1), pp. 47-52.
- [Emerson, 1962] Emerson R. M., 1962. Power-Dependence Relations. *American Sociological Review*, 27, pp 31-41.
- [Erschler, 1996] Erschler J., 1996. Approche par contraintes pour l'aide à la décision et à la coopération : une nouvelle logique d'utilisation des modèles formels. *Coopération et Conception sous la direction de G. de Terssac et E. Friedberg*, Octares Editions, p. 137-147.
- [Essaid, 2008] Modélisation et simulation de la connectivité des flux logistiques dans les réseaux manufacturiers. *Thèse de Doctorat*, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne.
- [Fawcett et Magnan, 2000] Fawcett S. E., Magnan, G. M., 2000. Supply Chain Management: Benefits, Barriers, and Bridges. The Third Worldwide Research Symposium on Purchasing and Supply Chain Management, London, Ontario, 2000.
- [Filser, 1989] Filser M., 1989. Canaux de distribution, Vuibert.
- [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).
- [Fox et al., 2000] Fox M.S, Barbuceanu M, Teigen R., 2000. Agent-oriented supply chain management. *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, 12, pp. 165-188.
- [French et Raven, 1959] French J., Raven B., 1959. The bases of social power. In Dorwin Cartwright, editors. *Studies in social power*, University of Michigan Press, Ann Arbor, Mi.

- [Friedman et Cassar, 2004] Friedman D., Cassar A., 2004. Economics Lab. An intensive course in experimental Economics, Routledge.
- [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.
- [des Garets, 2000] des Garets V., 2000. Les relations distributeur-fabricant et les modalités de leur coordination. In: N. Fabbe-Costes, J. Colin, and G. Paché, editors. *Faire de la recherche en logistique et distribution ?*, Vuibert-Fnege, Paris, pp. 109-126.
- [Gaski et Nevin, 1985] Gaski J.F., Nevin J.R., 1985. The Differential Effect of Exercised and Unexercised Power Sources in a Marketing Channel. *Journal of Marketing Research*, 22, pp. 130-142.
- [Gavirneni, 2001] Gavirneni S., 2001. Benefits of Co-operation in a Production Distribution Environment. *European Journals of Operational Research*, 130, pp. 612-622.
- [Gavirneni et al., 1999] Gavirneni S., Kaupscinski R., Tayur S., 1999. Value of information in capacitated supply chains. *Management Science*, 45(1), pp. 16-24.
- [Génin, 2003] Génin, P., 2003. Planification tactique robuste avec usage d'un APS. Proposition d'un mode de gestion par plan de référence. *Thèse de Doctorat*, École des Mines de Paris.
- [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.
- [Giunipero et Brand, 1996] Giunipero L.C., Brand R.R., 1996. Purchasing's role in supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 7(1), pp. 29-38.
- [Gomez-Padilla, 2005] Gomez-Padilla A., 2005. Modélisation des relations verticales : une approche économique et logistique. *Thèse de doctorat*, Institut Nationale Polytechnique de Grenoble.
- [Goranson et al., 1997] Goranson T., Jonson M., Presley A., Rogers, H.J., 1997. Metric for the agile virtual enterprise Case Study. *Proceedings of the 6th Annual national Agility Conference*.
- [Gott, 1996] Gott A., 1996. Empowered engineering for the extended enterprise – a management guide, Cambridge, UK.
- [Greis et Kasarda, 1997] Greis N.P., Kasarda J.D., 1997. Enterprise Logistics in the information Era. *California Management Review*, 39(3), pp 55-78.
- [Güllü, 1997] Güllü R., 1997. A two-echelon allocation model and the value of information under correlated forecasts and demands. *European Journal of Operational Research*, 99(2), pp. 386-400.
- [Gumus et Guneri, 2007] Gümüs A.T., Güneri A.F., 2007. Multi-echelon inventory management in supply chains with uncertain demand and lead times: literature review from an operational research perspective. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 221(10), pp. 1553-1570.

- [Gunasekaran, 1999] Gunasekaran A., 1999. Agile manufacturing: a framework for research and development. *International Journal of Production Economics*, 62(1-2), pp. 87-105.
- [Guo et al., 2006] Guo B., Ding H., Liu Z., 2006. Information Sharing Value of A Complex Multi-level Supply Chain. *Service Systems and Service Management ICSSSM'06*, Troyes, pp. 1403-1408, Octobre.
- [Ha, 2001] Ha A. Y., 2001. Supplier-buyer contracting: Asymmetric cost information and cutoff level policy for buyer participation. *Naval Research Logistics*, 48(1), pp. 41-64.
- [Hagen et Choe, 1998] Hagen J.M., Choe S., 1998. Trust in Japanese interfirm relations: Institutional sanctions matter. *Academy of Management Review*, pp. 589-600.
- [Harrington, 1999] Harrington L.H., 1999. Supply chain management: overview of supply chain operations references model. *Industry Week*, 248(2).
- [Hartman et al., 2000] Hartman B.C., Dror M., Shaked M., 2000. Cores of inventory centralization games. *Games and Economic Behavior*, 31, pp. 26-49.
- [Hartman et Dror, 2003] Hartman B.C., Dror M., 2003. Optimizing centralized inventory operations in a cooperative game theory setting. *IIE Transactions*, 35, pp. 243-257.
- [Hartman et Dror, 2005] Hartman B.C., Dror M., 2005. Allocation of games from inventory centralization in newsvendor environments. *IIE Transactions*, 37, pp. 93-107.
- [Hennet et Arda, 2008] Hennet J.C., Arda Y., 2008. Supply chain coordination: A game-theory approach. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 21(3) pp. 399-405.
- [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.
- [Hingley, 2005] Hingley M., 2005. Power imbalanced relationships: cases from UK fresh food supply. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 33(8), pp. 551-569.
- [Holmström, 98] 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.
- [Holt et Laury, 2002] Holt C.A., Laury S. K., 2002. Risk Aversion and Incentive Effects. *American Economic Review*, 92(5), pp. 44-55.
- [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.
- [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.

- [Huang et Iravani, 2006] Huang B., Iravani S.M.R., 2006. Optimal production and rationing decisions in supply chains with information sharing. *Operations Research Letters*, 35(5), pp. 669-676.
- [Hunt et Nevin, 1974] Hunt S.D, Nevin J.R, 1974. Power in a Channel of Distribution: Sources and Consequences, *Journal of Marketing Research*, 11, pp.186-193.
- [Jagdev et Thoben, 2001] Jagdev H.S., Thoben K.D., 2001. Anatomy of enterprise collaborations. *Production Planning and Control*, 12(5), pp.437-451.
- [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.
- [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.
- [Keser et Paleologo 2004] Keser C., Paleologo G.A., 2004. Experimental investigation of supplier-retailer contracts: The wholesale price contract. *CIRANO*, working paper n°57, 19 pages.
- [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.
- [Lambert et al., 1998] Lambert D.M., Stock J.R., Ellpam L.M., 1998. Fundamentals of Logistics Management. Irwin/McGraw-Hill, Burr Ridge, Illinois.
- [Lambert et Cooper, 2000] Lambert D.M., Cooper M.C., 2000. Issues in Supply Chain Management. *Industrial Marketing Management*, 29, pp. 65-81.
- [Lapide, 2001] Lapide L., 2001. New developments in business forecasting. *Journal of Business Forecasting Methods & Systems*, 20(4), pp. 11-13.
- [Lariviere et Padmanabhan, 1997] Lariviere M. A., Padmanabhan V., 1997. Slotting allowances and new product introductions. *Marketing Science*, 16(2), pp. 112-128.
- [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 al., 2000] Lee H.L., So K.C., Tang C.S., 2000. The value of information sharing in a two-level supply chain. *Management Science*, 46(5), pp. 626-643.
- [Lee et Billington, 1993] Lee H.L., Billington C., 1993. Material Management in Decentralized Supply Chains. *Operations Research*, 41 (5), pp. 835-847.
- [Lefay-Durand et al., 2006] Lefay-Durand A., Poulin D., Beauregard R., Kozak R., 2006. Relations interorganisationnelles et création de valeur. *Revue française de gestion*, 164, pp. 205-227.

- [Leng et Parlar, 2005] Leng M., Parlar M., 2005. Game theoretic applications in supply chain management: a review. *Information Systems and Operations Research*, 43(3), pp. 187-230.
- [Levin, 2003] Levin J., 2003. Relational incentive contracts. *The American Economic Review*, 93(3), pp. 835-847.
- [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.
- [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.
- [Ling et Feiqi, 2007] Ling L., Feiqi D., 2007. Equilibrium solution of two enterprises cooperative game. *Journal of Systems Engineering and Electronics*, 18(2), pp. 270-274.
- [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.
- [Lummus et Vokurka, 2004] Lummus R.R., Vokurka R.J., 2004. Defining supply chain management: a historical perspective and practical guidelines. *Industrial Management & Data Systems*, 11(17).
- [Lusch, 1976] Lusch R.F., 1976. Sources of Power: Their Impact on Intrachannel Conflict. *Journal of Marketing Research*, 13 (november).
- [Mahmoudi, 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.
- [Malone et Crowston, 1994] Malone T.W., Crowston K., 1994. The interdisciplinary Study of Coordination. *ACM Computing Surveys*, 26(1), pp. 87-119.
- [Mason-Jones et al., 2000] Mason-Jones R., Naylor B., Towill D.R., 2000. Lean, agile or leagile? Matching your supply chain to the marketplace. *International Journal of Production Research*, 38(17), pp. 4061-4070.
- [Mason-Jones et Towill, 1999] Mason-Jones R., Towill D.R., 1999. Using the information decoupling point to improve supply chain performance. *International Journal of Logistics Management*, 19(2), pp.13-36.
- [McMillan, 1990] McMillan J., 1990. Managing Suppliers - Incentive Systems in Japanese and United-States Industry. *California Management Review*, 32(4), pp. 38-55.

- [Mehrabi et al., 2006] Mehrabi A., Baboli A., Campagne J.P., 2006. A simulation model for evaluation of the effect of lead time information sharing in a distribution network. *Service Systems and Service Management ICSSSM'06*, Troyes-France, pp. 1032-1037, Octobre.
- [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.
- [Mentzer et al., 2001] Mentzer J.T, Dewitt W., Keebler J.S., Min S., Nix N.W., Smith C.D., Zacharia Z.G., 2001. Defining the supply chain Management. *Journal of Business logistics*, 22(2).
- [Miao et Chen, 2005] Miao L., Chen J., 2005. Information Sharing with Scarce Goods in Cournot Retailers. *International Conference on Services Systems and Services Management ICSSSM'05*, Chongqing, pp. 654-658, Juin.
- [Monteiro, 2001] Monteiro T., 2001. Conduite distribuée d'une coopération entre entreprises : le cas d'une relation donneur d'ordres-fournisseur. *Thèse de doctorat*, Institut Nationale Polytechnique de Grenoble, France.
- [Morgan et Hunt, 1994] Morgan R., Hunt S., 1994. The commitment-trust theory of relationship marketing. *Journal of Marketing*, 58(3), pp. 20-38.
- [Morris, 2001] Morris S., 2001. Political correctness. *Journal of Political Economy*, 109(2), pp. 231-265.
- [Moyaux et al., 2007] Moyaux T., Chaib D.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.
- [Müller, 2003] Müller M., 2003. The Use of Information Technologies in Supply Chains – A Transaction Cost Analysis. In: Seuring, Müller, Goldbach and Schneidewind, editors. *Strategy and Organization in Supply Chains*. Physica-Verlag, Heidelberg New York.
- [Muller et al., 2002] Muller A., Scarsini M., Shaked M., 2002. The newsvendor game has a nonempty core. *Games and Economic Behavior*, 38, pp. 118-126.
- [Naylor et al., 1999] Naylor J.B., Naim M., Berry D., 1999. Leagility: Integrating the lean and agile manufacturing paradigms in the total supply chain. *International Journal of Production Economics*, 62, pp. 107-118.
- [von Neumann et Morgenstern, 1944] von Neumann J., Morgenstern O., 1944. *Theory of games and economic behavior*, Princeton University Press, Princeton.
- [Olhager, 2003] Olhager J., 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85(3), pp. 319-329.
- [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.
- [Ozer et Wei, 2006] Ozer O., Wei W., 2006. Strategic commitment for optimal capacity decision under asymmetric forecast information. *Management Science* forthcoming.

- [Paché, 2000] Paché, G., 2000. Repérer les Evolutions du Canal Logistique: quelques Enjeux Majeurs dans une Perspective Marketing. Disponible sur (juillet 2009) : <http://www.escep-eap.net/conferences/marketing/pdf/pache.pdf>
- [Paché et Colin, 2000] Paché G., Colin, J., 2000. Stocking policy in the logistics of large European retailers: from a static to a dynamic way of thinking, *Proceedings of the 3rd AFM French-German Conference on Retailing and Distribution in Europe*, Saint-Malo, pp. 1-15.
- [Palevich, 1997] Palevich R.F., 1997. Supply chain management. *International Conference Proceedings of APICS - The educational Society for Resource Management*, pp. 1-5.
- [Penguin Dictionary of Economics, 2003] Penguin Dictionary of Economics, Seventh Edition, 2003. In: G. Bannock, R.E. Baxter, E. Davis, editors. The Penguin Books, England.
- [Perroux, 1973] Perroux F., 1973. Pouvoir et économie, Bordas, Paris.
- [Plambeck et Taylor, 2005] Plambeck E., Taylor T.A., 2005. Sell the plant ? The impact of contract manufacturing on innovation, capacity, and profitability. *Management Science*, 51(1), pp. 133-150.
- [Plambeck et Taylor, 2006] Plambeck E. L., Taylor T. A., 2006. Partnership in a Dynamic Production System with Unobservable Actions and Noncontractible Output. *Management Science*.
- [Poirel et Bonet, 2006] Poirel C., Bonet D., 2006. La chaîne logistique, un cadre conceptuel alternatif au canal de distribution pour analyser les rapports de pouvoir et de dépendance entre acteurs. Dans : Les chaînes logistiques multi-acteurs, ouvrage coordonné par G. Paché et A. Spalanzani, P.U.G.
- [Porteus, 1990] Porteus E.L., 1990. Stochastic inventory theory. In: D.P. Heyman and M.J. Sobel, editors. *Handbooks in Operations Research and Management Science*, vol 2, Elsevier Science Publishers, pp. 605-652.
- [Porteus et Whang, 1999] Porteus E. L., Whang S. 1991. On Manufacturing Marketing Incentives. *Management Science*, 37(9), pp. 1166-1181.
- [Queré, 2002] Queré M., 2002. Coopération ou co-opérations : quels enjeux économiques ? Dans : Coopération et connaissance dans les systèmes industriels sous la direction de R. Soënen et J. Perrin, Lavoisier, Hermes Science, p. 33-50.
- [Ren et al., 2006] Ren Z.J., Cohen M.A., Ho T.H., Terwiesch C., 2006. Sharing forecast information in a long-term supply chain relationship. *Operations research*, 2006.
- [Richards, 1996] Richards C.W., 1996. Agile manufacturing: beyond lean? *Production and Inventory Management Journal*, 2nd Quarter, pp. 60-64.
- [Rota et al., 2001] Rota K., Thierry C., Bel G., 2001. La maîtrise des flux. Dans : Chapitre 5 « Gestion des flux dans les chaînes logistiques (Supply Chain Management) », Ouvrage Hermès : Traité Systèmes pour l'ingénieur, Ed. Hermès.
- [Rota-Franz et al., 2001] Rota-Franz K., Thierry C., Bel G., 2001. Gestion des flux dans les chaînes logistiques. In: Performance industrielle et gestion des flux, Lavoisier, Paris, France.

- [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.
- [Schweitzer et Cachon, 2000] Schweitzer M., Cachon G., 2000. Decision biases and learning in the newsvendor problem: Experimental evidence. *Management Science*. 46 pp. 404–420.
- [SCMIP, 2009] Disponible sur (juin 2009) : <http://w3.univ-tlse2.fr/mathinfoLMD/membres/thierry/scmip/>.
- [Sharman, 1984] Sharman G., 1984. The rediscovery of logistics. *Harvard Business Review*. 62(5), pp. 72-81.
- [Sherbrooke, 1968] Sherbrooke C.C., 1968. METRIC: A multi-echelon technique for recoverable item control. *Operations Research*, 16, pp. 122-141.
- [Schutz, 1995] Schutz E., 1995. Markets and power. *Journal of Economic Issues*, 29(4), pp. 1147-1170.
- [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, 2001.
- [Smith, 1976] Smith V.L., 1976. Experimental economics: Induced value theory. *The American Economic Review*, pp. 274-279.
- [Spekman et al., 1998] Spekman R.E., Kamauff Jr. J.W., Myhr N., 1998. An empirical investigation into supply chain management. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 28(8), pp. 630-650.
- [Stadtler, 2000] Stadtler H., 2000. Supply Chain Management: An Overview. In: *Supply Chain Management and Advanced Planning*, Springer-Verlag.
- [Stern, 1969] Stern L.W., 1969. Distribution channels: a social system approach to the study of marketing. In: *Social Responsibility of Marketing*, American Marketing Association, Chicago, IL.
- [Stern et al., 1996] Stern L.W., El-Ansary A.I., Coughlan A.T., 1996. *Marketing Channels*, Prentice Hall International Editions, 5-ème édition (1-ère édition : 1977).
- [Stevens, 1989] Stevens G.C., 1989. Integrating the Supply Chain. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*, 19, pp. 3-8.
- [Stocken, 2000] Stocken P. C., 2000. Credibility of voluntary disclosure. *Rand Journal of Economics*, 31(2), pp. 359-374.
- [Supply Chain Council, 2000] Available at (june 2007): <http://www.supply-chain.org>
- [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 1999] Tan G.W., 1999. The impact of demand information sharing on supply chain network. *Ph.D. dissertation*, University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL.
- [Tan, 2001] Tan K.C., 2001. A framework of supply chain management literature. *European Journal of Purchasing and Supply Management*, 7, pp. 39-48.
- [Taratynava et al., 2008] Taratynava N., Burlat P., Boucher X., 2008. Partage des prévisions dans une chaîne logistique à deux niveaux. *7<sup>e</sup> Conférence Internationale de Modélisation et Simulation MOSIM'08*, Paris, France, Avril.
- [Taratynava et al., 2009,a] Taratynava N., Burlat P., Boucher X., 2009. Forecast Sharing, Within a Two Echelon Supply Chain. *The 13th IFAC International Symposium on Information Control Problems in Manufacturing INCOM'09*, Moscow, Russia, June.
- [Taratynava et al., 2009b] Taratynava N., Burlat P., Boucher X., 2009. Partage des prévisions dans une chaîne logistique à deux niveaux de stockage. *8<sup>ème</sup> Congrès International de Génie Industriel CIGI'09*, Tarbes, France, Juin.
- [Taratynava et al., 2009c] 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 et Plambeck, 2003] Taylor, T. A., Plambeck E. L., 2003. Supply Chain Relationships and Contracts: the Impact of Repeated Interaction on Capacity Investment and Procurement. *Working paper*.
- [Taylor et Plambeck, 2006] Taylor T. A., Plambeck E. L., 2006. Simple Relational Contracts for Capacity Investment: Priceonly versus Quantity Commitment. *Working paper*.
- [Tayur et al., 1999] Tayur S., Ganeshan R., Magazine M., 1999. Quantitative models for supply chain management, Kluwer Academic Publishers.
- [Tersin, 1988] Tersin R., 1998. Principles of Inventory and Material Management, North-Holland, New York.
- [Terressac et Maggi, 996] Terressac G.D., Maggi B., 1996. Autonomie et conception. Dans : *Coopération et Conception sous la direction de G. de Terressac et E. Friedberg*, Octares Editions, pp. 243-266.
- [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.
- [Tixier et al., 1996] Tixier D., Mathe H., Colin J., 1996. La logistique d'entreprise, 2-ème édition, Dunod, Paris.
- [Tirole, 1983] Tirole J., 1983. Jeux dynamiques : un guide de l'utilisateur. *Revue d'Economie politique*, 4, pp. 551-575.

- [Towill, 1996] Towill D.R., 1996. Time compression and supply chain management – a guided tour. *Supply Chain Management*, 1(1), pp.15-27.
- [Tsay, 1999] Tsay A.A., 1999. The Quantity Flexibility Contract and Supplier-Customer Incentives. *Management Science*, 45(10), pp. 1339-1358.
- [Tsay et Lovejoy, 1999] Tsay A.A., Lovejoy W.S., 1999. Quantity flexibility contracts and supply chain performance. *Manufacturing & Service Operations Management*, 1(2), pp. 89–111.
- [Tsung, 2000] Tsung F., 2000. Impact of information sharing on statistical quality control. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A*, 30, pp. 211-216.
- [Van Mieghem, 1999] Van Mieghem J.A., 1999. Coordinating investment, production, and subcontracting. Price versus production postponement: capacity and competition. *Management Science*, 45(7), pp. 954-971.
- [Van Weele, 2002] Van Weele A. J., 2002. Purchasing and Supply Chain Management, Analysis, planning and practice, 3eme Edition, Thompson Learning, UK.
- [Verwijmeren et al., 1996] Verwijmeren M., Van der Vlist P., Van Donselaar K., 1996. Networked inventory management information systems: Materializing supply chain management. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 26(6), pp. 16-31.
- [Weng, 1999] 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.
- [Wilkinson, 1996] Wilkinson I., 1996. Distribution Channel Management : Power Considerations. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 26(5), pp. 31-41.
- [Viswanathan et Piplani, 2001] Viswanathan S., Piplani R., 2001. Coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs. *European Journal of Operational Research*, 129, pp. 277-286.
- [Womack et Jones, 1994] Womack J.P., Jones D.T., 1994. From lean production to the lean enterprise. *Harvard Business Review*, March-April, pp. 93-103.
- [Wong et al., 2007] Wong H., van Oudheusden D., Cattrysse D., 2007. Cost allocation in spare parts inventory pooling. *Transportation Research Part E*, 43, pp. 370-386.
- [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.
- [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.

## Publications de l'auteur

### ▪ Chapitre de livre

X. Boucher, P. Burlat, A. Garapin, D. Llerena, **N. Taratynava**. Analysis of Strategic Behaviours within Supply Chains: Complementarity between modelling and experimentation methodologies. In "Collaboration, Alignment and Coordination for Supply Chain Performance", V. Botta-Genoulaz, J.-P. Campagne, D. Llerena, C. Pellegrin Edts, J. Wiley & Sons, accepted under publication 2009.

### ▪ Revue

**N. Taratynava**, P. Burlat, X. Boucher. Analyse des échanges de prévisions dans une chaîne logistique MTS/MTO. *Journal Européen des Systèmes Automatisés (JESA)*, n° 10, 2009.

### ▪ Actes de Conférences

**N. Taratynava**, P. Burlat, X. Boucher. Partage des prévisions dans une chaîne logistique à deux niveaux. *7<sup>e</sup> Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM'08)*, Paris, France, 31 mars – 2 avril 2008, (ISBN : 978-2-7430-1057-7), 7 pages.

**N. Taratynava**, P. Burlat, X. Boucher. Forecast Sharing, Within a Two Echelon Supply Chain. *The 13th IFAC International Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM'09)*, Moscow, Russia, 3 – 5 June 2009. IFAC-PapersOnline.net (ISSN 1474-6670).

**N. Taratynava**, P. Burlat, X. Boucher. Partage des prévisions dans une chaîne logistique à deux niveaux de stockage. *8<sup>ème</sup> Congrès International de Génie Industriel (CIGI'09)*, Tarbes, France 10 – 12 juin 2009, (ISBN 978-2-7466-0894-8), 8 pages.

## ANNEXE A

### Structures possibles de la chaîne logistique

La structure d'une chaîne logistique dépend évidemment de sa nature et des objectifs souhaités lors de sa conception. Plusieurs architectures existent. Elles peuvent être classifiées comme suit (voir fig. A.1.) :

- *Divergente ou de distribution* : une chaîne est dite divergente si un fournisseur alimente plusieurs clients, plusieurs fournisseurs ou un réseau d'entreprises.
- *Convergente ou d'assemblage* : une chaîne est dite convergente si un client ou une entreprise est alimentée par plusieurs fournisseurs.
- *Réseau* est la composition d'une structure convergente et divergente
- *Série ou linéaire ou séquentielle* : chaque entité de la chaîne alimente une seule autre entité en aval.

Ces différentes structures des chaînes logistiques peuvent être à deux ou à plusieurs niveaux (par exemple, la structure dyadique est un cas particulier d'une chaîne en série limitée à 2 étages).

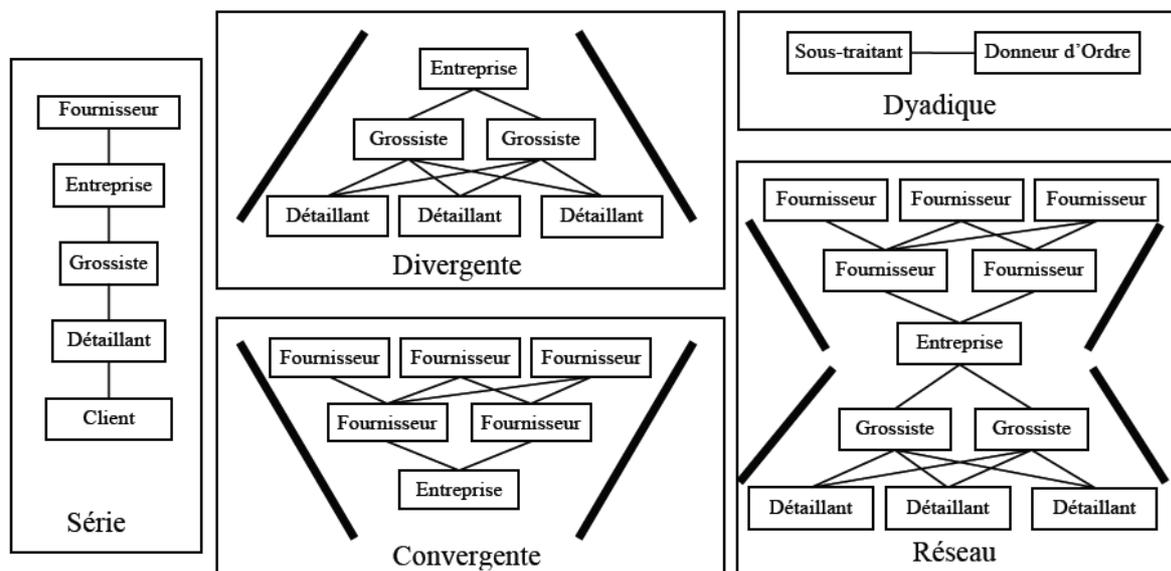


Figure A.1. Différentes structures de la chaîne logistique (inspirée de [SCMIP, 2009])

Ces structures typiques ont pour but d'offrir des cadres de modélisation pour l'étude des chaînes logistiques. La structure *série* peut être utilisée, par exemple, pour étudier l'influence de la propagation de l'information sur l'ensemble de la chaîne. La structure *convergente* peut servir pour l'étude du cas de choix des fournisseurs. La structure *divergente* permet d'étudier, par exemple, la localisation des sites de distribution et leur dimensionnement. La structure *réseau* permet de prendre

en compte des chaînes logistiques plus complexes. Enfin, la structure *dyadique* peut servir de base à l'étude de relations client/fournisseur ou donneur d'ordres/sous-traitant.

La critique que nous voulons porter sur ces structures est qu'elles ne reflètent pas toute la diversité des relations au sein d'une chaîne logistique. A titre d'exemple, dans le cadre d'un réseau de distribution, une entreprise peut, dans certains cas, être directement en relation avec des détaillants sans passer par un grossiste. De plus, ni les relations de sous-traitance ni les retours de pièces (chaîne logistique inverse) ne sont pas décrits.

## ANNEXE B

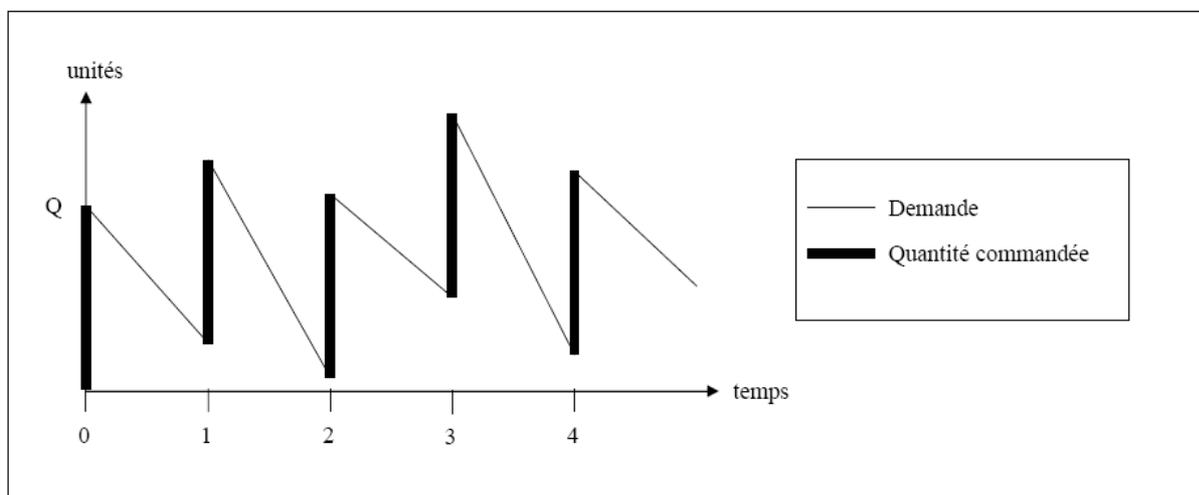
### Politiques de gestion des stocks

Les politiques de stock peuvent être classifiées selon la quantité de la commande (fixe ou variable) et selon la période entre deux livraisons (fixe ou variable). Le tableau suivant synthétise les différentes méthodes de gestion de stock [Dupont, 1998].

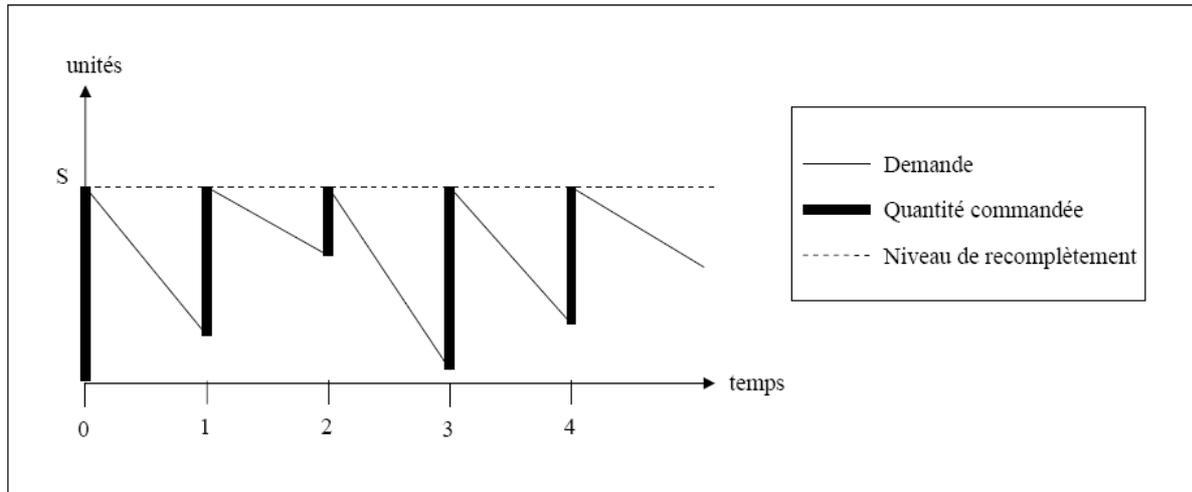
**Tableau B.1.** Méthodes de gestion

	Période fixe	Période variable
Quantité fixe	1. Quantité économique de commande : Modèle de Wilson	3. Gestion à point de commande
Quantité variable	2. Recomplètement calendaire : Stock Nominal (en angl. <i>Base Stock</i> )	4. Réapprovisionnement à la demande

Les graphiques B.1-B.4 présentent l'évolution de stock pour ces 4 méthodes de gestion de stocks (inspirées de : [Dupont, 1998]).

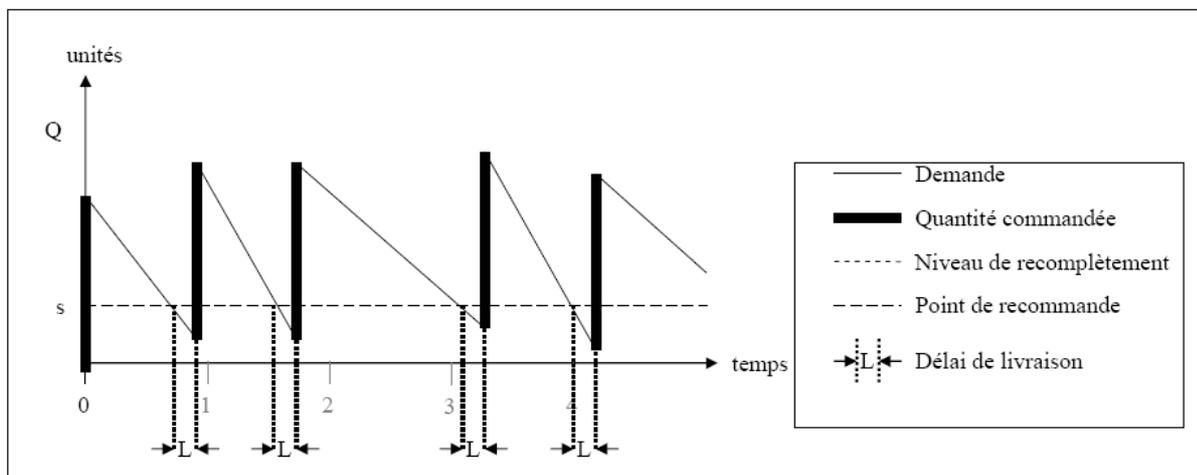


**Figure B.1.** Evolution du stock dans le cas de gestion par quantité économique de commande:  
Modèle de Wilson.



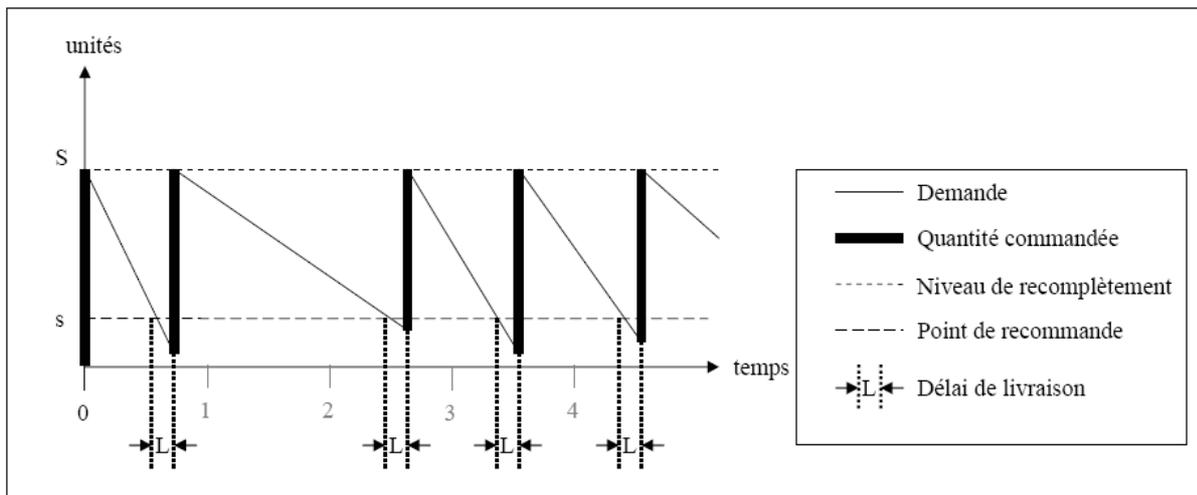
**Figure B.2.** Evolution du stock dans le cas de gestion par reapprovisionnement calendaire : stock nominal.

Figures B.1 et B.2 représentent deux politiques de gestion de stock avec l'intervalle fixe entre deux livraisons. Dans le cas de gestion par quantité économique de commande, la même quantité fixe est commandée chaque période. Dans le reapprovisionnement calendaire, à chaque période une quantité variable est commandée dans le but de compléter le stock jusqu'au niveau de reapprovisionnement, noté  $S$  dans la figure.



**Figure B.3.** Evolution du stock dans le cas de gestion à point de commande.

La gestion à point de commande (fig. B.3) est caractérisée par la commande d'une quantité fixe (notée  $Q$  dans la figure), dès qu'un point de commande  $s$  est atteint.



**Figure B.4.** Evolution du stock dans le cas de gestion par réapprovisionnement à la demande.

Pour le cas du réapprovisionnement à la demande (fig. B.4), une quantité variable est commandée pour reconstituer le stock au niveau  $S$  dès qu'un point de commande  $s$  est atteint. La prévision de la demande pour le délai de prévision est intégrée dans le calcul de quantité à commander.



## ANNEXE C

## Feuille de décision

Identifiant:

**Feuille de Décisions**

Décisions	Option A		Option B		Option choisie
	Résultat sur le dé	Gains	Résultat sur le dé	Gains	
1	1	4,00 €	1	7,70 €	
	De 2 à 10	3,20 €	De 2 à 10	0,20 €	
2	De 1 à 2	4,00 €	De 1 à 2	7,70 €	
	De 3 à 10	3,20 €	De 3 à 10	0,20 €	
3	De 1 à 3	4,00 €	De 1 à 3	7,70 €	
	De 4 à 10	3,20 €	De 4 à 10	0,20 €	
4	De 1 à 4	4,00 €	De 1 à 4	7,70 €	
	De 5 à 10	3,20 €	De 5 à 10	0,20 €	
5	De 1 à 5	4,00 €	De 1 à 5	7,70 €	
	De 6 à 10	3,20 €	De 6 à 10	0,20 €	
6	De 1 à 6	4,00 €	De 1 à 6	7,70 €	
	De 7 à 10	3,20 €	De 7 à 10	0,20 €	
7	De 1 à 7	4,00 €	De 1 à 7	7,70 €	
	De 8 à 10	3,20 €	De 8 à 10	0,20 €	
8	De 1 à 8	4,00 €	De 1 à 8	7,70 €	
	De 9 à 10	3,20 €	De 9 à 10	0,20 €	
9	De 1 à 9	4,00 €	De 1 à 9	7,70 €	
	10	3,20 €	10	0,20 €	
10	De 1 à 10	4,00 €	De 1 à 10	7,70 €	

Gains effectifs: .....

Date et signature: .....

Figure C.1. Feuille de décision



## ANNEXE D

## Résultats expérimentaux des joueurs

Tableau D.1. Choix des joueurs (phase 1)

	ref_player	type	n° décision passage à B
Groupe 1	0	R	7
	1	F	5
Groupe 2	2	R	5
	3	F	6
Groupe 3	4	R	8
	5	F	7
Groupe 4	6	R	8
	7	F	5
Groupe 5	8	R	6
	9	F	MAL COMPRIS : AABABBABBB
Groupe 6	10	R	8
	11	F	6
Groupe 7	12	R	5
	13	F	6
Groupe 8	14	R	8
	15	F	MAL COMPRIS : BBABABBBBB
Groupe 9	16	R	MAL COMPRIS : AABABBABAB
	17	F	6
Groupe 10	18	R	5
	19	F	6
Groupe 11	20	R	8
	21	F	MAL COMPRIS : AAABBABABB
Groupe 12	22	R	7
	23	F	5
Groupe 13	24	R	6
	25	F	6
Groupe 14	26	R	MAL COMPRIS : AABBAABBBB
	27	F	7
Groupe 15	28	R	4
	29	F	6
Groupe 16	30	R	6
	31	F	6
Groupe 17	32	R	8
	33	F	5

## Légende du tableau D.1.

4 : neutre au risque
5 : « presque » neutre au risque
6 : risque adverse
7 : très risque adverse
8 : risque adverse très élevé

**Tableau D.2. Choix des joueurs (phase 2)**

Groupe 1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$
Joueur 1	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$
Joueur 2	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_O$	$N_O$	$N_O$	$N_H$	$N_O$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_O$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_L$
Demande	182	180	73	106	155	102	104	161	132	133	85	125	94	92	165	160	111	83	70	190	134	171	74	123	161	182	57	66	191	101

Groupe 2	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	
Prévisions	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	
Joueur 3	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	
Joueur 4	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_O$	$N_L$	$N_O$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_O$	$N_O$	$N_H$	$N_L$
Demande	175	113	99	93	95	63	185	88	193	147	146	122	61	138	71	118	67	190	118	199	111	56	85	143	198	114	172	103	161	140	

Groupe 3	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	
Prévisions	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	
Joueur 5	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	
Joueur 6	$N_H$	$N_O$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_O$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_O$	$N_H$	$N_O$	$N_O$	$N_O$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_O$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_O$	$N_O$	$N_H$	$N_H$
Demande	178	188	###	52	179	66	130	108	152	80	109	94	129	127	115	79	90	145	185	89	147	104	120	62	150	146	188	148	193	187	

Groupe 4	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$
Joueur 7	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$
Joueur 8	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_O$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_L$	$N_O$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_O$	$N_H$	$N_H$	$N_O$	$N_H$	$N_O$	$N_O$	$N_H$	$N_H$
Demande	189	179	###	106	71	109	156	156	107	95	112	62	187	187	82	107	165	132	59	70	150	100	183	163	144	122	156	195	183	133

Groupe 5	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	
Joueur 9	$M_H$	$M_L$																												
Joueur 10	$N_H$	$N_H$	$N_O$	$N_L$																										
Demande	190	199	###	146	121	167	156	106	153	111	99	127	137	104	125	198	144	142	126	165	118	123	98	192	118	157	163	111	138	84

Groupe 6	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	
Joueur 11	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	
Joueur 12	$N_O$	$N_H$	$N_O$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	
Demande	198	136	68	81	121	197	109	80	102	99	73	60	125	124	149	191	115	60	103	194	121	196	56	91	113	123	127	52	104	123

Groupe 7	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	$\theta_H$	$\theta_L$	
Joueur 13	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_H$	$M_L$	$M_L$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	$M_H$	$M_L$	
Joueur 14	$N_H$	$N_H$	$N_O$	$N_L$	$N_H$	$N_O$	$N_L$	$N_H$	$N_O$	$N_H$	$N_L$	$N_H$	$N_H$	$N_L$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_O$	$N_H$	$N_O$	$N_H$	$N_O$	$N_O$	$N_O$	$N_L$	$N_H$	$N_L$	$N_O$	$N_O$	$N_H$
Demande	159	191	105	120	133	148	50	99	89	103	57	152	107	70	75	139	132	142	124	100	145	149	83	102	140	167	148	189	105	140

Tableau D.2. Suite

Groupe 8	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>					
Joueur 15	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>					
Joueur 16	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>																											
Demande	186	177	110	133	111	105	138	142	130	85	81	114	104	110	87	103	56	143	85	188	73	103	142	183	87	103	95	124	147	59

Groupe 9	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>L</sub>	Θ <sub>H</sub>				
Joueur 17	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>				
Joueur 18	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>L</sub>	N <sub>O</sub>					
Demande	192	161	108	166	107	108	109	88	171	74	128	126	135	71	139	167	138	71	142	135	114	141	103	119	107	162	110	132	96	143

Groupe 10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>								
Joueur 1	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>								
Joueur 2	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>								
Demande	182	180	73	106	155	102	104	161	132	133	85	125	94	92	165	160	111	83	70	190	134	171	74	123	161	182	57	66	191	101

Groupe 11	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>				
Joueur 3	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>I</sub>											
Joueur 4	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>
Demande	175	113	99	93	95	63	185	88	193	147	146	122	61	138	71	118	67	190	118	199	111	56	85	143	198	114	172	103	161	140

Groupe 12	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>
Joueur 5	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>						
Joueur 6	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>				
Demande	178	188	117	52	179	66	130	108	152	80	109	94	129	127	115	79	90	145	185	89	147	104	120	62	150	146	188	148	193	187

Groupe 13	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	
Prévisions	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>					
Joueur 7	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>																									
Joueur 8	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>
Demande	189	179	123	106	71	109	156	156	107	95	112	62	187	187	82	107	165	132	59	70	150	100	183	163	144	122	156	195	183	133	

Groupe 14	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30	
Prévisions	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>	Θ <sub>H</sub>	Θ <sub>I</sub>					
Joueur 9	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>I</sub>														
Joueur 10	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>I</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>O</sub>
Demande	190	199	135	146	121	167	156	106	153	111	99	127	137	104	125	198	144	142	126	165	118	123	98	192	118	157	163	111	138	84	

**Tableau D.2. Suite**

Groupe 15	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	θh	θh	θl	θl	θl	θh	θh	θl	θl	θl	θl	θh	θh	θh	θh	θh	θh	θl	θh	θh	θl	θh	θl	θl	θh	θl	θh	θl	θh	θl
Joueur 11	Mh	Mh	Mh	Ml	Ml	Mh	Mh	Ml	Ml	Ml	Ml	Mh	Ml	Mh	Mh	Mh	Ml	Mh	Mh	Ml	Mh	Ml	Ml	Mh	Ml	Mh	Ml	Mh	Ml	
Joueur 12	Nh	Nh	No	Nl	Nl	No	No	Nl	No	Nl	Nl	Nh	Nl	No	Nh	Nh	Nl	No	No	Nl	Nh	Nl	Nl	Nh	Nl	Nh	Nl	Nh	Nl	
Demande	198	136	68	81	121	197	109	80	102	99	73	60	125	124	149	191	115	60	103	194	121	196	56	91	113	123	127	52	104	123

Groupe 16	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	θh	θh	θl	θl	θh	θl	θl	θl	θl	θl	θl	θh	θh	θl	θl	θh	θl	θl	θh	θl	θh	θl	θl	θl	θl	θh	θl	θh	θl	θh
Joueur 13	Mh	Mh	Ml	Ml	Mh	Ml	Ml	Ml	Ml	Ml	Ml	Mh	Mh	Ml	Ml	Mh	Ml	Ml	Mh	Ml	Mh	Ml	Ml	Ml	Ml	Mh	Ml	Mh	Ml	Mh
Joueur 14	No	Nh	Nl	Nl	Nh	Nl	Nl	Nl	Nl	Nl	Nl	Nh	Nh	Nl	Nl	Nh	Nl	Nl	No	Nl	Nh	Nl	No	Nl	Nl	Nh	Nl	Nh	Nl	Nh
Demande	159	191	105	120	133	148	50	99	89	103	57	152	107	70	75	139	132	142	124	100	145	149	83	102	140	167	148	189	105	140

Groupe 17	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22	P23	P24	P25	P26	P27	P28	P29	P30
Prévisions	θh	θh	θl	θh	θh	θl	θh	θh	θl	θl	θl	θh	θh	θl	θl	θl	θh	θh	θl	θh	θl	θl	θl	θh	θl	θl	θl	θl	θl	θl
Joueur 15	Mh	Mh	Ml	Mh	Mh	Mh	Mh	Mh	Mh	Ml	Mh	Mh	Mh	Ml	Mh	Ml	Mh	Mh	Ml	Mh	Ml	Ml	Ml	Mh	Ml	Ml	Ml	Ml	Ml	Mh
Joueur 16	Nh	Nh	Nl	Nh	Nh	Nh	No	Nh	Nh	Nl	Nh	No	No	Nl	Nh	Nl	No	No	Nl	No	Nl	Nl	Nl	Nh	Nl	Nl	Nl	Nl	Nl	Nh
Demande	186	177	110	133	111	105	138	142	130	85	81	114	104	110	87	103	56	143	85	188	73	103	142	183	87	103	95	124	147	59

**Légende du tableau D.2.**

<table border="1"> <tr><td>θ<sub>H</sub></td><td>θ<sub>L</sub></td></tr> <tr><td>M<sub>H</sub></td><td>M<sub>L</sub></td></tr> <tr><td>N<sub>H</sub></td><td>N<sub>L</sub></td></tr> </table>	θ <sub>H</sub>	θ <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>	N <sub>H</sub>	N <sub>L</sub>	Pas de trahison et confiance	<table border="1"> <tr><td>No</td></tr> </table>	No	Pas confiance indépendamment du message		
θ <sub>H</sub>	θ <sub>L</sub>											
M <sub>H</sub>	M <sub>L</sub>											
N <sub>H</sub>	N <sub>L</sub>											
No												
<table border="1"> <tr><td>θ<sub>L</sub></td></tr> <tr><td>M<sub>H</sub></td></tr> <tr><td>N<sub>H</sub></td></tr> </table>	θ <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	N <sub>H</sub>	Trahison et confiance	<table border="1"> <tr><td>θ<sub>H</sub></td></tr> <tr><td>M<sub>H</sub></td></tr> <tr><td>N<sub>L</sub></td></tr> </table>	θ <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	N <sub>L</sub>	Trahison et punition			
θ <sub>L</sub>												
M <sub>H</sub>												
N <sub>H</sub>												
θ <sub>H</sub>												
M <sub>H</sub>												
N <sub>L</sub>												
<table border="1"> <tr><td>θ<sub>H</sub></td></tr> <tr><td>M<sub>H</sub></td></tr> <tr><td>No</td></tr> <tr><td>θ<sub>L</sub></td></tr> <tr><td>M<sub>H</sub></td></tr> <tr><td>No</td></tr> </table>	θ <sub>H</sub>	M <sub>H</sub>	No	θ <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	No	Pas de trahison en H et pas confiance	<table border="1"> <tr><td>θ<sub>L</sub></td></tr> <tr><td>M<sub>L</sub></td></tr> <tr><td>No</td></tr> </table>	θ <sub>L</sub>	M <sub>L</sub>	No	Pas de trahison en L et pas confiance (prise de risque No)
θ <sub>H</sub>												
M <sub>H</sub>												
No												
θ <sub>L</sub>												
M <sub>H</sub>												
No												
θ <sub>L</sub>												
M <sub>L</sub>												
No												
<table border="1"> <tr><td>θ<sub>L</sub></td></tr> <tr><td>M<sub>H</sub></td></tr> <tr><td>No</td></tr> </table>	θ <sub>L</sub>	M <sub>H</sub>	No	Trahison et pas confiance								
θ <sub>L</sub>												
M <sub>H</sub>												
No												

Tableau D.3. Choix des joueurs (phase 2)

		30 périodes		15 premières périodes		30 périodes
		nb $\theta_i$ et $M_h$	nb $M_h$ et $N_h$	nb $\theta_i$ et $M_h$	nb $M_h$ et $N_h$	nb $M_i$ et $N_0$
Groupe 1	Demande	14		7		
	Joueur 1	1	17	1	9	13
	Joueur 2		12		5	0
Groupe 2	Demande	16		11		
	Joueur 3	3	17	2	6	13
	Joueur 4		13		4	0
Groupe 3	Demande	17		8		
	Joueur 5	2	15	0	7	15
	Joueur 6		12		5	5
Groupe 4	Demande	13		7		
	Joueur 7	5	22	2	10	8
	Joueur 8		15		7	0
Groupe 5	Demande	14		8		
	Joueur 9	13	29	8	15	1
	Joueur 10		8		8	0
Groupe 6	Demande	16		9		
	Joueur 11	5	19	3	9	11
	Joueur 12		18		8	1
Groupe 7	Demande	19		10		
	Joueur 13	3	14	2	7	16
	Joueur 14		12		7	8
Groupe 8	Demande	19		7		
	Joueur 15	0	11	0	8	19
	Joueur 16		1		1	19
Groupe 9	Demande	15		7		
	Joueur 17	2	17	1	10	13
	Joueur 18		2		2	3
Groupe 10	Demande	14		7		
	Joueur 1	0	16	0	8	14
	Joueur 2		16		8	0
Groupe 11	Demande	16		11		
	Joueur 1	7	19	6	10	11
	Joueur 2		5		4	1
Groupe 12	Demande	17		8		
	Joueur 1	9	24	4	11	6
	Joueur 2		16		10	0
Groupe 13	Demande	13		7		
	Joueur 1	11	28	5	13	2
	Joueur 2		10		8	0

Tableau D.3. Suite

		30 périodes		15 premières périodes		30 périodes
		nb $\theta_i$ et $M_h$	nb $M_h$ et $N_h$	nb $\theta_i$ et $M_h$	nb $M_h$ et $N_h$	nb $M_i$ et $N_0$
Groupe 14	Demande	14		8		
	Joueur 1	2	18	1	8	12
	Joueur 2		11		4	3
Groupe 15	Demande	16		9		
	Joueur 1	1	15	1	7	15
	Joueur 2		9		3	1
Groupe 16	Demande	19		10		
	Joueur 1	0	11	0	5	19
	Joueur 2		9		4	1
Groupe 17	Demande	19		7		
	Joueur 1	6	17	4	12	13
	Joueur 2		11		9	0

**École Nationale Supérieure des Mines  
de Saint-Étienne**

N° d'ordre : 544 GI

**Name Surname** : Natallia TARATYNAVA  
**Dissertation Title** : FORECAST SHARING IN A SUPPLY CHAIN: GAME THEORY MODELING  
**Speciality** : Industrial Engineering  
**Keywords** : Supply Chain, Non-Cooperative Game Theory, Inventory Management, Imperfect Information, Forecast Sharing, Experimental Economics.

**Abstract**

The object of our study is a basic echelon of a decentralized supply chain. This echelon is made of a customer facing a random market demand and a supplier in charge of an intermediary product stock. The actors are bound by a linear wholesale contract. The customer is closer to the market and will have a better understanding of the demand. The customer can share its private information on forecasts with the supplier. The forecasts of market demand are binary: high demand or low demand. Thus the information is asymmetric, because the customer was initially better informed, but also imperfect because this information is only an approximate estimate of the actual orders of the final market. According to its own goals of profit maximization, the customer may decide to share the forecasts truthfully, or to overestimate the forecast in order to ensure that the supplier possesses a sufficient stock when the customer send the actual order of the market. Opposite, the supplier may decide to trust, or not to trust the customer's forecast, and this according to its own interest. In our model, the actions associated with each possible decision influence the replenishment inventory levels. Thus, the supplier, which manages its stock following a policy of base stock, may decide to hold a stock according the customer's forecast, or determine the level of stock reflecting its own vision of request. In the final analysis, the performances of each actor and of the whole supply chain are evaluated in the terms of production costs, unsold and backorder costs. These performances depend certainly of the behavior of actors and their level of cooperation regarding the sharing of demand forecasts.

We study several models of supply chains (make-to-stock supply chain model on mono- and multi-period, make-to-stock supply chain model on mono-period) and we use two scientific approaches: non-cooperative game theory and methodology of experimental economics.

**École Nationale Supérieure des Mines  
de Saint-Étienne**

N° d'ordre : 544 GI

**Prénom Nom** : Natallia TARATYNAVA

**Titre de la thèse** : MODELISATION PAR LA THEORIE DES JEUX DES ECHANGES DE PREVISIONS DANS UN RESEAU D'ENTREPRISES

**Spécialité** : Génie Industriel

**Mots Clefs** : Chaîne Logistique, Théorie des Jeux Non Coopératifs, Gestion des Stocks, Modélisation Analytique, Information Imparfaite, Partage des Prévisions, Economie Expérimentale

**Résumé**

L'objet de notre étude est une chaîne logistique à deux étages composée d'un donneur d'ordres face à une demande aléatoire de marché et d'un fournisseur qui est lié au donneur d'ordres par un contrat linéaire de prix de gros. Le donneur d'ordres, qui est plus proche du marché final, aura une meilleure connaissance de la demande et transmettra à son fournisseur de l'information sur les prévisions de cette demande. Les prévisions sur la demande du marché seront de type binaire : demande haute ou demande basse. L'information sera donc à la fois asymétrique car le donneur d'ordres sera au départ mieux informé, mais aussi imparfaite car ces informations ne seront que des prévisions approchées des commandes réelles finales du marché. En fonction de ses propres objectifs de maximisation de profit, le donneur d'ordres pourra décider de transmettre à son fournisseur des prévisions exactes, ou bien surestimées de façon à s'assurer que celui-ci possède bien un stock suffisant au moment où il lui transmettra la commande réelle du marché. En face, le fournisseur pourra décider de faire confiance ou non aux prévisions données par son donneur d'ordres, et ceci en fonction de son intérêt propre. Dans notre modèle, les actions associées à chacune des décisions possibles porteront sur les niveaux de rechargement des stocks de produits vendus. Ainsi, le fournisseur, qui gère son stock suivant une politique de stock nominal, pourra décider de tenir un stock conforme aux prévisions de son donneur d'ordres, ou bien déterminer de son côté un niveau de stock qui corresponde à sa propre vision de la demande. A l'arrivée, les performances de chaque entreprise et de la chaîne seront évaluées en termes de coûts de production, d'inventures et de ruptures. Ces performances dépendront bien sûr du comportement des acteurs et de leur niveau de coopération quant aux échanges des prévisions de demande.

Nous étudions plusieurs modèles de chaînes logistiques (le modèle MTS/MTO en mono- et multi-périodes et le modèle MTS/MTS en mono-période) et nous utilisons deux approches scientifiques : la théorie des jeux et la méthodologie d'économie expérimentale.