



**HAL**  
open science

# Modèles de pilotage de flux et de collaboration pour le management d'une supply chain globale

Ziad Jemai

► **To cite this version:**

Ziad Jemai. Modèles de pilotage de flux et de collaboration pour le management d'une supply chain globale. Sciences de l'ingénieur [physics]. Institut Polytechnique de Grenoble, 2013. tel-01177451

**HAL Id: tel-01177451**

**<https://hal.science/tel-01177451v1>**

Submitted on 20 Jul 2015

**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.



Open licence - etalab

## MEMOIRE

Pour obtenir le diplôme de

### **Habilitation à diriger des recherches (HDR)**

Spécialité : **Génie Industriel**

Présenté par

**Ziad JEMAI**

préparé au sein de l'**Institut Polytechnique de Grenoble**  
dans l'**École Doctorale I-MEP<sup>2</sup> (Ingénierie- Matériaux**  
**Mécanique Énergétique Environnement Procédés Production)**

## **MODELES DE PILOTAGE DE FLUX ET DE COLLABORATION POUR LE MANAGEMENT D'UNE SUPPLY CHAIN GLOBALE**

HDR soutenue publiquement le **04 février 2013**,  
devant le jury composé de :

**M. Jean-Pierre CAMPAGNE**

Professeur, INSA de Lyon, Président du jury

**M. Philippe CHEVALIER**

Professeur, Université Catholique de Louvain, Rapporteur

**M. Yves DALLERY**

Professeur, Ecole Centrale Paris, Examineur

**M. Yannick FREIN**

Professeur, Grenoble INP, Rapporteur

**M. Jean-Claude HENNET**

Directeur de recherche CNRS, Laboratoire des Sciences de l'Information  
et des Systèmes - Aix Marseille Université, Rapporteur

**M. Bernard PENZ**

Professeur, Grenoble INP, Examineur

**M. Xiaolan XIE**

Professeur, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Étienne,  
Examineur





# Remerciements

---

Les travaux exposés dans ce mémoire de HDR émergent d'un travail collectif de plusieurs personnes que je ne saurai citer de façon exhaustive. Ces personnes que je remercie du fond du cœur, m'ont aidé à produire des résultats et à m'orienter dans mes réflexions, elles ont partagé avec moi des responsabilités et m'ont soutenu et motivé dans les moments difficiles.

Je commence par mes thésards : Ali, Yacine, Adel, Chaaben, Thibault, Imen, Yann, Guillaume, Sena, Lina, Yueru et Siham qui ont mené ou mènent encore à bien les différents travaux. Je remercie également l'équipe d'encadrement Asma, Evren et Yves avec qui les échanges fructueux ont permis de faire émerger des sujets passionnants et qui ont contribué à donner plus de valeur à ces travaux. Je tiens aussi à remercier Fikri Karaesman, Zied Babai et Khaled Hadj Youssef avec lesquels j'ai collaboré et qui ont eu un impact positif sur mes recherches. Un grand merci à tous les membres du laboratoire GI et en particulier Bill qui m'a offert la possibilité de faire partie de cette équipe, Vincent pour son soutien précieux et Franck qui a contribué énormément à l'amélioration de ce rapport. Je n'oublie pas Sylvie, Corinne, Delphine, Carole et Céline qui ont rendu le côté administratif de mes tâches moins pénible.

Par ailleurs, je souligne l'impact important qu'a eu la Chaire Supply Chain sur l'orientation et l'application de mes recherches au domaine industriel. Je remercie donc les partenaires Carrefour, Danone, Louis Vuitton, PSA et Vallourec et toutes les personnes qui ont participé aux différentes activités de la Chaire pour leur implication et leur soutien. Merci à Serge Secret, Frédéric Faure, Chengbin Chu et Laurent Grégoire qui, par leur expertise, ont enrichi mes travaux.

Enfin, je tiens à remercier les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail et dont les retours m'aideront à avancer dans mes recherches.

*Je dédie ce travail à mes parents, à Rim, Aymen et Louay.*



## Table des matières

<b>Présentation du mémoire d’habilitation</b> .....	1
<b>Chapitre 1 : Synthèse d’activités</b> .....	3
1 Mon parcours .....	4
1.1 Expérience professionnelle .....	4
1.2 Formation.....	4
2 Mes activités de recherche.....	5
2.1 Encadrements .....	5
2.2 Principales publications .....	8
2.3 Rayonnement .....	11
3 Mes activités pédagogiques .....	13
3.1 Mes principaux cours.....	13
3.2 Mes autres activités pédagogiques .....	14
3.3 Quelques éléments qui caractérisent ma vision de la pédagogie.....	15
4 Mes responsabilités .....	17
5 Mes relations avec le monde de l’entreprise.....	20
<b>Chapitre 2 : Positionnement de mes travaux de recherche</b> .....	23
1 Contexte et problématiques de recherche.....	23
2 Performance multicritère de la Supply Chain.....	25
2.1 Qu’est-ce qu’une Supply Chain performante ? .....	25
2.2 Quels indicateurs pour mesurer la performance de la Supply Chain? .....	27
3 Expansion multidimensionnelle de la Supply Chain.....	28
3.1 Expansion au niveau du produit .....	29
3.2 Expansion de la structure.....	30
3.3 Expansion spatiale .....	31
3.4 Expansion du périmètre de la fonction .....	32
3.5 Expansion temporelle .....	35
4 Acteurs multiples dans la Supply Chain.....	40
4.1 Coordination verticale de la Supply Chain .....	41
4.2 Coordination horizontale de la Supply Chain .....	43
5 Incertitude accrue le long de la Supply Chain .....	45
5.1 Impact de l’incertitude sur les performances de la Supply Chain .....	46
5.2 Impact de l’incertitude sur les différents processus du Supply Chain Management .....	46
5.3 Impact de l’incertitude sur la coordination de la Supply Chain .....	47
5.4 Quelles solutions pour réduire l’effet de l’incertitude dans la Supply Chain ?.....	47
5.5 Quels outils pour modéliser l’incertitude ? .....	48

<b>Chapitre 3 : Mes contributions pour une Supply Chain plus étendue</b> .....	49
1 Proposition d'une politique de pilotage des flux adaptée au contexte d'approvisionnement lointain .....	50
1.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	50
1.2 Notre proposition.....	51
1.3 Conclusion et perspectives.....	54
2 Prise en compte de la péremption des produits en pilotage de flux .....	55
2.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	55
2.2 Notre proposition .....	56
2.3 Conclusion et perspectives.....	59
3 Proposition d'une méthode d'optimisation du niveau de stock nominal dans le cadre d'une demande intermittente.....	60
3.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	60
3.2 Notre proposition.....	60
3.3 Conclusion et perspectives.....	62
4 Développement de méthodes de planification de l'approvisionnement sur un horizon fini.....	63
4.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	63
4.2 Notre proposition.....	63
4.3 Conclusion et perspectives.....	66
 <b>Chapitre 4 : Mes contributions pour une Supply Chain multi-acteurs</b> .....	 67
1 Prise en compte de l'incertitude sur la capacité du fournisseur dans un modèle de vendeur de journaux avec coordination .....	68
1.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	68
1.2 Notre proposition.....	69
1.3 Conclusion et perspectives.....	73
2 Etude de l'impact des erreurs de stock sur les performances de la SC multi-acteurs .....	74
2.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	74
2.2 Notre proposition.....	75
2.3 Conclusion et perspectives.....	79
3 Proposition des contrats de coordination en pilotage de flux multi-périodes .....	80
3.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	80
3.2 Notre proposition.....	81
3.3 Conclusion et perspectives.....	85
4 Proposition d'une méthode de formation de coalitions efficaces et stables entre acteurs de la Supply Chain .....	86
4.1 Motivations et synthèse bibliographique .....	86
4.2 Notre proposition.....	86
4.3 Conclusion et perspectives.....	90

---

<b>Chapitre 5: Perspectives de recherche</b> .....	91
1 Introduction .....	91
2 Mes perspectives de recherche dans le domaine du Supply Chain Management .....	93
2.1 La prise en compte d'une performance multicritère.....	93
2.2 La prise en compte d'une expansion multidimensionnelle .....	94
2.3 La prise en compte des interactions multi-acteurs.....	95
2.4 Une modélisation explicite de l'incertitude .....	97
3 Mes perspectives de recherche dans le domaine des services .....	99
<b>Annexes</b> .....	102
A1 : Quelques notions sur la théorie des jeux .....	103
A2 : Fiches de présentation des thèses soutenues .....	107
A3 : Fiches de présentation des articles de revues .....	115
A4 : Fiches de présentation des principaux cours.....	124
<b>Bibliographie</b> .....	129





## Liste des figures

Figure 1 : Aperçu global du programme du MS .....	18
Figure 2 : Structuration de la recherche du thème 2 du LGI .....	19
Figure 3 : Les trois piliers de la Chaire Supply Chain .....	20
Figure 4 : Illustration de la Supply Chain .....	23
Figure 5 : Les trois piliers du développement durable .....	26
Figure 6 : Evolution vers le Supply Chain Management .....	33
Figure 7 : Périmètre de la fonction Supply Chain.....	33
Figure 8 : les composantes de la logistique inverse .....	34
Figure 9 : Niveaux de décision en Supply Chain Management.....	35
Figure 10 : Classification des politiques de pilotage de flux.....	38
Figure 11 : Les deux types de collaboration en Supply Chain Management .....	41
Figure 12 : Les risques opérationnels dans le Supply Chain Management .....	45
Figure 13 : Description de la problématique de l’approvisionnement lointain de PSA.....	51
Figure 14 : Illustration des résultats obtenus .....	54
Figure 15 :Modélisation de la politique (T,S) par les processus stochastiques .....	56
Figure 16 : Performances de la méthode proposée pour les produits à faible rotation .....	62
Figure 17 : Performances de la méthode proposée pour les produits à forte rotation.....	62
Figure 18 : Paramètres et variables de décision du modèle à deux périodes.....	64
Figure 19 : Evolution des variables de décision en fonction du stock initial .....	66
Figure 20 : Illustration des flux physiques et d’information du modèle étudié .....	70
Figure 21 : Calcul de la quantité optimale $Q_c^*$ .....	71
Figure 22 : Calcul de la quantité optimale $Q_d^*$ .....	72
Figure 23 : Comment le contrat proposé coordonne la Supply Chain .....	73
Figure 24 : Différentes causes d’erreurs entre stock physique et stock du système d’information .....	74
Figure 25 : Effet de l’erreur de placement sur la quantité optimale et le coût qui lui est associé.....	78
Figure 26 : Effet de la variabilité de l’erreur de placement sur le coût optimal .....	79
Figure 27 : Modèle de production par anticipation avec fenêtres de temps dans une politique de stock nominal .....	82
Figure 28 : L’efficacité de l’équilibre de Nash en fonction de $b_r$ pour différentes valeurs de $\tau_2$ .....	84
Figure 29 : Les courbes de gain du contrat $\alpha_s$ par rapport à l’équilibre de Nash .....	85
Figure 30 : Illustration de la problématique traitée.....	87
Figure 31 : Différentes interactions inter-entreprises.....	97



# Présentation du mémoire d'habilitation

---

En 1998, après l'obtention de mon diplôme d'ingénieur en Génie Industriel, j'ai eu l'opportunité de faire un master recherche à l'Ecole Centrale Paris. A cette époque, le monde de la recherche m'était encore inconnu, mais la renommée de l'école m'a motivé à le découvrir. Lors de cette formation, j'ai pu participer à la vie du laboratoire et côtoyer différents chercheurs, ce qui m'a motivé à poursuivre l'aventure. Depuis mon premier entretien de thèse en 1999 jusqu'à ma fonction actuelle dans la Chaire Supply Chain, en passant par mon premier poste temporaire à l'IUT de Montreuil, de nombreuses raisons me poussent aujourd'hui à vouloir franchir un autre cap : celui de l'habilitation à diriger des recherches, qui fait l'objet de ce mémoire.

J'ai naturellement choisi de faire mon master dans le domaine du Génie Industriel, une discipline qui m'intéresse beaucoup par sa vision globale de l'entreprise et les méthodes quantitatives qu'elle mobilise, associant rigueur mathématique et applications réelles. La poursuite par une thèse sur l'utilisation des modèles stochastiques dans le management de la Supply Chain, sous la direction de Yves Dallery et de Fikri Karaesmen, m'a permis d'aborder un domaine qui touche aussi bien à la théorie qu'à la pratique. J'ai pu mettre à contribution des compétences techniques comme la modélisation stochastique et la théorie des jeux au profit de problématiques proches du monde industriel, comme le pilotage de flux et la collaboration entre différents acteurs de la Supply Chain.

Le fait de rester dans la même équipe de recherche après ma thèse, m'a permis de poursuivre mes travaux dans le même domaine et de contribuer à la synergie entre les différents enseignements et la recherche en Supply Chain à l'ECP. En 2009, j'ai intégré l'équipe de la Chaire Supply Chain et j'ai pu bénéficier d'un cadre applicatif exceptionnel avec cinq grands groupes industriels avec lesquels j'ai mené des dizaines de projets en Supply Chain dont quatre thèses en cours et quelques stages de master recherche.

Durant toutes ces années, j'ai côtoyé différentes parties prenantes autour du Supply Chain Management. D'une part, ce domaine a joué un rôle important ces deux dernières décennies dans la compétitivité des entreprises et les mutations économiques actuelles ne feront que renforcer sa place dans les années à venir. D'autre part, la recherche a déjà contribué à ce positionnement et aura un rôle très important à jouer dans l'avenir en développant les compétences et les outils nécessaires pour le Supply Chain Management, afin qu'il joue pleinement son rôle.

Dans ce mémoire, je détaillerai tous ces éléments en présentant mon parcours, ma vision de la recherche en Supply Chain, mes contributions et mes perspectives de recherche pour les années à venir. Ce mémoire est structuré en cinq chapitres que je détaille ci-dessous.

Dans le chapitre 1, je présente mon parcours depuis l'obtention de mon diplôme d'ingénieur en 1998. Quatre axes sont abordés : le premier détaille mes activités de recherche en termes d'encadrements, de publications et de rayonnement. J'expose ensuite mes activités d'enseignement et de méthodes pédagogiques. Le troisième axe est consacré aux responsabilités que j'ai assurées à l'Ecole Centrale et le dernier axe s'intéresse à mes interactions avec le monde industriel.

Dans le chapitre 2, j'expose ma vision de la recherche en Supply Chain Management (SCM), les enjeux pour l'entreprise et les défis auxquels elle doit répondre dans les années à venir. Je distingue quatre problématiques majeures qui sont : l'évolution de la notion de performance de la Supply Chain, l'expansion multidimensionnelle du périmètre du SCM, la multiplicité des acteurs de la chaîne

logistique et l'augmentation de l'incertitude dans la Supply Chain. Je conclus le chapitre par un positionnement de mes travaux de recherche par rapport à ces quatre problématiques.

Dans le chapitre 3, je ferai un focus sur la problématique du périmètre élargi de la Supply Chain et je détaillerai quatre de mes contributions en recherche. Le premier sujet s'intéresse au pilotage de flux des produits à durée de vie limitée comme les produits périssables ou les produits sujets à obsolescence. Le deuxième sujet traite le cas des approvisionnements lointains alors que le troisième sujet développe une politique de gestion des stocks pour des produits avec demande intermittente. Le dernier sujet étudie le cas de la planification de l'approvisionnement des produits saisonniers.

Dans le chapitre 4, je me concentre sur l'aspect multi-acteurs dans la Supply Chain et je présenterai quatre de mes travaux dans ce domaine. Le premier sujet traite de la coordination fournisseur-client pour des produits mono-période où la capacité du fournisseur est limitée et incertaine. Le deuxième sujet s'intéresse à l'impact de la prise en compte des erreurs en pilotage de flux sur les performances de la Supply Chain multi-acteurs. Le troisième concerne le cas multi-acteurs dans un contexte multi-périodes avec des politiques de stock nominal. Le quatrième sujet traite la coordination horizontale entre acteurs du même niveau de la Supply Chain.

Le chapitre 5 sera consacré à mes perspectives de recherche à court et moyen termes. Je déclinerai ces perspectives sur les quatre problématiques de la Supply Chain évoquées précédemment et je présenterai quelques projets de recherche par problématique. Cela permettra également de montrer que ces problématiques ne sont pas spécifiques au Supply Chain Management mais peuvent concerner tout système complexe. J'exposerai quelques travaux en cours, hors du périmètre du Supply Chain Management comme la santé et les services, ainsi que mes projets à moyen terme dans ces domaines.

Les travaux exposés dans ce mémoire émergent d'un travail collectif avec de nombreuses personnes que je citerai tout au long de la dissertation. Dans les différents domaines d'activité que je développe par la suite, ces personnes ont participé à produire des résultats, à avancer sur différentes réflexions, à partager des responsabilités et à me faciliter mes tâches quotidiennes.

# Chapitre 1 : Synthèse d'activités

---

Ce chapitre présente mes différentes activités en termes de recherche, d'enseignements, de responsabilités et d'interaction avec les industriels. Je commencerai d'abord par exposer ma formation et mon parcours professionnel. La deuxième section sera consacrée à la synthèse de mes travaux de recherche et dans la troisième, je développerai mes activités en tant qu'enseignant en exposant mes responsabilités et interventions dans les cours et mes activités pédagogiques. Dans la quatrième partie, je parlerai de mes responsabilités en enseignement et en recherche. Je finirai ce chapitre par mon activité en tant que professeur associé de la Chaire Supply Chain avec nos cinq partenaires industriels.

# 1 Mon parcours

## 1.1 Expérience professionnelle

- Depuis mai 2009** **Professeur associé – Chaire Supply Chain – Ecole Centrale Paris avec la participation de cinq entreprises partenaires (Carrefour ; Danone ; Louis Vuitton ; PSA ; Vallourec)**
- Encadrement de travaux de recherche
  - Conception et animation de modules de formation continue
  - Missions d'expertise pour les entreprises
- Depuis septembre 2005** **Enseignant chercheur – Laboratoire Génie Industriel – Ecole Centrale Paris**
- Encadrement de travaux de recherche
  - Coordination et intervention dans différents modules d'enseignement
  - Co-responsable du mastère spécialisé Management Industriel Projet et Supply Chain (1<sup>er</sup> au classement SMBG depuis 2008 dans la catégorie Management Industriel) ;
  - Co-responsable du parcours Supply Chain de l'option Génie Industriel.
- Sept. 2004 – Août 2005** **Post-Doc - Laboratoire Génie Industriel - Ecole Centrale Paris.**
- Travaux de recherche sur l'apport de la technologie RFID en Supply Chain.
  - Missions d'expertise pour les entreprises Armorlux, EADS et La Halle.
- 2002 - 2004** **Attaché Temporaire à l'Enseignement et à la Recherche - Département OGP - IUT de Montreuil**
- Participation aux activités de recherche de l'équipe MGSI.
  - Coordination et intervention dans différents modules d'enseignement.

## 1.2 Formation

- 1999 - 2003** **Doctorat en Génie Industriel - Laboratoire Génie Industriel - Ecole Centrale Paris (mention TH)**
- Sujet de la thèse : Modèles stochastiques pour l'aide au pilotage des chaînes logistiques : l'impact de la décentralisation ; encadré par Yves Dallery et Fikri Karaesmen
- 1998 - 1999** **DEA en Génie des Systèmes Industriels, Ecole Centrale Paris. Spécialité: Logistique. (Rang : 1er)**
- Sujet du stage : Identification de la phase optimale pour une prise de décision : Cas EDF.
- 1995 - 1998** **Diplôme d'Ingénieur en Génie Industriel - Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis (Meilleur rang : 2<sup>ème</sup>)**
- Sujet du stage : Organisation du service outillage, conception d'une base de données de gestion de l'outillage ; réalisé chez MAGRIPLAST (Maghreb Industries Plastiques)

## 2 Mes activités de recherche

Mon parcours en recherche a débuté en septembre 1998 avec l'intégration du Master Recherche (appelé à l'époque DEA) en Génie des Systèmes Industriels de l'Ecole Centrale. Cette première expérience m'a donné goût à la recherche et j'ai décidé de la prolonger par une thèse de doctorat sous la direction d'Yves Dallery et de Fikri Karaesmen. Depuis, ma passion pour la recherche n'a cessé de grandir et après ma soutenance de thèse en 2003, je n'ai pas hésité à poursuivre dans cette direction.

A travers les différents postes que j'ai occupés à l'Ecole Centrale, j'ai pu bénéficier d'un environnement propice à la recherche qui m'a permis d'encadrer mon premier stage master au cours de ma thèse, et de m'impliquer dans des encadrements de thèses dès la fin de la mienne. Depuis, j'ai mené une activité d'encadrement régulière de trois stages master recherche par an et d'une nouvelle thèse lancée chaque année (voir section 2.1). Les résultats obtenus dans mes travaux de recherche m'ont permis aussi de publier régulièrement dans des revues internationales de bon niveau (14 publications dont 11 dans des journaux classés dans Web of Science) et dans différentes conférences internationales (voir section 2.2). Cette activité de recherche m'a permis d'acquérir une certaine reconnaissance et rayonnement à travers les collaborations développées, les contrats obtenus ainsi que la participation à la vie de la communauté scientifique (voir section 2.3).

### 2.1 Encadrements

Dans ce qui suit, je présente une synthèse de mes travaux d'encadrement. Je commencerai par les encadrements de post-doctorants, puis des thèses et je finirai par les stages de master recherche. Pour les quatre thèses déjà soutenues parmi celles que j'ai co-encadrées, je présenterai des fiches plus détaillées en annexe comprenant les résumés ainsi que les membres du jury.

#### 2.1.1 Encadrements de Post-doc

- Mars 2008 - A. Iannoni « Évaluation des performances des systèmes d'urgence par la simulation », financé par une  
Fév 2009 bourse AXA (Encadrement : **Z. Jemai (100%)**)
- Nov 2010 - M. Moeini « Modèles d'aide à la décision pour la localisation et relocalisation des ambulances »,  
Oct 2011 financé par le Projet ANR POSAMU (Encadrement : **Z. Jemai (50%)** et E. Sahin (50%))
- Sept 2011 - S.M.J. Mirzapour « Optimisation de l'organisation de services de livraison à domicile », financé par  
Sept 2012 l'EM-Lyon (Encadrement : Y. Rekik (50%), **Z. Jemai (25%)** et E. Sahin (25%))

#### 2.1.2 Encadrements de thèses

- Sept 2003 - Y. Rekik « The Impact of the RFID Technology in Improving Performance of Inventory Systems  
Sept 2006 subject to Inaccuracies », **soutenu le 08/12/2006**, financée par Bourse du Ministère (Encadrement : Y. Dallery (20%), E. Sahin (50%) et **Z. Jemai (30%)**)
- Sept 2004 - A. Cheaitou « Stochastic models for production/inventory planning: application to short-life cycle  
Sept 2007 products », **soutenu le 21/01/2008**, financée par Bourse du Ministère (Encadrement : Y. Dallery (20%), C. vanDelft (50%) et **Z. Jemai (30%)**)
- Sept 2006 - A. El Omri « Cooperation in Supply Chains: Alliance Formation and Profit Allocation among  
Sept 2009 Independent Firms », **soutenu le 07/12/2009**, financée par Bourse du Ministère (Encadrement : Y. Dallery (20%), **Z. Jemai (40%)** et A. Ghaffari (40%))



- Sept 2007 - C. Kouki « Perishable Items Inventory Management and the Use of Time Temperature Integrators Technology », **soutenu le 22/12/2010**, financée par Bourse du Ministère (Encadrement : Y. Dallery (20%), **Z. Jemai (40%)** et E. Sahin (40%))
- Sept 2008 - T. Hubert « Intégration de la prévision de la demande et de l'optimisation de l'approvisionnement », **soutenu le 30/01/2013**, financée par la Chaire SC (Encadrement : C. Chu (50%) et **Z. Jemai (50%)**)
- Sept 2008 - I. Safra « Problèmes de planification intégrée production-distribution : cas textile », **soutenu le 06/02/2013**, cotutelle ECP-ENI Tunis (Encadrement : H. Bouchriha (25%), A. Jebali (25%), **Z. Jemai (25%)** et A. Ghaffari (25%))
- Sept 2009 - Y. Bouchery « Supply chain optimization with sustainability criteria: A focus on inventory models », **soutenu le 27/11/2012**, financée par Bourse du Ministère (Encadrement : Y. Dallery (20%), **Z. Jemai (40%)** et A. Ghaffari (40%))
- Sept 2009 - G. Goudenege « Développement de modèles d'optimisation de flux en reverse logistics », **soutenu le 30/01/2013**, financée par la Chaire SC (Encadrement : C. Chu (50%) et **Z. Jemai (50%)**)
- Sept 2010 - Y. Zhong « Planification de la production », financée par la Chaire SC (Encadrement : C. Chu (50%) et **Z. Jemai (50%)**)
- Sept 2010 - S. Eruguz « Pilotage de flux et gestion des stocks Cas des Supply Chains Multi-Etages », financée par Bourse du Ministère (Encadrement : Y. Dallery (20%), **Z. Jemai (40%)** et E. Sahin (40%))
- Sept 2010 - L. Aboueljinane « Optimisation des services médicaux d'urgence », financée par le projet ANR POSAMU (Encadrement : E. Sahin (50%) et **Z. Jemai (50%)**)
- Sept 2011 - S. Lakri « Mesure et animation des performances de la Supply Chain », financée par la Chaire SC (Encadrement : Y. Dallery (40%), Jean-Claude Bocquet (30%) et **Z. Jemai (30%)**)

### 2.1.3 Encadrements de stages de Master Recherche

- 2002 B. Biette « Influence of decentralized inventory management on two-echelon supply-chain performance », financé par le LGI (taux d'encadrement **50%**)
- 2005 M. Ben Hassine « Gestion de stock des pièces de rechange », financé par Areva (taux d'encadrement **50%**)
- 2006 A. El Omri « Apport de la théorie des jeux dans les problèmes de tournées avec gestion de stock », financé le LGI (taux d'encadrement **50%**)
- B. Hammiche « Gestion des pièces de rechange dans le cas des composants industriels sujets à l'obsolescence », financé par Schlumberger (taux d'encadrement **100%**)
- C. Delaunay « Modélisation et résolution d'un problème stochastique de planification de production à 2 périodes avec perte de ventes », financé par ENS Cachan (taux d'encadrement **50%**)
- 2007 H. Cherfa « Intégration de la saisonnalité dans les modèles de prévision des ventes », financé par Danone (taux d'encadrement **100%**)
- R. Khelil « Implémentation d'un outil d'aide à la gestion des flux: Le kitting », financé par

- Schlumberger (taux d'encadrement **100%**)
- C. Kouki «Développement de modèles quantitatifs de pilotage de flux pour les produits périssables», financé le LGI (taux d'encadrement **50%**)
- 2008 T. Hubert « La Gestion Collaborative des prévisions dans le cadre des promotions entre Carrefour et Danone», financée par la Chaire SC (taux d'encadrement **100%**)
- H. Castillo « Modèle de simulation pour évaluer la réduction du délai de prise en charge des patients dans le SAMU-94», financé par SAMU-94 (taux d'encadrement **50%**)
- J.B. Lefer « Optimisation de la politique de stockage dans la zone de Picking de La Redoute», financé par La Redoute (taux d'encadrement **100%**)
- 2009 S. Vercraene « Coordination de chaînes logistiques avec flux inverses», financé par ENS Cachan (taux d'encadrement **50%**)
- N. Wang « Optimisation de l'approvisionnement lointain», financé par la Chaire SC (taux d'encadrement **100%**)
- A. Civrac « Optimisation de gestion de stock en approvisionnement multi-produits», financé par Point P (taux d'encadrement **100%**)
- 2010 L. Aboueljinane « Gestion opérationnelle des plateformes logistiques», financé la Chaire SC (taux d'encadrement **100%**)
- H. Harbi « Optimisation du transport multimodal dans une Supply Chain», financé par la Chaire SC (taux d'encadrement **50%**)
- 2011 R. Ghorbel « Modèles de prévision de la demande sans historique», financé par la Chaire SC (taux d'encadrement **50%**)
- H. Laaridh « Localisation multicritère d'un site de production», financé par la Chaire SC (taux d'encadrement **50%**)
- K. Haddad « Efficacité des politiques de pilotage de flux multi-échelon pour une ligne d'assemblage», financé par le LGI (taux d'encadrement **50%**)
- S. Lakri « Mesure et animation de la performance de la Supply Chain», financé la Chaire SC (taux d'encadrement **30%**)
- 2012 C. Lasnel « Optimisation du couple taux de service/stock», financé par l'Oréal (taux d'encadrement **50%**)
- T. Cavel « Etude sur la Gestion de l'obsolescence de produits», financé par Dior (taux d'encadrement **50%**)
- L. Pages « Le e-commerce alimentaire B to C: typologie de chaînes de valeur, de schémas de collaboration et de canaux de distribution», financé par ECP (taux d'encadrement **100%**)
- G. Bourey « Analyse Flexibilité des usines DLPS», financé par Michelin (taux d'encadrement **50%**)

## 2.2 Principales publications

Dans cette sous-section, je présenterai la liste de mes principales publications. Je me focaliserai en particulier sur celles dans les revues internationales et celles dans les conférences internationales acceptées sur article complet et avec actes.

### 2.2.1 Revues internationales

1. A. Elomri, A. Ghaffari, Z. Jemai and Y. Dallery. 2012. Coalition Formation and Cost Allocation for Joint Replenishment Systems. **Production and Operations Management**. 21 (6). pp.1015-1027 (**ISI Web of Science**)
2. Z. Jemai, Y. Rekik and R. Kalai. 2012. Inventory routing problems in a context of vendor managed inventory system with consignment stock and transshipment. **Production Planning and Control**. In press, DOI: 10.1080/09537287.2012.666844 (**ISI Web of Science**)
3. Y. Bouchery, A. Ghaffari, Z. Jemai and Y. Dallery. Including sustainability criteria into inventory models. **European Journal of Operational Research**. 222. pp.229-240 (**ISI Web of Science**)
4. C. Kouki, E. Sahin, Z. Jemai, Y. Dallery. 2010. Assessing the impact of perishability and the use of time temperature technologies on inventory management. **International Journal of Production Economics**. In Press, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.09.032> (**ISI Web of Science**)
5. A. Cheaitou, C. van Delft, Z. Jemai and Y. Dallery. 2011. A Newsvendor Model with Initial Inventory and Two Salvage Opportunities. **Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics**. 9 (3). pp.30-36
6. Z. Babai, Z. Jemai and Y. Dallery. 2011. Analysis of order-up-to-level inventory systems with compound Poisson demand. **European Journal of Operational Research**. 210. pp.552–558 (**ISI Web of Science**)
7. A. Cheaitou, Z. Jemai, Y. Dallery and C. van Delft. 2010. Two-stage flexible supply contract with payback and information update. **European Journal of Industrial Engineering**. 4 (4). pp.471-492 (**ISI Web of Science**)
8. Z. Jemai, Y. Dallery and N. Erkip. 2010. Contracting under uncertain capacity: a generalisation. **International Journal of Inventory Research**. 1( 2). pp.125-149
9. Y. Rekik and Z. Jemai 2009. A periodic review inventory model subject to shrinkage type errors: impact of RFID. **International in Journal of Electronic Business**. 7 (1). pp. 68 - 85
10. Y. Rekik, E. Sahin, Z. Jemai, Y. Dallery. 2008. Execution errors in retail supply chains: analysis of the case of misplaced products. **International Journal of Systems Science**. 39 (7). pp.727-740 (**ISI Web of Science**)
11. Z. Jemai and F. Karaesmen. 2007. Decentralized Inventory Control in a Two-Stage Capacitated Supply Chain. **IIE Transactions**. 39. pp.501-512 (**ISI Web of Science**)
12. Y. Rekik, Z. Jemai, E. Sahin, Y. Dallery. 2007. Improving the Performance of Retail Stores Subject to Execution Errors: Coordination Versus Auto-ID Technology. **OR Spectrum**. 29. pp.597-626 (**ISI Web of Science**)
13. A. Cheaitou, C. van Delft, Y. Dallery and Z. Jemai. 2009. Two-Period Production Planning and Inventory Control. **International Journal of Production Economics**. 118 (1), pp. 118-130 (**ISI Web of Science**)
14. Z. Jemai and F. Karaesmen. 2005. The Influence of Demand Variability on the performance of a Make to Stock Queue. **European Journal of Operational Research**. 164. pp.195-205 (**ISI Web of Science**)

## 2.2.2 Conférences internationales avec actes et comité de lecture

1. Y. Zhong, C. Chu and Z. Jemai. 2013. A heuristic approach to synchronize production and transportation planning in a mineral water industry. Accepted in **The 2013 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC13)**. April 10-12. Paris. France
2. G. Goudenege, C. Chu and Z. Jemai. 2013. "Reusable transportation items" management: A case study. Accepted in **The 2013 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC13)**. April 10-12. Paris. France
3. Z. Babai, Z. Jemai and Y. Dallery. 2012. Base stock inventory systems with compound Poisson demand: case of partial lost sales. **Advances in Production Management Systems (APMS)**. September 24-26. Rhodes. Greece
4. L. Aboueljineane, E. Sahin and Z. Jemai. 2012. Reducing ambulance response time using simulation: The case of Val-de-Marne department emergency medical service. Accepted in **Winter Simulation Conference (WSC12)**. December 9-12. Berlin. Germany
5. Y. Bouchery, A. Ghaffari, Z. Jemai and Y. Dallery. 2012. Greening the Supply Chain: Operational Adjustment versus Technology Investment. Accepted in **International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain (ILS)**. August 26-29. Quebec. Canada
6. S. Eruguz, Z. Jemai, E. Sahin and Y. dallery. 2012. A Review of the Guaranteed-Service Model for Multi-echelon Inventory Systems. **14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM)**. May 23-25. Vol. 14. Part 1. pp. 1439-1444. Bucharest, Romania
7. G. Goudenege, Z. Jemai and C. Chu. 2011. Reusable containers management : from a generic model to an industrial case study. **International Workshop on Green Supply Chain (GSC'2012)**. May 24 - 25. Arras, France
8. I. Safra, A. Jebali, Z. Jemai, H. Bouchriha et A. Ghaffari. Planification séquentielle tactique-opérationnelle d'une chaîne logistique textile. **9e Congrès International de Génie Industriel (CIGI 2011)**. October 12-14. Quebec, Canada
9. I. Erne, K. Hadj Youssef and Z. Jemai. 2011. Optimal admission policy in make to stock/ make to order production systems. **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**. May 25-27. Metz. France
10. G. Goudenege, Z. Jemai and C. Chu. 2011. Reverse logistics optimization: application to reusable containers. **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**. May 25-27. Metz. France
11. Y. Bouchery, A. Ghaffari, Z. Jemai and Y. Dallery. 2011. How to incorporate sustainability criteria into operations management models? The sustainable order quantity example. **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**. May 25-27. Metz. France
12. A. P. Iannoni, Z. Jemai, C. Chollet-Xemard and J. Marty. 2011. Analysis of an urban emergency medical system by using discrete simulation. **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**. May 25-27. Metz. France
13. Y. Bouchery, A. Ghaffari and Z. Jemai. 2010. Key Performance Indicators for sustainable distribution supply chains: Set building methodology and application. **International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS)**. October 11-13. Como. Italy.
14. S. Vercraene, J-P. Gayon and Z. Jemai. 2010. Control of a two-stage production/inventory system with products returns. **12<sup>th</sup> Large Scale Systems symposium (IFAC-LSS)**. July 12-14. Villeneuve d'Ascq, France.
15. A. Cheaitou, C. van Delft, Z. Jemai and Y. Dallery. 2010. A Newsvendor Model with Initial Inventory and Two Salvage Opportunities. **The 6th International Symposium on Management, Engineering and Informatics (MEI)**. June 29- July 2. Orlando. USA. **Best paper within the track "Management, Engineering and Informatics"**.
16. Z. Jemai, R. Kalai et Y. Rekik. 2010. Analyse d'un problème de tournée de véhicules avec gestion de stock dans un contexte de stock de consignation. **8ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. Du 10 au 02 mai. Hammamet. Tunisie.
17. Z. Babai, Z. Jemai and Y. Dallery. 2010. Analysis of order-up-to-levels inventory systems with compound

- poisson demand. **8ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. Du 10 au 02 mai. Hammamet. Tunisie.
18. C. Kouki, E. Sahin, Z. Jemai, Y. Dallery. 2010. Periodic review inventory policy for perishables with random lifetime. **8ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. Du 10 au 02 mai. Hammamet. Tunisie.
  19. I. Safra, A. Jebali, H. Bouchriha, A. Ghaffari, Z. Jemai. 2010. Planification tactique du problème intégré production-distribution en tenant compte des délais de transport : cas de la chaîne logistique textile. **8ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. Du 10 au 02 mai. Hammamet. Tunisie.
  20. A. Cheaitou, C. van Delft, Z. Jemai and Y. Dallery. 2010. Two-period production planning and inventory control model with demand forecasts updating. **International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain (ILS)**. April 13-16. Casablanca. Morocco.
  21. C. Kouki, E. Sahin, Z. Jemai and Y. Dallery. 2009. Consideration of the Undershoot in an  $(r, Q)$  Inventory Model for Perishables. **13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM)**. June 03-05. Vol. 13. Part 1. pp. 1573-1578. Moscow, Russia.
  22. Z. Babai, Z. Jemai and Y. Dallery. 2009. Approximations of Order-Up-To-Levels in Inventory Systems with Compound Poisson Demand. **13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM)**. June 03-05. Vol. 13. Part 1. pp. 810-815. Moscow, Russia.
  23. C. Kouki, E. Sahin, Z. Jemai and Y. Dallery. 2009. Assessing the Impact of Perishability and the Use of Time Temperature Technologies on Inventory Management. **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**. May 13-15. Montréal. Canada.
  24. Y. Rekik and Z. Jemai. 2009. Inaccuracies within a Decentralized Supply Chain: A General Framework. **International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)**. May 13-15. Montréal. Canada.
  25. A. el Omri, A. Ghaffari and Z. Jemai. 2008. Multiple retailer cooperation system analysis. **7ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. Du 31 mars au 02 avril. Paris. France.
  26. A. Cheaitou, Z. Jemai, C. van Delft and Y. Dallery. 2008. Two-stage flexible supply contract with payback and information update. **7ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. Du 31 mars au 02 avril. Paris. France.
  27. C. Kouki, E. Sahin and Z. Jemai. 2008. An  $(r, Q)$  inventory policy for perishable products having a fixed lifetime. **7ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. Du 31 mars au 02 avril. Paris. France.
  28. A. el Omri, A. Ghaffari and Z. Jemai. 2007. Multiple retailer cooperation for joint transportation and inventory decisions. **19th International Conference on Production Research**. Du 18 juillet au 6 août. Valparaiso. Chili.
  29. Y. Rekik, Z. Jemai, E. Sahin and Y. Dallery. 2006. Evaluating the Impact of Misplacement Errors on Decentralized Retail Supply Chain. **12th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM)**. May 17-19. Vol. 12. Part 1. Saint-Etienne. France. **Best paper within the track "Production Planning and Inventory Control"**.
  30. Z. Jemai, N. Erkip and Y. Dallery. 2006. Contracting Under Uncertain Capacity. **International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain (ILS)**. May 27-30. Lyon. France.
  31. A. Cheaitou, C. Vandelft, Y. Dallery and Z. Jemai. 2006. Two-Stage Newsboy Model With Backorders and Initial Inventory. **International Conference on Information Systems, Logistics and Supply Chain (ILS)**. May 27-30. Lyon. France.
  32. Z. Jemai, K. Hadj Youcef and F. Karaesmen. 2004. Etude de l'information avancée avec fenêtre de temps. **5ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. 1 à 3 septembre. Nantes. France.
  33. Z. Jemai and F. Karaesmen. 2003. L'influence de la décentralisation sur la performance de la chaîne logistique à deux étages. **4ème Conférence Internationale de Modélisation et Simulation (MOSIM)**. 23 au 25 avril. Toulouse. France.

## 2.3 Rayonnement

Dans cette sous-section, je présenterai les autres aspects de la recherche qui concernent la reconnaissance et le rayonnement à travers les collaborations développées, les contrats obtenus ainsi que la participation à la vie de la communauté scientifique.

### 2.3.1 Participation à l'obtention de contrats de recherche :

J'étais impliqué dans la proposition de deux dossiers acceptés de financement ANR (Agence Nationale de la Recherche) et un financement de l'ARS (Agence Régionale de Santé) :

- Projet POSAMU (Performances et Optimisation Systémique de l'Aide Médicale Urgente), janvier 2011-Décembre 2012 : ce projet a été proposé dans le cadre du programme « Villes durables ». Il a réuni trois autres partenaires qui sont le SAMU94, l'IGN (Institut Géographique National) et l'Ecole des Ponts. Nous étions trois personnes de l'Ecole Centrale Paris, Jean-Claude Bocquet, Evren Sahin et moi-même et nous avons obtenu un financement de 194 000€. L'objectif de ce projet est d'étudier l'impact des différents scénarios (variation du nombre de ressources, délocalisation et/ou relocalisation dynamiques des ambulances,...) sur les performances du SAMU en termes de temps de réponse aux appels d'urgence.
- Projet OPERA, janvier 2013- décembre 2015 : le deuxième projet, proposé dans le cadre du programme JCJC (Jeunes Chercheuses Jeunes Chercheurs), s'intéresse à la gestion des opérations dans les centres d'appels. Ce projet réunit un autre partenaire (Rouen Business School). Du côté de l'Ecole Centrale, nous étions deux personnes à y contribuer, Oualid Jouini et moi-même et nous avons obtenu un financement de 120 000€. L'objectif de ce projet est d'étudier les différentes problématiques des centres d'appels comme la prévision de la demande, le dimensionnement des ressources et le routage temps réel des appels. Ma contribution dans ce projet concerne l'étude des possibilités de collaboration entre les différents acteurs et la proposition de mécanismes de collaboration permettant le gain en efficacité de ce type de système et l'adhésion des différents acteurs à ces mécanismes.
- Projet d'optimisation des services d'urgences, janvier 2013- décembre 2016 : Nous avons récemment obtenu un financement de l'ARS (Agence Régionale de Santé) à hauteur de 150 000€ afin de financer une thèse dans l'optimisation des services d'urgence. Ce projet est fait en collaboration avec Oualid Jouini et Ger Koole de l'Université d'Amsterdam.

### 2.3.2 Collaborations nationales et internationales :

- Christian van Delft (HEC) dans le cadre de l'encadrement de la thèse d'Ali Cheaitou sur la planification stochastique (3 articles acceptés dans des revues internationales).
- Zied Babai (BEM Management School de Bordeaux) sur des problématiques de pilotage de flux dans le cas de demande intermittente (1 article accepté dans une revue internationale).
- Rim Kalai (Rouen Business School) sur la collaboration en Supply Chain par l'utilisation du stock de consignation (1 article accepté dans une revue internationale).
- Nesim Erkip (Eindhoven University of Technology) sur l'intégration de la capacité fournisseur dans le modèle de vendeur de journaux (1 article accepté dans une revue internationale).
- Fikri Karesmen (Koç University, Galatasaray) mon co-encadrant de thèse avec qui j'ai continué à échanger régulièrement

- Hanen Bouchriha et Aida Jebali (ENIT, Tunisie) dans le cadre de l'encadrement de la thèse en cotutelle d'Imen Safra (2 articles soumis dans une revue internationale).
- Khaled Hadj Youcef (ENIM, Tunisie) dans le cadre des modèles stochastiques pour le pilotage de flux dans la Supply Chain (1 article en cours de rédaction)
- Aris Syntetos sur la prise ne compte d'erreurs dans le pilotage de flux (1 article soumis dans une revue internationale).

### 2.3.3 Participation à l'organisation d'évènements

- Membre du comité d'organisation du GDR MACS du 9 au 10 mars 2006 à Paris
- Membre du comité d'organisation de la conférence ICED'07 du 28 au 31 août 2007 à Paris

### 2.3.4 Participation à des comités de relecture de revues

- EJOR (European Journal of Operational Research), Pr. Jean Charles Billaut, Pr. Lorenzo Peccati
- IMA Journal of Management Mathematics, Pr. Aris Syntetos, Pr. Philip Scarf
- CIE (Computers and Industrial Engineering), Pr. Imed Kacem, Pr. Mohamed I. Dessouky
- IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, Pr. Xiangtong Qi, Pr. Chengbin Chu
- JORS (Journal of the Operational Research Society), Pr. Sarah Parry
- IJSS (International Journal of Systems Science), Pr. Dobrila Petrovic

Ainsi que pour les conférences INCOM, IESM, MEI, MOSIM et ROADEF.

### 2.3.5 Proposition de sessions spéciales et/ou animation de sessions dans des conférences

- Co-animation, avec J.P. Campagne, d'une session sur la Supply Chain à la 7e Conférence Internationale de MODélisation et SIMulation (MOSIM'08), Paris, du 31 mars au 2 avril 2008.
- Proposition et organisation d'une session spéciale au 12e congrès de la ROADEF 2011, Saint-Etienne, du 2 au 4 mars. La session, intitulée « Modèles stochastiques et application » en collaboration avec Maria Di Mascolo (G-Scop).

### 2.3.6 Participation à des jurys de thèses

- En tant qu'examineur pour la thèse de Melle Yasemin Arda, soutenue le 14 janvier 2008 au LAAS de Toulouse et dont l'intitulé est : Politiques d'approvisionnement dans les systèmes à plusieurs fournisseurs et optimisation des décisions dans les chaînes logistiques décentralisées.

### 2.3.7 Récompenses obtenues

- Meilleur article dans la session « Production Planning and Inventory Control » dans INCOM'12, à Saint-Etienne, du 17 au 19 mai 2006. Ce papier est co-écrit avec Yacine Rekik, Evren Sahin et Yves Dallery.
- Meilleur article dans la session « Management, Engineering and Informatics » dans MEI'06, à Orlando, du 29 juin au 02 juillet 2010. Ce papier est co-écrit avec Ali Cheaitou, Christian van Delft et Yves Dallery.

### 3 Mes activités pédagogiques

Durant ma thèse, Fikri Kraresmen m'a donné l'opportunité d'intervenir dans un cours de l'option Génie Industriel et du master recherche de Centrale. Ceci m'a permis de préparer et d'animer un certain nombre de séances en pilotage de flux et en recherche opérationnelle. Lors de la dernière année de thèse, j'ai obtenu un poste d'ATER (Attaché Temporaire d'Enseignement et de Recherche) au département OGP de l'IUT de Montreuil. Durant les deux ans passés à l'IUT, j'ai pu à la fois prendre des responsabilités en enseignement, concevoir plusieurs modules et animer près de 400 heures entre cours, TD et TP.

Mes activités actuelles en enseignement remontent à 2005 avec l'obtention de mon premier poste à Centrale. J'ai repris alors la responsabilité et l'animation de différents modules comme le pilotage de flux, les modèles stochastiques et la simulation. Dans la section 3.1, je présenterai une synthèse des différents enseignements que j'ai effectués. Dans les annexes, j'inclurai les fiches pédagogiques de mes principaux cours. Une synthèse des autres activités pédagogiques sera présentée dans la section 3.2.

La majeure partie de ces cours est faite pour les élèves en fin de cursus (option Génie Industriel, master recherche OSIL (Optimisation des Systèmes logistiques et Industriels) et mastère spécialisé MIPSC (Management Industriel Projet et Supply Chain)). La qualité des élèves et leur exigence à la fois sur le fond théorique des enseignements et sur l'applicabilité industrielle m'ont donné l'opportunité d'innover en permanence sur ces deux aspects. Par ailleurs, je profite de mes cours pour partager avec mes étudiants ma passion pour la recherche et leur montrer que l'approche du chercheur pour résoudre les différents problèmes est très complémentaire avec l'approche ingénieur, et que le couplage des deux leur permettra de proposer des solutions innovantes et robustes. Plusieurs de ces aspects seront synthétisés dans la section 3.3

#### 3.1 Mes principaux cours

##### 3.1.1 A l'École Centrale Paris (volume annuel ~130h)

Intitulé du cours	Niveau d'études	Vol. Ens / Vol. Tot	Période	Responsabilité
Pilotage des flux	Option GI – MR OSIL	15/30h	De 2004 à 2008	Responsable du cours
Modèles stochastiques et applications	Option GI – MR OSIL	24/24h	Depuis 2005	Responsable du cours
Recherche opérationnelle	MS MIPSC	12/24h	2005	Intervenant
Modélisation et simulation des systèmes de production	Option GI – MR OSIL – MS MIPSC	15/24h	Depuis 2006	Responsable du cours
Introduction au génie Industriel	1 <sup>ère</sup> année	9/15h	Depuis 2008	Intervenant
Production et distribution de biens et de services	2 <sup>ème</sup> année	18/36h	2009	Co-responsable du cours



Gestion des stocks et prévision de la demande	Option GI – MR OSIL	18/36h	Depuis 2009	Co-responsable du cours
Management de la chaîne logistique	Option GI – MR OSIL	24/30h	Depuis 2009	Co-responsable du cours
Projet de transformation d'une Supply Chain	MS MIPSC	12/24h	Depuis 2010	Responsable du cours
Introduction au Supply Chain Management	MS MIPSC	24/24h	Depuis 2011	Responsable du cours

### 3.1.2 Autres institutions

Intitulé du cours	Niveau d'études	Vol. Ens / Vol. Tot	Période	Responsabilité
Systèmes d'information – Bases de données	2 <sup>ème</sup> année – IUT de Montreuil	60/60h	De 2002 à 2004 puis 2009	Responsable du cours
Etude des systèmes de production	1 <sup>ère</sup> année – IUT de Montreuil	20/20h	De 2002 à 2004	Responsable du cours
Algorithmique – Programmation	2 <sup>ème</sup> année – IUT de Montreuil	28/28h	De 2002 à 2004	Responsable du cours
Outils de bureautique	1 <sup>ère</sup> année – IUT de Montreuil	18/18h	De 2002 à 2004	Responsable du cours
Management industriel et logistique	2 <sup>ème</sup> année – Rouen Business School	24/24h	2007	Intervenant
Modélisation de la Supply Chain	3 <sup>ème</sup> année – Rouen Business School	3/30h	Depuis 2011	Intervenant
Modèles stochastiques	3 <sup>ème</sup> année –ENIT (Tunisie)	15/15h	2007	Responsable du cours

### 3.2 Mes autres activités pédagogiques

- Suivi de projets d'élèves: chaque année, les élèves à Centrale ont une activité projet par groupe de cinq à hauteur de 150 heures par an. Ces projets appelés « Projet enjeu » pour la première année, « Projet innovation » pour la deuxième année et « Projet industriel » pour la troisième année sont majoritairement proposés par des industriels. Je participe à cette activité en sollicitant les entreprises à proposer différents sujets et en assurant le suivi d'en moyenne trois projets de chaque type par an.
- Suivi de stages de fin d'études : j'encadre chaque année en moyenne trois stages de fin d'étude des élèves de l'option GI et du mastère spécialisé MIPSC.

### 3.3 Quelques éléments qui caractérisent ma vision de la pédagogie

Mon métier d'enseignant-chercheur me passionne pour diverses raisons que j'essaierai de résumer ci-après.

#### *Lien entre enseignement et recherche :*

Durant mes cours, j'essaie de partager avec mes étudiants ma passion pour la recherche. En effet, je leur montre que le chercheur produit des résultats intéressants pour les entreprises, tout en créant de nouvelles connaissances pour la communauté scientifique. Je les motive également pour faire un bout de chemin en recherche en intégrant le master recherche ou une thèse de doctorat. Par ailleurs, j'alimente mon cours régulièrement avec les derniers résultats de recherche issus, soit de mon activité à travers les thèses et les collaborations, soit de la veille bibliographique de ce qui se passe dans le domaine. Je développe ainsi des séquences sur la gestion de stock des produits périssables (thèse de Chaaben Kouki), du pilotage de flux dans le cas des approvisionnements lointains (thèse de Thibault Hubert avec PSA) ou encore des applications concrètes des modèles stochastiques dans la gestion de stock des pièces de rechange pour les aéroports de l'Italie (Wong et al., 2005).

#### *Lien entre formation et monde industriel :*

En tant qu'enseignant-chercheur en SCM, je me dois de créer un lien fort entre la formation et le monde industriel. Pour ce faire, j'insère dans mes cours des illustrations concrètes des concepts étudiés afin de montrer aux étudiants que les problèmes traités en cours sont d'actualité chez les industriels. De plus, je fais intervenir régulièrement dans mes cours des intervenants industriels et j'organise pour les élèves quelques visites chaque année chez nos partenaires industriels. Deux exemples de séquences que j'anime illustrent ce lien : dans le cadre du cours de management de la chaîne logistique, une séquence de trois heures est consacrée à la collaboration. Dans cette séquence, j'aborde pendant la première moitié, les concepts théoriques liés à la collaboration, les enjeux de la collaboration et les différents mécanismes de collaboration. Durant la deuxième partie, le responsable relations fournisseurs de Carrefour présente un témoignage sur la réalité de la collaboration dans l'entreprise, les enjeux, les difficultés à mettre certains mécanismes en place et les prérequis entre les différents partenaires pour une collaboration réussie. Dans une autre séquence animée dans le cours de pilotage de flux sur le S&OP (Sales and Operations Planning), je présente ce concept, les différents leviers pour équilibrer la charge et la capacité. Ensuite, un expert Supply Chain de Michelin illustre l'organisation de ce processus au sein de son entreprise, les différentes réunions intermédiaires, les objectifs, les participants et les livrables de chaque réunion.

#### *Besoins en concepts et outils théoriques :*

Pour la majeure partie de mes séances de cours, je développe des cas pratiques sur lesquels les étudiants travaillent en petits groupes en début de séance pour apporter des solutions. L'objectif est de leur montrer, à partir de cas simples, les différentes problématiques qu'on est amené à résoudre, à leur permettre de formaliser des approches de résolution et leur faire toucher du doigt la complexité des problèmes et la nécessité de s'appuyer sur des concepts et outils théoriques pour arriver à des solutions efficaces. Un exemple de ce type est un cas sur le pilotage de flux et la collaboration, développé avec Adel el Omri de l'université du Qatar et Rim Kalai de Rouen Business School et a été déposé en février à la Centrale des Cas et des Media Pédagogiques (CCMP). Ce cas permet dans une première

partie de réfléchir à la meilleure solution (en termes de respect de la qualité de service au moindre coût) pour approvisionner sur un horizon de quelques périodes de temps un ensemble de magasins à partir d'un ensemble d'entrepôts. Une commande est alors passée au fournisseur qui doit y répondre en pilotant ses flux de production et de distribution au moindre coût. La solution globale est ensuite analysée afin de voir les possibilités de collaboration entre les deux acteurs pour améliorer les performances de la Supply Chain globale. Dans la deuxième partie de la séance, je montre aux élèves que même sur une Supply Chain relativement simple, l'écart entre la solution obtenue et la solution optimale peut être important, et que des outils de la recherche opérationnelle permettent d'obtenir la solution optimale. A la fin de la séance, nous programmons ensemble, sur le solveur Excel, une partie du problème traité.

*Vision globale de la formation :*

Le fait d'intervenir dans différents modules d'un même programme m'a permis de constater que les étudiants ont du mal à utiliser les compétences acquises dans un module pour résoudre une problématique posée dans un autre module ou dans un projet ou un stage. Afin de remédier à cette vision cloisonnée, j'essaye depuis des années de prendre le temps nécessaire pour bien expliquer comment les différents modules s'imbriquent dans une vision globale et que par exemple le Lean Management n'est pas déconnecté du Supply Chain Management. Dans ce sens, je fais travailler les élèves sur des projets transverses, comme par exemple l'optimisation des politiques de gestion de stock avec de la simulation ou les modèles stochastiques.

## 4 Mes responsabilités

Plusieurs responsabilités m'ont été confiées ces dernières années en recherche et en formation. Ces activités seront détaillées dans les sections ci-dessous :

### 4.1 Responsable adjoint du mastère spécialisé MIPSC

Lorsque Franck Marle m'a proposé de se joindre à lui en 2006 pour former l'équipe de pilotage du mastère spécialisé Génie des systèmes industriels (rebaptisé en 2008 Management Industriel Projet et Supply Chain (MIPSC)), je n'ai pas hésité à accepter cette responsabilité pour deux raisons : j'ai eu l'occasion d'évaluer le bon niveau des élèves de cette formation lors d'interventions en cours. J'ai également vu en cette opportunité la possibilité d'avoir une certaine liberté pédagogique pour faire progresser la qualité de la formation et sa notoriété.

Mes responsabilités au sein de ce master peuvent se résumer dans les trois points suivants :

- Recrutement des élèves avec la participation à différents événements d'information, l'étude des dossiers de candidature et la réalisation des entretiens ;
- Participation aux jurys de soutenances
- Responsabilité pédagogique sur le volet Supply Chain de la formation avec la coordination des différents modules, l'organisation de visites d'entreprises et de conférences faites par les industriels, la validation des sujets de stage et la proposition depuis l'an dernier de la certification BASICS de l'APICS.

En ce moment, nous sommes en train de passer le relais à un autre responsable. Nous pouvons dire que le bilan des six promotions que nous avons suivies de bout en bout et que je synthétiserai dans les points ci-dessous est excellent :

- Positionnement : nous avons offert aux étudiants une vision complète du cycle de vie industriel de la conception-innovation jusqu'à la livraison au client final comme le montre la Figure 1. Nous avons mis l'accent sur deux domaines très complémentaires qui sont le management de projet et le management de la chaîne logistique. Ce positionnement différenciant par rapport aux autres mastères concurrents permet aux étudiants souhaitant s'orienter vers le management de projet de bénéficier d'un cadre applicatif qui est la Supply Chain et à ceux désirant poursuivre dans le management de la Supply Chain de maîtriser le management de projet leur permettant de mener à bien des projets en Supply Chain. Un partenariat avec Michelin à travers une étude de cas réelle sur la transformation de la Supply Chain leur offre la possibilité de combiner les deux aspects en proposant à la fois des solutions intéressantes en termes de Supply Chain (localisation d'entrepôts, pilotage de flux, réflexions sur le service client) et de management de projet (organisation de la transformation, prise en compte des différents aspects planning, budget...)
- Effectif : nous avons souhaité avoir des promotions d'une vingtaine d'étudiants afin d'avoir une bonne cohésion d'un groupe de taille humaine et privilégier une relation étroite avec l'équipe dirigeante. Cet objectif nous a poussé à être très sélectifs en termes de recrutement (certaines années nous avons atteint 150 candidatures). Les étudiants que nous avons recrutés viennent principalement d'écoles d'ingénieurs françaises ou internationales (le taux d'élèves étrangers dans ce mastère avoisine les 35%, avec des nationalités très diverses) avec chaque année quelques élèves d'écoles de commerce et/ou d'université. En règle générale, la moitié

de la promotion sort directement d'école et l'autre moitié a travaillé pendant quelques années (2 à 3 ans d'expérience), avec régulièrement une ou deux personnes plus expérimentées. Le bilan sur les six dernières années est d'environ 110 diplômés avec une cohésion forte inter et intra-promos comme le témoigne le succès de la soirée annuelle des anciens qui attire une cinquantaine de personnes.

- Récompenses : le succès de ce mastère est d'abord celui des élèves qui ont tous validé leur diplôme. La promotion de l'an dernier a passé la certification de l'APICS et a obtenu de très bons résultats (90%). Ce succès est ensuite celui de la formation qui a été récompensée ces dernières années par le classement SMBG qui le classe 1<sup>er</sup> de sa catégorie depuis 2008 (note maximale de 4 étoiles). Le même organisme nous a attribué le « Trophée de la pédagogie » en 2008, en 2011 et en 2012. Ce trophée récompense les 100 meilleurs mastères parmi 900 mastères environ et se fonde sur la satisfaction des étudiants.

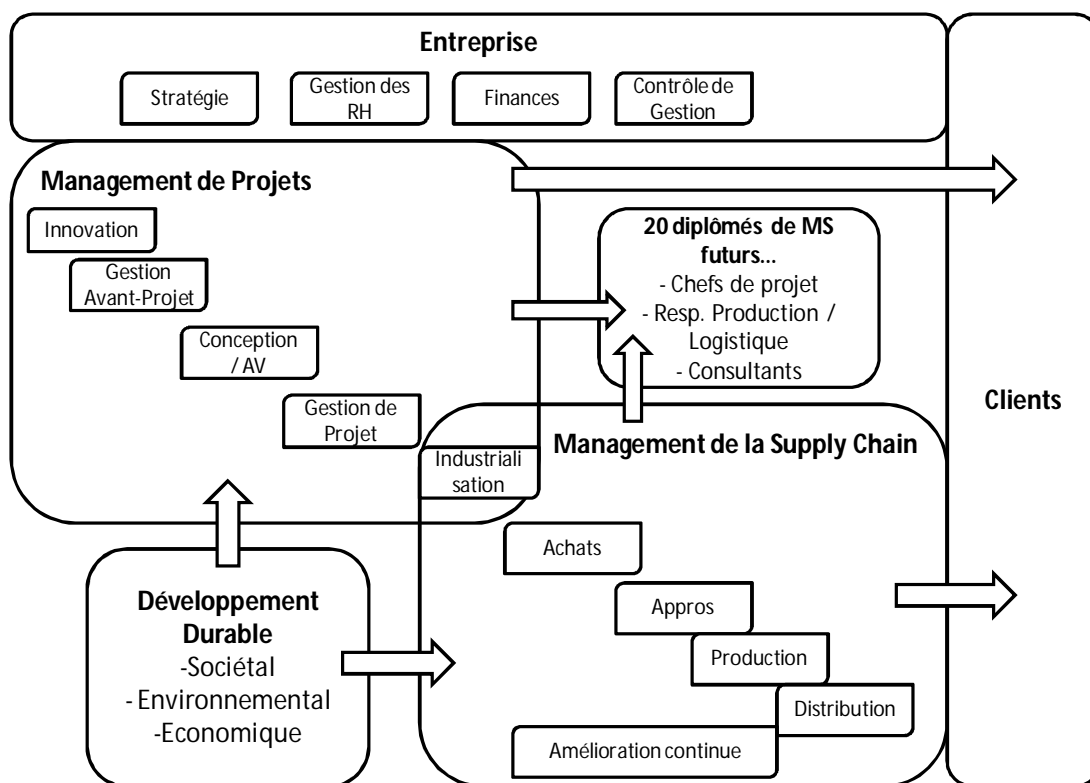


Figure 1 : Aperçu global du programme du MS (extrait de (Marle, 2011))

## 4.2 Co-responsable du parcours Supply Chain Management de l'option GI

En 2008, l'école a commencé à mettre en place la réforme ARIANE, lancée quelques années auparavant avec l'objectif de réorganiser la scolarité pour former des ingénieurs innovateurs, leaders et entrepreneurs. Dans ce cadre, j'ai participé à plusieurs réflexions sur la refonte de l'option Génie Industriel. La nouvelle formule de l'option a démarré en 2009 et est composée actuellement de trois parcours : Nouvelles formes d'organisations et de méthodes innovantes ; Industrialisation – Organisation de la production et Supply Chain Management. L'effectif de ce dernier parcours, sous la responsabilité conjointe d'Evren Sahin et moi-même, ne cesse de croître passant de 30 étudiants en 2009 à 42 étudiants en 2012 sur un effectif global de 80 élèves pour l'option GI et le master recherche associé.

Notre rôle dans ce parcours est :

- d'orienter les élèves dans le choix de leur cours électifs et de leur stage de fin d'études, afin de garantir une cohérence entre leur formation et leur projet professionnel ;
- de répondre à leurs interrogations en terme de métiers, de secteurs qu'ils peuvent envisager après l'obtention de leur diplôme ;
- de coordonner les interventions des industriels dans les différents modules afin de faire bénéficier les élèves de témoignages concrets, d'études de cas réels et de permettre aux industriels d'interagir avec les élèves et de leur présenter l'activité de l'entreprise.

### 4.3 Responsable du projet de recherche Management de la chaine logistique

Comme pour la formation, la structuration de la recherche au sein du laboratoire Génie Industriel a fait l'objet de plusieurs réflexions auxquelles j'ai activement participé ces dernières années. Actuellement, l'activité de recherche au laboratoire GI est répartie en quatre thèmes. Le thème 2 dont je fais partie de l'équipe est intitulé « Aide à la décision pour les systèmes de production et de distribution ». Ce thème, classé A+ par la commission AERES, est structuré en trois projets de recherche : Management des opérations de service, Management de la chaine logistique et Aide multicritère à la décision (voir figure 2). Je suis responsable du deuxième projet sur le Management de la chaine logistique. Ce projet est composé de 4 sous projets de recherche : Conception et planification de la production et de la chaine logistique (sous la responsabilité de Chengbin Chu) ; Pilotage de flux et gestion des stocks (sous la responsabilité de Evren Sahin); Compétition et coordination entre acteurs (sous ma responsabilité) et Durabilité dans les chaines logistiques (sous la responsabilité de Asma Ghaffari).

Mon rôle est de suivre l'activité recherche sur ce projet en termes de thèses, de publications et de faire les synthèses nécessaires pour les différentes sollicitations comme la commission AERES.

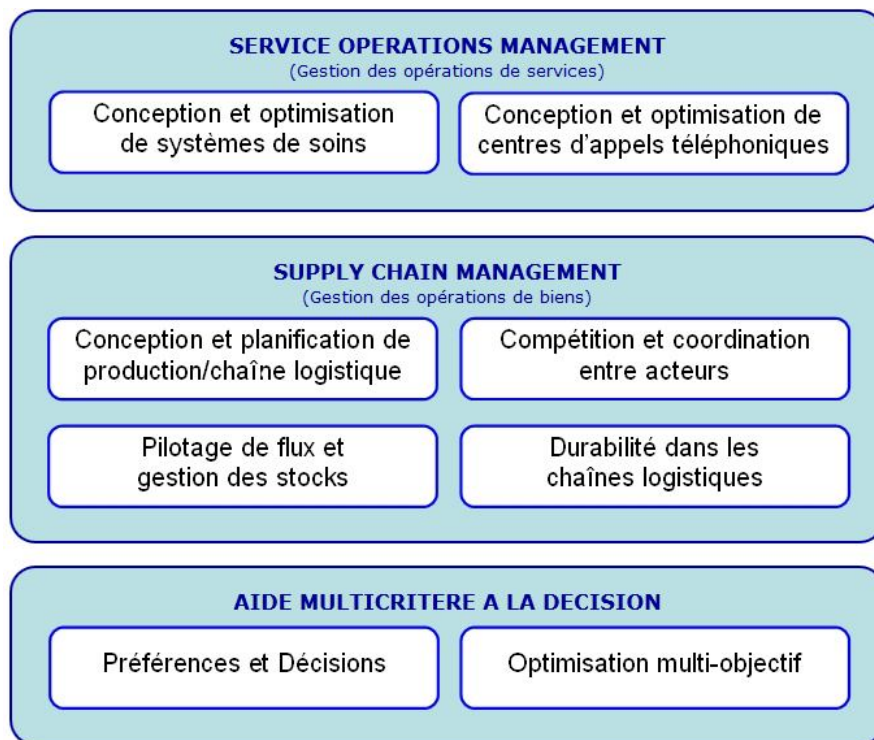


Figure 2 : Structuration de la recherche du thème 2 du LGI

## 5 Mes relations avec le monde de l'entreprise

### 5.1 Mes activités au sein de la Chaire Supply Chain

En mai 2009, j'ai intégré l'équipe de la Chaire Supply Chain créée quelques mois plus tôt entre l'Ecole Centrale Paris et les cinq partenaires industriels Carrefour, Danone, Louis Vuitton, PSA et Vallourec. Cette équipe est composée de Chengbin Chu comme directeur scientifique, moi-même comme professeur associé, Yves Dallery le directeur exécutif, Frédéric Faure et Bruno Croizat pour la formation continue et Corinne Ollivier comme assistante administrative. Comme le montre la Figure 3 ci-dessous, cette Chaire repose sur trois piliers : la recherche et l'innovation, la formation initiale et la formation continue.

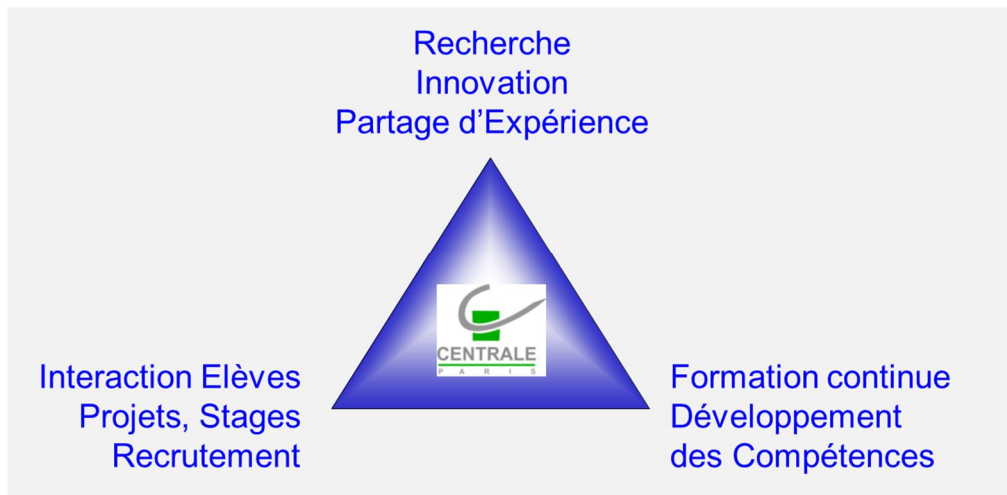


Figure 3 : Les trois piliers de la Chaire Supply Chain

Mes contributions à ces trois piliers sont synthétisées ci-dessous :

#### *En recherche-innovation :*

Le comité de pilotage (COFIL) de la Chaire a défini quatre problématiques majeures de recherche pour lesquels les partenaires industriels souhaitent que la Chaire apporte des solutions. Ces quatre problématiques sont :

- La prévision et la planification de l'approvisionnement
- La logistique de retour
- La planification de la production
- La mesure et l'animation de la performance de la Supply Chain

Afin de répondre à ces problématiques, la Chaire a mis en place par sujet:

- Des thèses que je co-encadre et qui s'intéressent à l'aspect générique des problématiques et qui apportent des solutions personnalisables par la suite pour les différents partenaires ;
- Des journées Expert organisées tous les deux mois réunissant quelques représentants par entreprise ainsi que l'équipe de la Chaire. L'objectif de ces journées est d'échanger et partager les expériences et les bonnes pratiques entre les partenaires, de proposer des sujets d'études pour les élèves sous forme de projets et de stages, et de suivre l'avancement de ces projets et de la thèse correspondant au thème de la journée. Mon rôle est de participer à l'animation de ces journées, aider à la définition des différents sujets de recherche, choisir la formule

adéquate du côté de Centrale Paris pour y répondre (en fonction de la complexité et de la date de besoin), recruter les élèves et participer à l'encadrement de ces projets et stages.

**En formation initiale :**

L'objectif pour les entreprises est d'être au contact des élèves centraliens, de communiquer autour de leurs entreprises et leurs activités, de recruter pour les projets et les stages et de pouvoir attirer de bons éléments pour renforcer leurs équipes. Du côté de Centrale, l'objectif est de faire bénéficier les élèves de l'apport des industriels dans la formation et d'avoir des offres de projets et de stages. Je participe à ce volet de la Chaire en sollicitant les partenaires pour des interventions dans les cours. Ainsi, une dizaine de séquences sont programmées pour l'option Génie Industriel chaque année.

**En formation continue :**

Chaque partenaire bénéficie de 10 jours de formation par an dans le cadre de la Chaire. Trois modules de formation ont déjà été réalisés. Je participe à la conception de ces modules de formation et leur adaptation en fonction du besoin de chaque partenaire et à l'animation de ces modules à hauteur d'une dizaine de jours par an :

- Le module Supply Chain Essentials qui reprend, sur deux jours, les notions de base en Supply Chain Management, en pilotage de flux ainsi que la collaboration. La plupart des partenaires ont bénéficié de ce module.
- Le module Planification de la Supply Chain, organisé sur trois jours, développe les différents éléments de la planification moyen et court terme en parlant de prévision, de S&OP, de PDP, de MRP-DRP et de pilotage de flux. Ce module est conçu pour PSA.
- Le module Réapprovisionnement des magasins, organisé sur trois jours pour Louis Vuitton et qui reprend les techniques de pilotage de flux entre les différents maillons de la Supply Chain. Nous développons le pilotage de flux des produits permanents, des produits saisonniers ainsi que la gestion des flux de retour.

J'ai d'autres responsabilités annexes dans le cadre de la Chaire, comme la mise à jour du site web, la présentation de l'activité recherche dans les COPIL et les événements de communication.

**5.2 Mes autres activités industrielles**

Les interactions avec les entreprises sont fréquentes au laboratoire GI et je réponds ponctuellement à des missions d'expertise demandées par les entreprises :

Entreprise	Année	Durée	Mission
La Halle	2004	30 jours	Conception et réalisation d'un tableau de bord Supply Chain ; optimisation des assortiments
Armorlux	2005	10 jours (avec Yves Dallery)	Organisation du picking
EADS	2005	10 jours (avec Asma Ghaffari)	Modélisation d'une problématique de déploiement d'une grande capacité
Carrefour France	2008	3 jours	Dimensionnement de stock de sécurité en approvisionnement lointain
Carrefour Italie	2009	3 jours	Choix des schémas de distribution
Carrefour	2012	10 jours (avec Oualid Jouini)	Dimensionnement de lignes de caisses





# Chapitre 2 : Positionnement de mes travaux de recherche

## 1 Contexte et problématiques de recherche

Le paysage économique et industriel a beaucoup évolué ces dernières décennies avec les progrès technologiques, la saturation des marchés, la concurrence de plus en plus forte, la mondialisation et l'exigence accrue du client. Afin de répondre à ces défis, les entreprises ont été amenées à améliorer leur qualité de service, à proposer des produits plus complexes et plus variés avec un cycle de vie plus court et à étendre leur périmètre d'activité tout en restant compétitives. Cette évolution a poussé beaucoup d'entreprises à se doter d'une fonction Supply Chain qui a pour objectif de satisfaire le client final au moindre coût. Le périmètre de cette fonction était d'abord interne : il permet d'interagir avec la majeure partie des autres fonctions de l'entreprise comme la conception, les achats, la finance et le marketing afin d'avoir une vision transversale de l'entreprise. Ce périmètre s'est élargi progressivement pour couvrir ce qu'on appelle aujourd'hui la Supply Chain étendue depuis les fournisseurs des fournisseurs jusqu'aux clients des clients comme illustré dans la Figure 4.

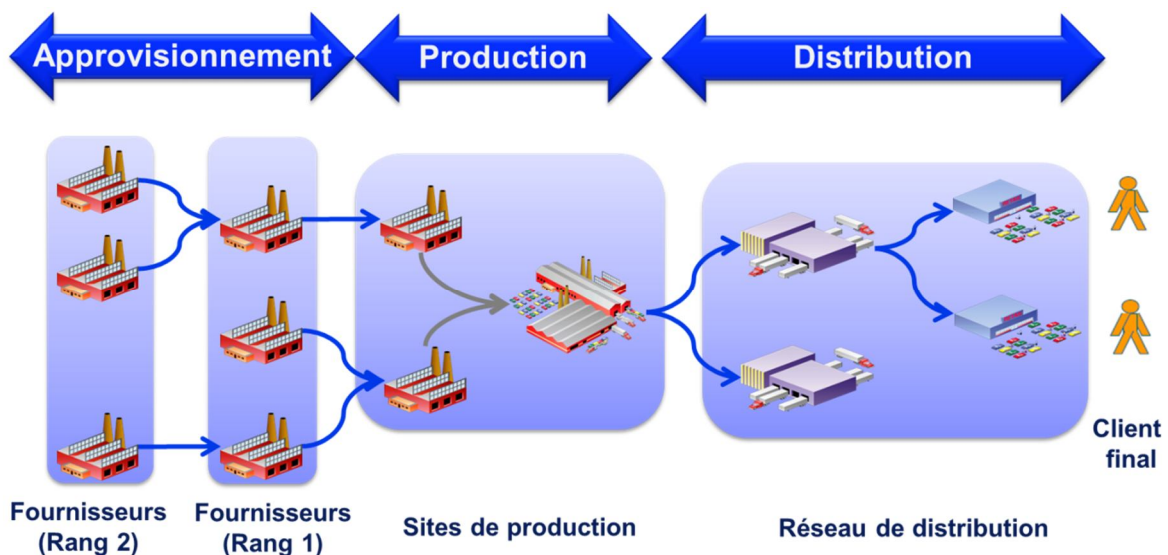


Figure 4 : Illustration de la Supply Chain

Le terme Supply Chain Management a été introduit pour la première fois en 1982 par K. Oliver, consultant chez Booz Allen Hamilton, dans un article paru dans le Financial Times. Depuis, les défis auxquels doit faire face le SCM ne cessent de croître et de se complexifier. Le Consumer Goods Forum (CGF)<sup>1</sup>, lors de sa dernière réunion comprenant plus de 200 participants (fournisseurs et distributeurs) met l'accent sur les tendances à prendre désormais en considération par la fonction SCM (TCGF, 2011):

<sup>1</sup> The Consumer Goods Forum est un réseau global indépendant. Il rassemble des CEO et le senior management d'environ 650 distributeurs, fabricants, fournisseurs de solutions et autres intéressés de 70 pays. Le Forum a été créé en juin 2009 par la fusion de CIES (The Food Business Forum), GCI et le Global CEO Forum. (<http://www.gs1belu.org/fr/consumer-goods-forum-2>)

- Des changements sociétaux au niveau mondial comme l'urbanisation, le vieillissement de la population ou le déplacement du pouvoir économique vers de nouveaux pays ;
- Des changements dans les habitudes des consommateurs devenus plus informés et donc plus exigeants grâce à la technologie, exigeants en qualité de service et plus préoccupés par le développement durable ;
- Un environnement changeant avec des ressources naturelles en quantité finie, un pouvoir des autorités de contrôle plus fort avec plus de lois et de taxes, une chaîne de valeur synchronisée avec plus de transparence et de traçabilité et des technologies de l'information considérées comme élément essentiel d'interaction entre les différents acteurs.

Face à ces éléments, le CGF s'est fixé quatre objectifs pour la chaîne de valeur 2020 : rendre le business plus durable, optimiser une Supply Chain commune, interagir avec des consommateurs experts en nouvelles technologies et être au service de la santé et du bien-être des consommateurs.

Afin d'atteindre ces objectifs, les entreprises doivent doter leur fonction Supply Chain des compétences et des outils qui lui sont nécessaires, de les faire évoluer continuellement pour s'adapter aux incertitudes (crises économiques, catastrophes naturelles, etc.) et de chercher de nouveaux outils et compétences afin de créer constamment des avantages compétitifs qui les différencient de leurs concurrents.

En plus des acteurs principaux de la Supply Chain, à savoir les clients, les fournisseurs et les différents prestataires logistiques, d'autres acteurs sont aussi parties prenantes dans le Supply Chain Management, comme par exemple les organismes de formation, les laboratoires de recherche, ou encore les sociétés de conseil. Ces acteurs tentent d'apporter des réponses à ce besoin d'outils et de compétences. Ainsi, différentes formations en Supply Chain ont vu le jour ces dernières années ; les sociétés de conseil affichent de plus en plus de domaines d'expertise comme la gestion multi-canal, la Supply Chain de l'e-commerce ou le transport multimodal ; les développeurs de solutions informatiques proposent de nouvelles offres comme les offres SaaS (Software as a Service) ou les outils de Business Intelligence, etc.

La communauté scientifique ne déroge pas à cette règle et cherche à apporter des solutions d'aide à la décision aux quatre problématiques que je qualifierai de majeures en Supply Chain Management et qui sont les suivantes :

- La mesure de la performance de la Supply Chain qui ne peut se baser uniquement sur des critères économiques.
- L'expansion de la Supply Chain qui rend les différentes problématiques de plus en plus complexes à résoudre.
- Le nombre croissant d'acteurs dans la Supply Chain avec chacun des objectifs différents à prendre en considération dans l'optimisation.
- L'incertitude qui n'est plus considérée comme une extension du modèle déterministe mais qui fait désormais partie intégrante des données du problème.

Nous allons développer un bref état de l'art de ces quatre problématiques majeures dans les quatre sections suivantes. A la fin de chaque section, nous allons positionner nos recherches par rapport à ces problématiques.

## 2 Performance multicritère de la Supply Chain

Dans les années 90, deux entreprises se sont distinguées en restructurant leur Supply Chain : Dell en adoptant un mode ATO (Assemble To Order) pour limiter les stocks et offrir une large variété produits aux clients, et Zara en améliorant la réactivité de sa Supply Chain pour répondre au mieux aux exigences des clients et coller au plus près des tendances du marché. Ces deux exemples montrent qu'une Supply Chain performante ne peut qu'améliorer la performance globale de l'entreprise. Dans cet esprit, (Li et al., 2006) mènent une étude empirique auprès de 200 entreprises environ afin de faire le lien entre des pratiques Supply Chain et la performance de l'entreprise. Les auteurs s'intéressent à cinq pratiques, à savoir les partenariats stratégiques avec les fournisseurs, la relation clients, le niveau de partage d'information, la qualité de l'information partagée et la différenciation retardée. Ils démontrent que ces pratiques de la Supply Chain renforcent l'avantage concurrentiel dans ces entreprises et améliorent leurs performances organisationnelles.

Deux questions fondamentales émergent de ces travaux sur la performance : qu'est-ce qu'une Supply Chain performante ? Quels indicateurs pour mesurer cette performance ?

### 2.1 Qu'est-ce qu'une Supply Chain performante ?

On a longtemps considéré la performance d'une Supply Chain du point de vue purement économique : une Supply Chain performante assure un certain niveau de service au moindre coût. La plupart des articles modélise cette performance sous forme d'une fonction mono-objectif représentée par une somme de coûts qu'on cherche à optimiser. Dans une problématique opérationnelle comme la gestion de stocks par exemple, ces coûts peuvent être des coûts d'acquisition, de stockage, de passation de commande, ou encore de rupture. Dans une problématique plus stratégique comme celle de localisation d'entrepôts, on retrouve des coûts d'infrastructure, des coûts de transport, etc.

Plusieurs auteurs ont intégré d'autres éléments de la performance. (Vanteddu et al., 2007) par exemple confirment que la réactivité de la Supply Chain peut être plus importante que le coût dans le cas des produits à courte durée de vie. (Ketchen et al., 2008) proposent une approche plus élargie qui prend en compte non seulement le coût, mais aussi la rapidité, la qualité et la flexibilité. Les auteurs considèrent ces quatre composants comme les éléments majeurs de la création de valeur pour le client final et estiment que pour les optimiser, la Supply Chain doit posséder trois atouts :

- Être agile et avoir la capacité de répondre rapidement aux changements qui peuvent affecter la production et/ou la demande ;
- Avoir une faculté d'adaptation afin de pouvoir se réorganiser si nécessaire ;
- Aligner les différents acteurs de la Supply Chain autour d'un objectif commun.

Le Supply Chain Council<sup>2</sup> quant à lui fournit cinq caractéristiques de la performance de la Supply Chain :

- La fiabilité qui correspond à la capacité de délivrer de façon correcte le bon produit, à la bonne place, en temps voulu, dans les conditions d'emballages requis, en quantité, en documentation et au bon client,
- La réactivité ayant pour but de fournir avec vélocité les produits à chaque client,
- La flexibilité permettant de répondre aux divers changements environnementaux,

<sup>2</sup> Le Supply Chain Council (SCC) est une organisation indépendante à but non lucratif qui a vu le jour en 1996. Elle a entre autres développé le célèbre modèle SCOR qui constitue de nos jours le modèle de référence pour la supply chain de centaines d'entreprises. ([http://en.wikipedia.org/wiki/Supply-Chain\\_Council](http://en.wikipedia.org/wiki/Supply-Chain_Council))

- Les coûts qui sont le reflet financier de l'opérationnalisation de la chaîne d'approvisionnement,
- L'efficacité du management des actifs qui a pour objectif de traduire la satisfaction de la demande au travers d'une gestion efficace des actifs fixes et variables de l'organisation.

Par ailleurs, plusieurs facteurs ont fait apparaître la notion de performance environnementale et plus généralement de performance durable s'intéressant à la fois aux performances économique, environnementale et sociale. Le Supply Chain Management a été naturellement associé à cette mutation et on parle de plus en plus de Supply Chain verte et de Supply Chain durable (Figure 5).

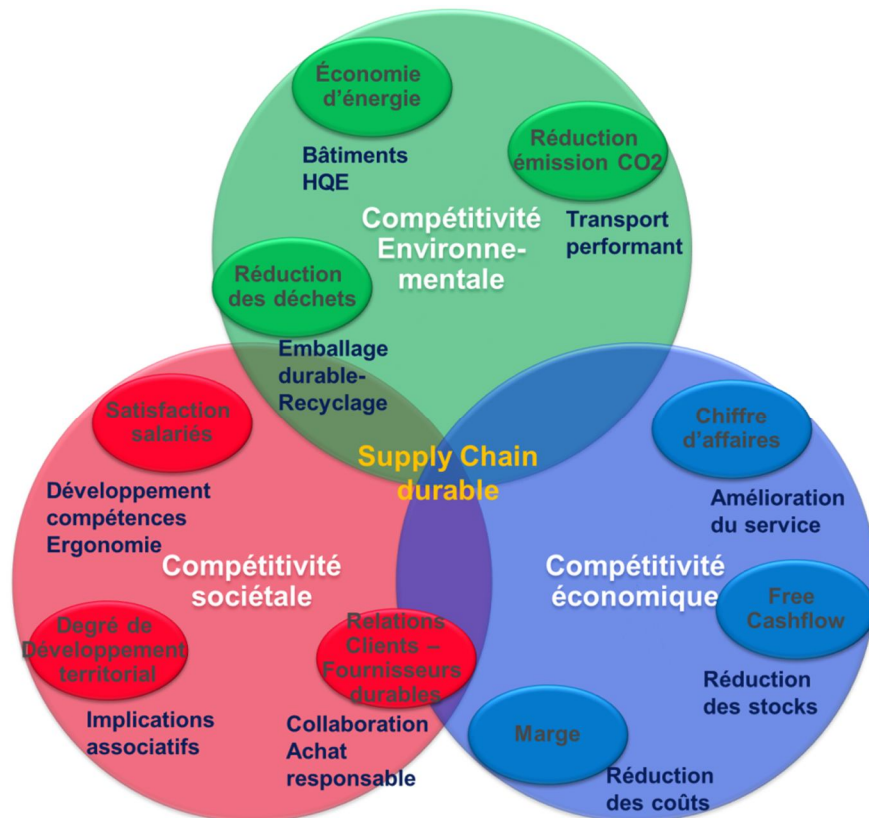


Figure 5 : Les trois piliers du développement durable

Il est intéressant de noter que le développement de pratiques durables peut offrir des opportunités d'amélioration des performances économiques de l'entreprise. (Kumar et al., 2012) montrent l'impact d'une stratégie durable sur les performances des entreprises à travers deux exemples : Coca-Cola et Apple. (Green et al., 2012) étudient l'impact des pratiques Supply Chain durables sur les performances des entreprises. À travers une étude empirique menée auprès de 159 managers, ils établissent des corrélations entre des pratiques comme le management environnemental interne, l'existence d'un système d'information environnemental, les politiques d'achat écologiques, l'éco-conception ou la collaboration avec les clients et les performances environnementales mais aussi opérationnelles et organisationnelles de l'entreprise. Le volet social du développement durable a aussi été abordé par plusieurs auteurs comme (Carter et Easton, 2011) qui proposent un état de l'art sur le sujet. (Seuring et Mueller, 2008) proposent un état de l'art plus large sur le développement durable et soulignent que sur deux cents papiers étudiés, seuls vingt d'entre eux s'intéressent uniquement à l'aspect social et une trentaine regardent à la fois les aspects environnementaux et sociaux.

## 2.2 Quels indicateurs pour mesurer la performance de la Supply Chain?

Dans la revue de littérature faite par (Gunasekaran et Kobu, 2007) sur les systèmes de mesure de la performance, les auteurs donnent différentes classifications de ces indicateurs comme l'horizon de décision (stratégique, tactique et opérationnel) et le maillon de la Supply Chain (approvisionnement, production, distribution...). (Gunasekaran et al., 2001) listent les différents indicateurs trouvés dans la littérature selon les classifications citées ci-dessus. (De Toni et Tonchia, 2001) proposent un travail similaire se basant sur une étude empirique menée auprès de 115 entreprises italiennes.

Les différents organismes et référentiels en SCM se sont aussi penchés sur ce sujet et ont proposé leurs propres systèmes d'indicateurs de performances. L'AFNOR<sup>3</sup> établit une liste de douze indicateurs fondamentaux pour la Supply Chain intégrant des notions de coût, de taux de service, de fiabilité, de flexibilité, d'innovation et de développement durable. Un aspect important lié aux indicateurs de performances est celui de la méthodologie de leur construction. L'AFNOR explicite la démarche qui a conduit à la liste d'indicateurs qu'elle propose. Cette démarche en quatre étapes part des objectifs stratégiques de l'entreprise, identifie les leviers d'action sur lesquels il faut agir pour améliorer les performances de l'entreprise, identifie les variables d'action sur lesquels les acteurs du système peuvent agir et enfin définit des mesures et indicateurs de performances sur ces variables d'action.

Concernant la Supply Chain durable, (Bouchery et al., 2010) soulignent l'inexistence d'une méthodologie formalisée permettant de construire un système d'indicateurs de performances d'une Supply Chain durable. Ils en proposent une dans le cadre d'entreprises de distribution.

### Positionnement de mes travaux de recherche

Mes travaux initiaux ont abordé l'évaluation et/ou l'optimisation des performances de la Supply Chain d'une manière classique : on cherche à minimiser les coûts ou maximiser le profit tout en assurant une qualité de service modélisée soit comme contrainte soit comme pénalité. Mes travaux plus récents intègrent d'autres aspects de la performance, notamment la thèse de Yann Bouchery, soutenue en 2012, qui s'intéresse à la Supply Chain durable. Le premier apport de cette thèse est de proposer une méthodologie de construction d'indicateurs de performance pour intégrer l'aspect environnemental et sociétal dans l'évaluation de la performance d'une SC. La deuxième partie de cette thèse, revisite quelques modèles classiques de pilotage de flux afin de prendre en considération les critères du développement durable et de répondre à des problématiques courantes comme l'intérêt d'investir dans des technologies vertes ou l'impact environnemental de la collaboration dans la Supply Chain.

Une deuxième réflexion initiée par les partenaires de la Chaire Supply Chain sur la mesure et l'animation de la performance de la Supply Chain a permis le lancement de la thèse de Siham Lakri en 2011. L'objectif est de répondre à des questions comme : qu'est-ce qu'une Supply Chain performante ? Quelle relation entre la performance de la Supply Chain et la performance de l'entreprise ? Quels indicateurs de performance pour la Supply Chain ? Comment anime-t-on la performance de la SC ? Un premier travail de benchmark d'une dizaine d'entreprises a permis d'identifier les éléments pouvant impacter la performance de la Supply Chain.

Ces deux travaux sont en cours et s'insèrent dans une réflexion plus globale sur mes ambitions en recherche à moyen terme. Elles seront donc abordées à nouveau dans le chapitre 5 consacré à mes perspectives de recherche.

---

<sup>3</sup> AFNOR FD X50-605, 2008. Management de la logistique - Performance logistique : de la stratégie aux indicateurs - Approche générale.

### 3 Expansion multidimensionnelle de la Supply Chain

L'évolution du paysage économique et industriel de ces dernières décennies pousse les entreprises à explorer différents leviers de compétitivité. Ceci passe d'abord par la satisfaction d'un client plus exigeant en lui proposant un produit et un service adaptés à ses besoins. En termes de produit ceci se traduit par une offre plus diversifiée et plus personnalisée. En termes de service, l'objectif est de s'adapter au comportement du client en multipliant les canaux de distribution en passant par l'e-commerce, le m-commerce et en lui donnant la possibilité de récupérer son produit à n'importe quel endroit et n'importe quel moment.

En outre, la mondialisation a transformé le paysage des entreprises et a ouvert des possibilités infinies en termes de sources d'approvisionnement, de nouveaux marchés et de moyens de production alternatifs. Les réseaux logistiques deviennent donc plus complexes et plus étendus dans l'espace, certains couvrant plusieurs continents.

Par ailleurs, la concurrence accrue oblige les entreprises à repenser leur Supply Chain afin de gagner en réactivité. Il faut donc être plus efficace en interne en décroissant les silos classiques de l'entreprise (l'approvisionnement, la production ou la distribution), et ce afin de donner à chacun une vision transversale pilotée par des objectifs globaux. Les nouvelles tendances de la société ont quant à elles poussé les entreprises à développer d'autres fonctions comme le service après-vente ou la logistique inverse.

Enfin, la coordination de l'ensemble de l'entreprise et l'implication de l'ensemble de la chaîne logistique ne peut se faire sans l'élargissement de l'horizon de prise de décision de l'horizon opérationnel vers l'horizon tactique voire stratégique (décisions d'investissement, partenariats stratégiques avec les fournisseurs,...).

Pour résumer, ces différents constats montrent que les Supply Chains sont en train de se transformer et vivent une expansion multidimensionnelle comme le souligne (Gallois, 2012). Pour ma part, je considère que cette expansion se fait sur cinq dimensions :

- Expansion au niveau du produit qui devient de plus en plus personnalisé et avec des cycles de vie de plus en plus courts ;
- Expansion de la structure du réseau logistique avec une distribution multicanal et un transport multimodal.
- Expansion spatiale de la Supply Chain qui s'étend dans un espace géographique de plus en plus étendu ;
- Expansion du périmètre de la fonction en intégrant de nouvelles activités comme la logistique inverse ou en interagissant plus étroitement avec d'autres fonctions de l'entreprise comme le service après-vente ;
- Expansion temporelle dans le sens où les entreprises essayent d'avoir une visibilité sur un horizon de plus en plus lointain afin de pouvoir réagir efficacement.

La littérature est très vaste sur ces différents sujets et son exploration sort du cadre de ce mémoire. Je me focaliserai donc sur quelques éléments de cette littérature qui sont en relation avec mes recherches.

### 3.1 Expansion au niveau du produit

Afin de se différencier de la concurrence et attirer un client de plus en plus exigeant, les entreprises sont amenées à proposer une gamme de produits plus diversifiée et renouveler cette offre sur des cycles plus courts. Cette évolution impacte le pilotage de flux au niveau du management de la demande et de la gestion de l'approvisionnement.

Au niveau du management de la demande, le décideur doit prévoir la consommation de produits avec un historique moins fourni voire inexistant. Pour les produits ayant un cycle de vie standard (lancement, croissance, maturité et déclin), les modèles de prévision développés dans la littérature essaient de retracer le cycle de vie de ces produits en modélisant la phase de croissance afin de déterminer le seuil de saturation (consommation maximale) et le temps nécessaire afin d'atteindre ce seuil. Parmi ces modèles, nous pouvons citer le « modèle de diffusion » développé par (Morrison, 1996). Certains produits ont un cycle de vie moins classique avec par exemple des ventes élevées dès la phase de lancement qui décroissent par la suite. (Chern et al., 2010) proposent un modèle adapté à ces produits qui les classe par familles cohérentes en termes de comportement de la demande et des prix, et qui calcule les prévisions par rapport aux ventes moyennes par famille.

Au niveau de la gestion de l'approvisionnement, les politiques de pilotage de flux doivent désormais tenir compte de la durée de vie plus courte des produits et du renouvellement plus fréquent de l'offre. Les travaux de recherche s'intéressent à ces deux volets et développent des modèles de pilotage de flux pour les produits à durée de vie limitée. (Goyal et Giri, 2001) classent ces produits en trois familles : les produits sujets à obsolescence qui perdent de leur valeur au cours du temps comme les produits électroniques ou les multimédias ; les produits sujets à dégradation comme la casse ou la perte de certaines qualités (dégradation de couleur pour certains produits de décoration) et les produits périssables qui perdent leur qualité à partir d'une certaine date qui peut être une date limite de consommation (DLC) ou une date limite d'utilisation optimale (DLUO). Les auteurs présentent les différents modèles développés dans la littérature pour ces trois familles. (Pince et Dekker, 2011) proposent un modèle de pilotage de flux permettant de gérer efficacement la phase de déclin des produits sujets à obsolescence.

Une autre conséquence de la limitation de la durée de vie des produits et du recours de plus en plus à des produits saisonniers ou de collection est la limitation des opportunités de réapprovisionnement. Dans les modèles de pilotage de flux, cet aspect est pris en considération dans le nombre de périodes défini dans le modèle. Le modèle de référence est le modèle mono-période appelé « modèle de vendeur de journaux ». (Khouja, 1999) propose un état de l'art assez exhaustif sur ce modèle et ses différentes variantes. (Qin et al., 2011) complètent cette revue de littérature et évoquent d'autres extensions du modèle. (Karaesmen et al., 2011) soulignent les limitations de la version de base de ce modèle pour l'étude des produits à durée de vie limitée et présentent les alternatives développées dans la littérature. (Lau et Lau, 1997; Lau et Lau, 1998) étudient la possibilité de réapprovisionnement au cours de la saison de vente. (Hillier et Lieberman, 2001) analysent un modèle à deux périodes et donnent la solution optimale dans le cas de demandes indépendantes qui suivent des lois uniformes. (Gurnani et Tang, 1999) considèrent un modèle à deux périodes avec une demande nulle pour la première période mais avec une mise à jour de l'information sur la demande à la fin de la première période.

D'autres travaux se sont intéressés à l'interaction entre les produits lors de l'introduction d'un nouveau produit sur le marché et le retrait de l'ancien produit (Product rollover). (Erhun et al., 2007) proposent une étude qualitative sur le sujet pour l'entreprise Intel et développent un outil d'aide à la décision



pour le choix de la meilleure politique de transition entre les différents produits. (Lim et Tang, 2006) développent un modèle d'optimisation des moments d'introduction et de retrait des produits. (Li et Gao, 2008) montrent l'importance de la coordination entre les acteurs de la Supply Chain pour un remplacement efficace des produits.

## Positionnement de mes travaux de recherche

Dans mes travaux de recherche en pilotage de flux, une attention particulière a été portée sur les évolutions au niveau des produits. La thèse de Chaaben Kouki, soutenue en 2010, a été consacrée par exemple au pilotage de flux des produits à courte durée de vie et a montré l'apport de la modélisation explicite de la durée de vie limitée en pilotage de flux. Un autre aspect a été abordé dans la thèse d'Ali Cheaitou, soutenue en 2007 et faite en collaboration avec Christian van Delft de HEC. Dans cette thèse, nous nous sommes intéressés aux produits à court cycle de vie et nous avons développé des méthodes d'optimisation de politiques de pilotage de flux sur un horizon fini. Nous avons montré dans ce cadre l'apport de différentes stratégies comme l'utilisation d'un autre canal de distribution ou la réservation de capacité chez le fournisseur qui peuvent améliorer les performances de la chaîne logistique. Je citerai enfin, une collaboration avec Zied Babai du BEM de Bordeaux sur le pilotage de flux dans le cas d'une demande intermittente. L'intérêt de cette étude est d'autant plus grand que les entreprises ont tendance à proposer de plus en plus des produits personnalisés donc avec des demandes faibles par référence voir intermittente. Ces trois travaux seront détaillés dans le chapitre 3.

### 3.2 Expansion de la structure

Le nombre de maillons dans un réseau logistique et le nombre d'interconnexions entre ces maillons ne cessent de croître. Cette expansion est la conséquence de plusieurs facteurs :

- L'évolution de l'offre de service afin de s'adapter aux besoins spécifiques du client final en multipliant les canaux de distribution, en passant par l'e-commerce, le m-commerce et en lui donnant la possibilité de récupérer son produit à n'importe quel endroit et n'importe quel moment. (Neslin et Shankar, 2009) présentent un état de l'art sur la distribution multicanal et proposent quelques pistes de recherche à ce sujet. (Schramm-Klein et al., 2011) montrent que la présence de l'entreprise sur plusieurs canaux de distribution est bien perçue par le client et impacte positivement sa fidélité. (Wallace et al., 2009) soulignent l'importance d'aligner les offres entre les différents canaux de distribution et d'exploiter les synergies entre ces canaux.
- Le développement du Global Sourcing accroît le nombre de fournisseurs potentiels ainsi que les maillons intermédiaires de la Supply Chain du fait de l'allongement des distances et le recours au transport multimodal. L'exemple de la distribution des eaux d'Evian illustre bien l'impact du transport multimodal sur la structure du réseau logistique avec des plateformes dédiées aux différents modes de transport utilisés (routier, ferroviaire, fluvial et maritime). (Crainic et kim, 2007) présentent les différentes problématiques pour le transport multimodal et exposent les modèles correspondant. Nous trouvons par exemple le dimensionnement de ports au niveau stratégique et le pilotage des flottes de containers au niveau opérationnel. (Rondinelli et Berry, 2000) soulignent que la performance d'un système multimodal dépend fortement de la coordination entre les différentes parties prenantes.

Plusieurs travaux de recherche se sont intéressés à l'aspect générique de la structure de la chaîne logistique et ont développé des modèles d'optimisation pour les différentes problématiques de la Supply Chain. Au niveau du pilotage de flux multi-échelons dans un environnement incertain, ces

travaux peuvent être répartis en deux classes : les modèles stochastiques et le Guaranteed Service Model (GSM).

- Les modèles stochastiques multi-échelons sont dans la continuité des modèles mono-échelon comme les politiques  $(r, Q)$  ou  $(T, S)$ . (Gumus et Guneri, 2009) proposent une revue de littérature sur ces modèles. Dans cette catégorie, on trouve entre autres l'approche METRIC, proposée par (Axsäter, 2006). Cette dernière consiste à appliquer les formules classiques de pilotage de flux tout en considérant un délai de réapprovisionnement modifié pour chaque étage et ce afin de prendre en compte les probabilités de rupture à l'étage amont.
- Dans les modèles de type GSM, chaque maillon de la Supply Chain garantit, aux maillons aval, un délai fixe de satisfaction de la demande. Ceci suppose que la demande est bornée à chaque échelon et que l'excédent de demande est traité par des méthodes alternatives. L'objectif est de déterminer les délais de réapprovisionnement qui minimisent les coûts de stocks entre les échelons successifs de la Supply Chain. Ce modèle a été formalisé par (Graves et Willems, 2000) et implémenté avec succès dans plusieurs applications industrielles. (Eruguz et al., 2012) présentent un état de l'art exhaustif sur ce modèle et (Graves et al., 2003) montrent les différences entre les deux modèles GSM et stochastique.

### Positionnement de mes travaux de recherche

L'expansion de la structure de la Supply Chain est un sujet de recherche que nous développons actuellement dans le cadre de la thèse de Sena Eruguz, débutée en 2010 et qui s'intéresse au pilotage de flux multi-échelons. Dans cette thèse, nous proposons des extensions au modèle GSM afin de le rapprocher du cadre industriel. Une première extension a permis d'optimiser conjointement la fréquence des réapprovisionnements et les stocks de sécurité. Ce travail sera abordé dans le chapitre 5.

### 3.3 Expansion spatiale

La mondialisation a ouvert des possibilités infinies en termes de sources d'approvisionnement, de nouveaux marchés et de moyens de production alternatifs. Ces sujets ont été largement abordés dans la littérature. (Cagliano et al., 2008) distinguent trois grandes familles : le Global Sourcing, le Global Manufacturing et le Global Distribution. Je m'attarderai uniquement sur la première famille puisque c'est celle qui m'intéresse dans mes recherches. Le lecteur peut se référer à (MacCarthy et Atthirawong, 2003) pour le Global Manufacturing et à (Bello et al., 2004) pour le Global Distribution.

Le Global Sourcing est présenté par (Zeng, 2000) comme une stratégie possible d'approvisionnement, tout comme le Mono-Sourcing, le Multi-Sourcing ou le Sourcing en réseau. (Trent et Monczka, 2005) définissent le Global Sourcing comme « l'intégration et la coordination des besoins d'approvisionnement de toutes les business units, afin de mutualiser des produits, des process, des technologies et des fournisseurs ».

Les problématiques du Global Sourcing peuvent être déclinées sur les différents niveaux de décision. On trouve par exemple au niveau stratégique des problématiques de choix de fournisseurs (Ghodsypour et O'Brien, 2001), de localisation d'entrepôts (Hamad et Fares Gualda, 2008) ou de conception de réseaux de transport (Chang, 2008). Au niveau opérationnel, on traite des problématiques de prévision, de planification de la production ou de pilotage de flux en prenant en compte le transport multimodal, la variabilité des coûts et les coûts indirects. (Meixell et Gargeya, 2005) revisitent les différentes problématiques en Supply Chain et soulignent les spécificités à prendre en considération dans un contexte de Global Sourcing.

(Gereffi et al., 2005) et (Golini et Kalchschmidt, 2011) mettent en exergue l'intérêt du Global Sourcing. (Frear et al., 1992) et (Bozarth et al., 1998) dénombrent les raisons qui poussent les entreprises vers ce choix. Ils citent par exemple les coûts les plus bas en termes de matières premières, de composants ou de produits finis, l'accès à de nouveaux marchés ou à de nouvelles technologies, la recherche d'une meilleure qualité des produits et la disponibilité des ressources.

Plusieurs travaux s'intéressent aux conditions nécessaires pour une mise en place réussie du Global Sourcing. (Hultman et al., 2012) montrent à travers le cas concret de l'entreprise IKEA que les relations entre les différents acteurs ont une grande influence sur une implémentation réussie d'une stratégie de Global Sourcing. (Kusaba et al., 2011) exposent les compétences nécessaires à l'entreprise pour réussir de tels projets. (Hulsmann et al., 2008) soulignent l'importance d'un bon équilibre entre flexibilité et stabilité pour faire du Global Sourcing un avantage concurrentiel.

Comme toute stratégie, le Global Sourcing comporte des risques qui ont été étudiés dans un certain nombre de travaux. Au niveau stratégique, (Dornier et al., 1998) se sont focalisés sur les risques politiques, alors que (Dankbaar, 2007) s'est intéressé plutôt aux coûts d'accès au marché, aux risques accrus sur la propriété intellectuelle ou encore la propriété des sites. Des événements récents comme le volcan Islandais et le Tsunami japonais ont fait émerger d'autres risques qui ont également été étudiés dans la littérature. (Kamann et van Nieulande, 2010) évoquent par exemple les conflits militaires, les épidémies et les catastrophes naturelles. Au niveau opérationnel, les risques les plus couramment cités sont liés aux approvisionnements lointains, aux délais plus longs et au transport multimodal. Ceux-ci engendrent des surcoûts dus à la synchronisation nécessaire du transport, aux frais de douane, aux taxes et aux fluctuations monétaires (Carter et Vickery, 1988; Carter et Vickery, 1989). Selon les cas, d'autres coûts supplémentaires peuvent surgir. (Ruamsook et al., 2007) et (Roth et al., 2008) soulignent par exemple la difficulté de remédier à des problèmes de qualité ou de non-conformité dans le cas d'approvisionnement lointain, étant donné les délais longs de livraison. Une revue de littérature sur les risques du Global Sourcing peut être consultée dans (Christopher et al., 2011).

### Positionnement de mes travaux de recherche

Nous nous sommes intéressés explicitement à la dimension spatiale de l'expansion de la Supply Chain dans la thèse de Thibaut Hubert, soutenue en 2013. L'objectif de cette thèse est de proposer des politiques de pilotage de flux efficaces pour les approvisionnements lointains du groupe PSA. La modélisation fine de l'incertitude prévisionnelle a permis une baisse significative, allant jusqu'à 50%, des niveaux des stocks des pièces approvisionnées en Global Sourcing pour les usines terminales. Ce travail sera développé dans la section 3.1 du chapitre 3.

### 3.4 Expansion du périmètre de la fonction

Traditionnellement, l'entreprise est organisée par fonctions (approvisionnement, production, distribution) qui sont gérées avec des objectifs propres et des outils dédiés. Le Supply Chain Management a permis tout d'abord de décloisonner ces silos et de donner à l'ensemble de l'entreprise une vision transversale pilotée par des objectifs globaux. Le processus S&OP (Sales and Operations Planning) introduit par Oliver Wight dans les années 80 joue un rôle primordial dans cet alignement des objectifs de l'entreprise. (Feng et al., 2010) classifient les travaux sur le processus S&OP en deux catégories : le Supply Chain based S&OP (SC-S&OP) qui intègre les différentes fonctions de l'entreprise (ventes, production, distribution, achats...) et le partially integrated S&OP (SP-S&OP) qui arbitre uniquement entre les ventes et la production. Le Supply Chain Management a permis ensuite d'aller au-delà de cette intégration intra-entreprise et de chercher une performance globale inter-

entreprises qui s'étend des fournisseurs des fournisseurs jusqu'aux clients des clients (Figure 6). (Das et al., 2006) distinguent cinq catégories d'intégration : l'intégration du client, l'intégration de l'information, l'intégration de la logistique et de la distribution, l'intégration du fournisseur et l'intégration des achats.

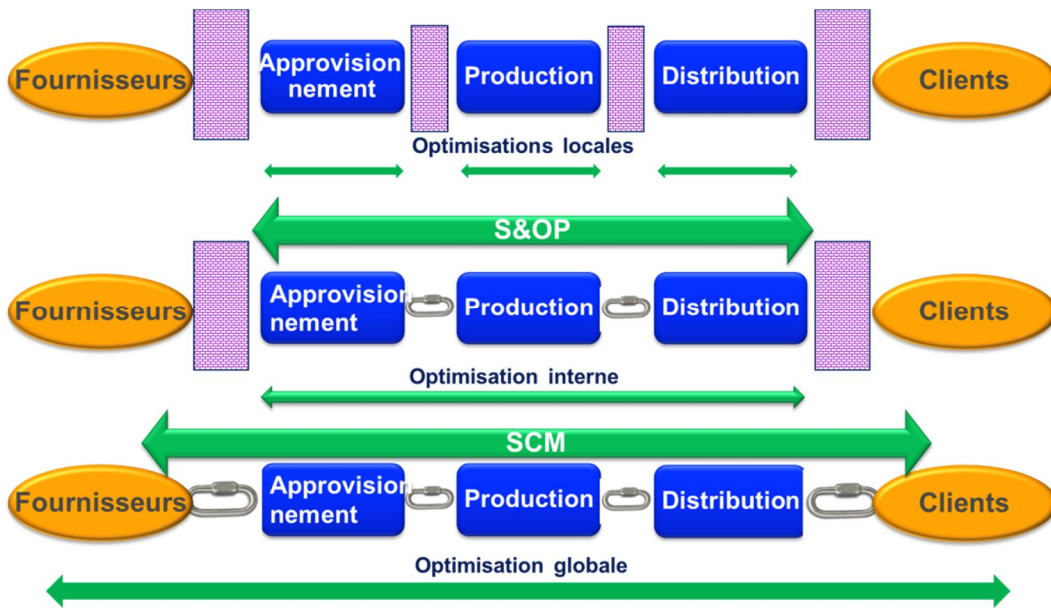


Figure 6 : Evolution vers le Supply Chain Management

L'évolution du contexte économique a impacté le périmètre de la fonction Supply Chain de deux façons. Tout d'abord, les interactions entre la fonction Supply Chain et les autres fonctions de l'entreprise se sont renforcées. De plus et afin de s'adapter aux exigences des clients et/ou des contraintes réglementaires, de nouvelles activités de la fonction Supply Chain, comme la logistique inverse, ont vu le jour (Figure 7).

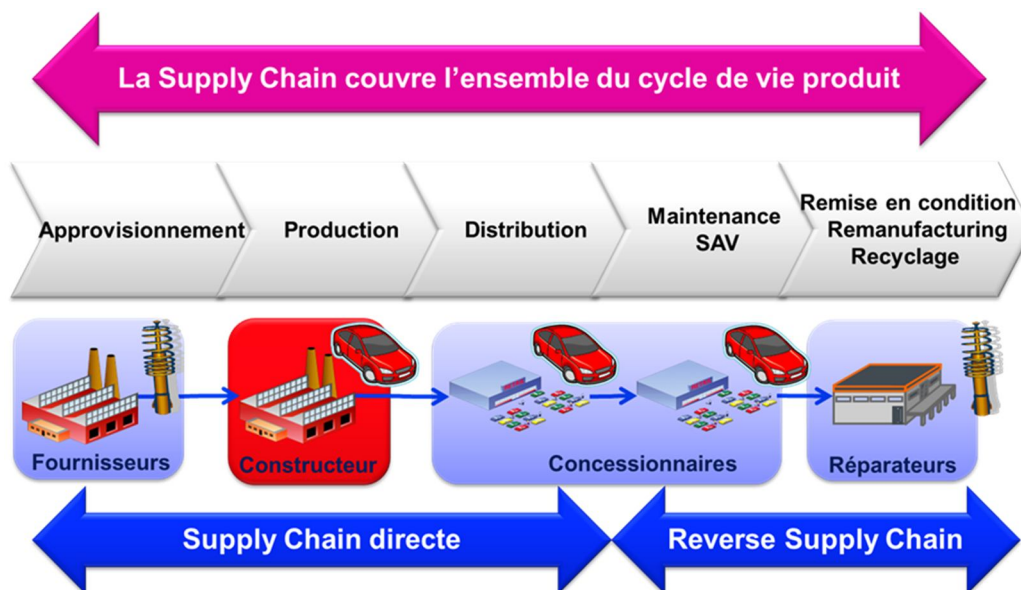


Figure 7 : Périmètre de la fonction Supply Chain

Concernant le premier point, (Thomas et Griffin, 1996) proposent un état de l'art sur les travaux d'intégration de la Supply Chain et les classent en trois grandes familles : l'intégration acheteur-vendeur, l'intégration production-distribution et l'intégration stock-distribution. (Arshinder et al., 2008) proposent une revue de littérature sur le sujet et distinguent la coordination entre la Supply Chain et les autres fonctions de l'entreprise comme la conception, le management des stocks, la prévision et la logistique. Les auteurs s'intéressent aussi à l'intégration au niveau des interfaces de la fonction Supply Chain et distinguent les relations achat-production, production-stockage, production-distribution et distribution-stockage. Plusieurs travaux se sont intéressés à l'impact de l'intégration sur les performances de la Supply Chain. (Germain et al., 2008) montrent par exemple que l'intégration interne augmente considérablement les performances de l'entreprise quand la demande est très variable. (Gimenez et al., 2012) soulignent l'intérêt de l'intégration externe pour l'entreprise quand la Supply Chain est complexe. (Huo, 2012) prouvent à travers une étude menée sur plus de six cents entreprises que l'amélioration des performances de la Supply Chain passe par un alignement de l'intégration interne et de l'intégration externe.

D'autre part, le développement du service après-vente et de l'e-commerce ont généré des flux retours de plus en plus importants que la Supply Chain doit désormais intégrer parmi ses activités. (Lambert et Riopel, 2003) définissent la logistique inverse comme : « Le processus de planification, d'implantation et de contrôle de l'efficience, de la rentabilité des matières premières, des en-cours de production, des produits finis, et l'information pertinente du point d'utilisation jusqu'au point d'origine, dans le but de reprendre ou générer de la valeur ou pour en disposer de la meilleure façon tout en assurant une utilisation efficace et environnementale des ressources mises en œuvre ». Les auteurs proposent le schéma ci-dessous (Figure 8) pour synthétiser les différents composants de la logistique inverse.

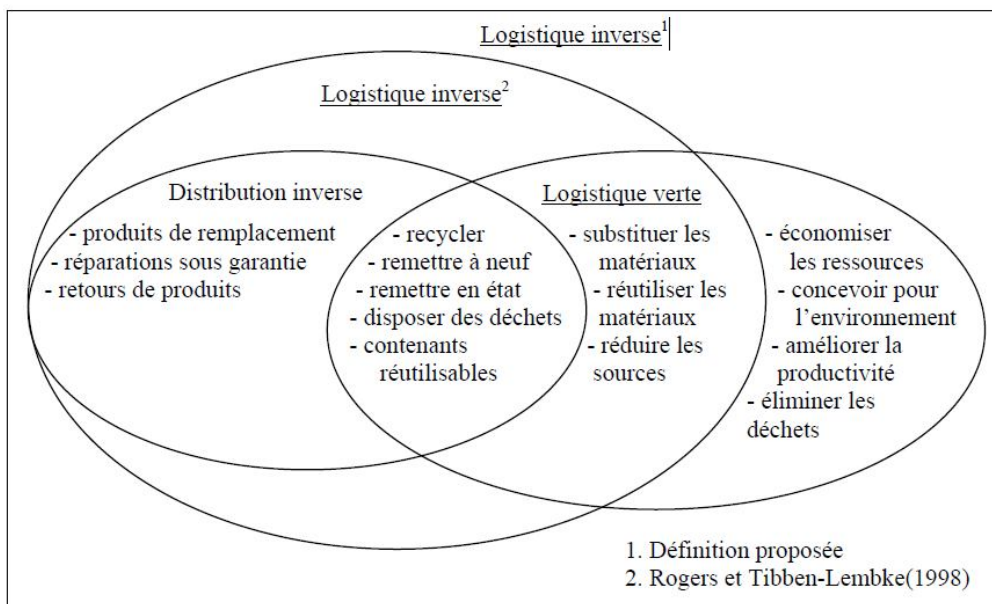


Figure 8 : les composantes de la logistique inverse (extrait de (Lambert et Riopel, 2003))

Les problématiques traitées en logistique inverse peuvent se décliner sur les différents horizons de décision de la Supply Chain. Au niveau stratégique, (Fleischmann et al., 2001) s'intéresse par exemple à la problématique de localisation des sites de retour. Au niveau opérationnel, (De Brito et al., 2002) traitent des problématiques de planification et d'ordonnancement de la collecte des produits à retourner. (Krikke, 1998) s'intéresse à l'organisation des tournées de véhicules pour la collecte de ces

produits. Même si les problématiques traitées en logistique inverse sont similaires à celles de la logistique traditionnelle, plusieurs auteurs dont (Rogers et Tibben-Lembke, 2001) soulignent plusieurs différences entre les deux activités, notamment au niveau des prévisions, de la qualité des produits et des coûts.

### Positionnement de mes travaux de recherche

La thèse de Guillaume Goudenège, soutenue en 2013, nous a permis d'aborder le sujet de l'expansion du périmètre de la fonction. Dans cette thèse, nous développons des modèles génériques d'optimisation de la logistique inverse. Nous nous sommes intéressés en particulier à l'optimisation des flux des contenants réutilisables. Une application industrielle dans le cadre de la Chaire Supply Chain pour l'entreprise Louis Vuitton a permis de démontrer les intérêts économique et environnemental du remplacement des cartons par des bacs plastiques dans la livraison d'un certain nombre de magasins en Europe.

### 3.5 Expansion temporelle

Le modèle SCOR distingue deux niveaux de décision pour le management de la Supply Chain : le niveau tactique qui correspond au processus de planification, et le niveau opérationnel qui concerne les autres processus de l'approvisionnement jusqu'à la logistique inverse. Les différentes évolutions du contexte économique font que le Supply Chain Management a besoin d'une vision plus large qui intègre également le long terme afin de détecter le plus en amont possible les évolutions du marché ainsi que le très court terme afin de gagner en réactivité et en flexibilité. La Figure 9 ci-dessous liste ces 4 niveaux de décision et les sous-sections fournissent plus de détail à travers quelques références bibliographiques sur chaque niveau de décision.

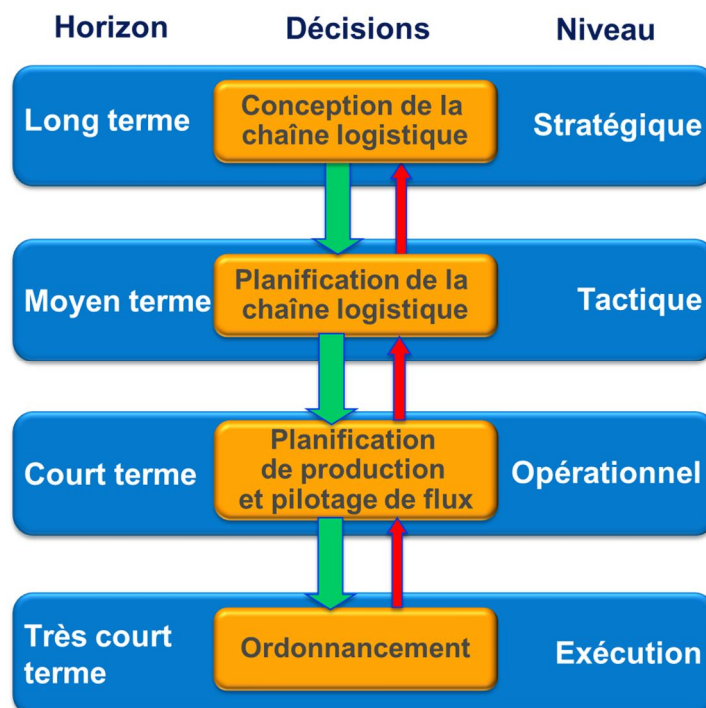


Figure 9 : Niveaux de décision en Supply Chain Management

### 3.5.1 Horizon long terme : Conception de la Supply Chain

Le niveau stratégique, évoqué dans la littérature sous diverses appellations comme le management stratégique de la Supply Chain ou le Supply Chain Design, correspond généralement à un horizon de 3 à 5 ans et peut aller au-delà pour les entreprises dont l'appareil industriel implique des investissements lourds.

(Graves et al., 2003) classent les travaux de conception de la Supply Chain en trois catégories. La première catégorie concerne la conception du réseau logistique avec le choix du nombre, de la localisation et du dimensionnement des différentes entités comme les usines et les plateformes logistiques. (Melo et al., 2009) proposent une revue de littérature bien fournie sur les problèmes de localisation. (Snyder, 2006) intègre la notion d'incertitude à cette problématique qui peut toucher les différents paramètres comme les coûts, la demande ou les délais de livraison. (Owen et Daskin, 1998) évoque la prise en compte de l'aspect dynamique qui inclut l'évolution des différents paramètres dans le cycle de vie de l'entité à localiser.

La deuxième catégorie concerne les travaux sur la conception du produit qui détermine la typologie de la Supply Chain. Je cite par exemple (Swaminathan et al., 2003) qui traitent l'impact de la conception du produit sur les décisions dans la Supply Chain et (Yang et Burns, 2003) qui explicitent l'impact de la différenciation retardée dans la conception des produits sur les différents niveaux de la Supply Chain.

La dernière catégorie concerne la prise en compte d'incertitude dans la phase de conception de la SC. (Bertrand et al., 2003) évoque par exemple les différents leviers pour avoir une SC flexible, comme la flexibilité des différentes entités de la SC ou les mécanismes de contractualisation avec les fournisseurs. (Graves et Willems, 2008) et (Humair et Willems, 2011) traitent de la problématique de localisation du stock de sécurité stratégique.

À cette classification, je rajouterai une dernière catégorie, celle de la sélection des fournisseurs. En effet, cette activité me paraît du ressort de la fonction Supply Chain ou, du moins, elle nécessite une forte implication de cette fonction vu l'impact de cette décision sur les performances de la Supply Chain. Dans cette catégorie, je cite par exemple (Ho et al., 2010) qui proposent une revue de littérature des articles qui ont traité cette problématique avec une approche multicritère.

### 3.5.2 Horizon moyen terme : Planification de la Supply Chain

Le niveau tactique correspond généralement à un horizon de 6 à 18 mois et permet de faire des équilibres entre demande et capacité de production. Ce niveau est souvent au cœur de la fonction Supply Chain puisqu'il comporte l'un des processus majeurs de l'entreprise : le processus S&OP (Sales and Operations Planning). Les deux principaux objectifs du processus S&OP selon (Tavares Thomé et al., 2012) sont (i) l'équilibrage entre l'offre et la demande et (ii) faire le lien entre les plans stratégiques et opérationnels de l'entreprise. Les auteurs proposent une revue de littérature sur le S&OP et classent les travaux étudiés selon le contexte (type d'industrie, pays, agrégation...), les inputs, les processus (meetings, organisation, technologie d'information, indicateurs de performances) et les outputs.

Les travaux qui traitent des problématiques de planification tactique sont nombreux. (Mula et al., 2006) proposent une revue de littérature sur les différents modèles de planification qu'ils classifient en sept classes dont le Supply Chain planning. Les auteurs citent plusieurs travaux sur ce sujet qui utilisent soit des modèles analytiques soit des modèles d'intelligence artificielle. (Chen, 2010) s'intéresse à la planification multi-sites. Il propose un cadre conceptuel pour structurer ces

problématiques selon différents axes comme la structure du produit, la stratégie de production, les différentes contraintes et les indicateurs de performance. Il propose ensuite une application industrielle pour un fabricant d'écrans LCD. Gupta s'intéresse à la même problématique et a publié plusieurs articles sur le sujet comme par exemple (Gupta et Maranas, 2003) qui intègre l'incertitude sur la demande dans les modèles de planification tactique.

### 3.5.3 Horizon court terme : Pilotage de flux dans la Supply Chain

Le niveau de décision opérationnel de la Supply Chain s'étend sur un horizon qui peut aller jusqu'à 6 mois et concerne des problématiques de pilotage de flux. Le rôle du pilotage de flux, comme défini dans plusieurs ouvrages et évoqué par les industriels est de livrer au client le bon produit, au bon endroit, au bon moment et en bonne quantité, tout ceci au moindre coût. Cet objectif est à prendre au sens générique et il faut l'adapter au maillon considéré de la Supply Chain. Les décisions peuvent être ainsi des décisions d'assemblage, de fabrication, de transport, d'emballage, etc. Afin d'atteindre cet objectif, la littérature propose depuis un siècle (le modèle de la quantité économique a été introduit par Harris en 1913) une multitude de modèles permettant de déterminer les politiques appropriées dans différents contextes comme l'approvisionnement, la production et la distribution. Il faut noter que la majeure partie des travaux en pilotage de flux s'intéressent à l'optimisation des flux de matière en supposant que l'information est disponible tout au long de la chaîne logistique et en considérant différents éléments du flux financier comme les coûts et les profits.

(Porteus, 1990) liste les différents paramètres qui caractérisent les modèles de pilotage de flux comme les caractéristiques du produit, les variables de décision, la demande et les différents coûts. (Silver et al., 1998) présentent les modèles les plus courants sur le pilotage de flux qu'ils classifient en fonction de la nature de la demande (déterministe vs stochastique) et donnent les bases pratiques sur les choix des politiques de gestion de stock. (Swaminathan et al., 2003) proposent un état de l'art sur le sujet qu'ils organisent principalement en fonction de l'horizon temporel de la décision (modèles mono-période vs multi-périodes).

D'autres travaux s'intéressent au pilotage de flux dans une maille de la Supply Chain comme l'approvisionnement ou la production. (Lee et al., 1993) développent différents modèles déterministes et stochastiques d'approvisionnement. (Comelli et al., 2008) offrent une revue de littérature intéressante sur les problèmes de planification de la production comme le Capacitated Lot Sizing Problem (CLSP). (Muriel et al., 2003) donnent les principaux résultats sur le pilotage des flux de transport et de distribution. (Babai et Dallery, 2009) mettent l'accent sur l'information disponible, comme la consommation du stock, les prévisions de la demande ou les commandes fermes, pour classifier les différentes politiques. Ces structurations sont à généraliser par la suite au cas multi-produits, multi-échelons et multi-décideurs.

Dans mes cours de pilotage de flux, je présente une classification qui me paraît plus complète et qui distingue trois niveaux comme le montre la Figure 10.



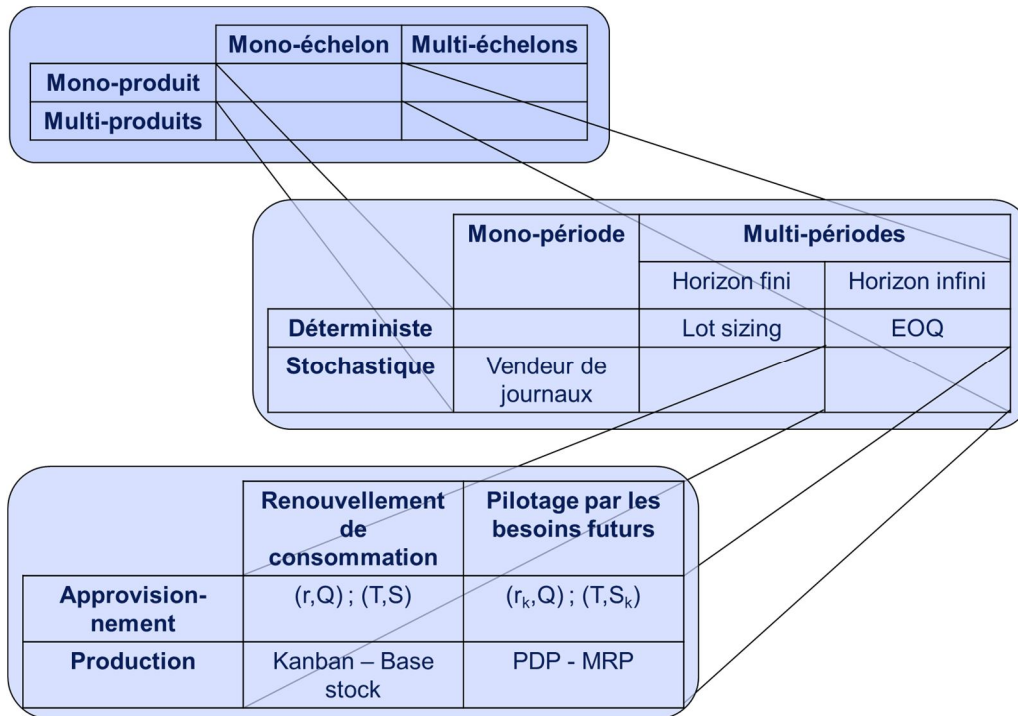


Figure 10 : Classification des politiques de pilotage de flux

### 3.5.4 Horizon très court terme : Ordonnancement de la Supply Chain

Ce niveau concerne les décisions d'exécution comme l'organisation des tournées de véhicules et la préparation des commandes. Plusieurs travaux montrent l'impact de ces décisions d'ordonnancement sur les performances de la Supply Chain. L'ordonnancement est très important par exemple dans les structures logistiques comme les cross-docks afin de réduire le temps de transit. (Gu et al., 2007) traitent les différentes décisions au niveau de l'entrepôt dont les décisions très court terme alors que (de Koster et al., 2007) se focalisent plus sur les décisions de picking. (Boysen et Fliedner, 2010) proposent aussi une classification hiérarchique des différents problèmes liés au cross-docks et fournissent une revue de littérature sur ces différents problèmes et notamment ceux à très court terme comme l'ordonnancement des camions sur les différentes portes en entrée ou en sortie ainsi que les différentes ressources comme celles de scan ou de manutention. (Lee et al., 2006) traitent simultanément les problématiques de réception, transit et expédition dans les cross-docks.

L'ordonnancement conjoint de plusieurs maillons de la Supply Chain est une autre problématique à très court terme qui impacte les performances de la Supply Chain. (Yeung et al., 2011) proposent un modèle d'ordonnancement à deux étages pour des produits à courte durée de vie. Ils s'inspirent de l'industrie de l'habillement et s'intéressent à l'ordonnancement conjoint d'un fabricant et son fournisseur. (Chen, 2010) étudie un modèle d'ordonnancement conjoint production-distribution pour deux classes particuliers : les produits périssables et les produits en MTO. Il propose une classification de la littérature dans ce domaine ainsi que les propriétés et les solutions algorithmiques pour chacune des deux classes.

Soulignons que certains travaux ont intégré et modélisé simultanément plusieurs niveaux de décision. (Sourirajan et al., 2008) par exemple incluent les décisions opérationnelles dans les problèmes de localisation. Ils s'intéressent à la localisation de centres de distribution en minimisant les coûts de location et de stocks de sécurité. Ils modélisent explicitement les délais d'approvisionnement en fonction des flux passant par le centre de distribution. (Shen et Qi, 2007) s'intéressent à un modèle

similaire en incluant les coûts de distribution. (Mendoza et Ventura, 2012) traitent une problématique de sélection de fournisseurs et y intègrent l'allocation des quantités aux différents fournisseurs afin de minimiser les coûts de gestion des stocks.

### Positionnement de mes travaux de recherche

Concernant la dimension temporelle, mes travaux de recherche se situent principalement au niveau opérationnel de pilotage de flux. Néanmoins, l'interaction entre les différents niveaux de décision du Supply Chain Management fait que les décisions prises au niveau opérationnel ont une portée plus globale. Par exemple, lors d'une optimisation d'une politique de pilotage de flux, avec un jeu de paramètres donné, la solution optimale peut suggérer de ne pas garder de stock et de produire à la commande. Ce choix de mode de production fait partie généralement des décisions stratégiques. De même, le fait de suggérer à certains acteurs de la Supply Chain de coordonner leurs décisions est d'un niveau stratégique pour les entreprises concernées même si les décisions seront de nature opérationnelle.

Cet aspect temporel a été traité explicitement dans la thèse en-cours d'Imen Safra, en cotutelle avec l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis. Dans cette thèse, nous montrons l'impact de la coordination des décisions tactiques et opérationnelles sur les performances de la Supply Chain. L'application des modèles développés au sein d'une entreprise de textile nous a conduit à une baisse des coûts de la planification de production et de de la distribution dépassant les 10%. Ce travail sera développé dans le chapitre 5.

## 4 Acteurs multiples dans la Supply Chain

À l'exception de quelques cas où la Supply Chain est totalement intégrée (un seul acteur gère la totalité de la chaîne), la Supply Chain est souvent composée de plusieurs acteurs qui ne font pas partie de la même entreprise. Les décisions sont prises au niveau de chaque entreprise par rapport à des critères locaux et l'optimisation est réalisée, de ce fait, d'une façon concurrentielle, ce qui conduit à une perte d'efficacité pour l'ensemble de la chaîne. Or, l'objectif du Supply Chain Management est de créer de la valeur pour le client final avec des performances optimisées. Afin d'atteindre cet objectif, ces acteurs doivent se coordonner, d'abord en interne entre les différentes fonctions de l'entreprise, ensuite en externe avec les différentes entités de la Supply Chain. (Simatupang et Sridharan, 2002) définissent cette coordination par le fait de faire travailler plusieurs entreprises ensemble afin de créer un avantage concurrentiel et des profits plus élevés qui ne peuvent être atteints en agissant seul.

La majeure partie des auteurs souligne l'importance de cette coordination et certains vont jusqu'à définir le SCM comme la fonction de pilotage de ces interactions comme (Christopher, 2005) qui définit le Supply Chain Management comme « the management of upstream and downstream relationships with suppliers and customers to deliver superior customer value at less cost to the supply chain as a whole. ». (Maloni et Benton, 1997) renforcent ce constat et considèrent que la Supply Chain est composée à la fois des relations entre les différents maillons et de la coordination des différentes opérations entre ces maillons.

Dans la littérature, plusieurs termes sont employés pour parler de coordination. (Botta-Genoulaz et al., 2010) proposent les distinctions suivantes : la coopération pour parler des opérations conjointes, la collaboration pour désigner le fait de travailler ensemble et l'intégration dans le cas où les différentes entités sont gérées comme une entité unique. D'autres auteurs distinguent coordination et intégration en stipulant que lors de la coordination, les décisions sont prises de façon décentralisée du fait que chaque acteur reste décideur dans son propre maillon alors que l'intégration suppose une décision centralisée prise par un seul acteur pour l'ensemble des maillons de la Supply Chain.

(Arshinder et al., 2008) proposent une revue de littérature sur le sujet. Ils dénombrent les bénéfices de la coordination comme l'élimination des excès de stock, la réduction des délais, l'augmentation des ventes ou encore l'amélioration du service client. Une autre revue de littérature faite par (Power, 2005) positionne l'intégration comme le cadre des interactions entre les maillons de la Supply Chain et la définit sur un périmètre allant de la conception des produits jusqu'à la reverse logistics et le recyclage.

Plusieurs études empiriques existent dans la littérature sur l'application de la coordination et les bénéfices apportés aux entreprises concernées. Je cite par exemple le travail de (Ferguson et Ketzenberg, 2006) qui montre l'apport du partage d'information sur la fraîcheur des produits périssables, (Bahinipati et Deshmukh, 2012) qui discutent les mécanismes de collaboration dans l'industrie des semi-conducteurs ou encore l'apport de l'implication des fournisseurs dans l'optimisation des stocks chez Dell (Kapuscinski et al., 2004).

Les travaux sur la coordination ont fait l'objet de plusieurs classifications. La classification la plus adoptée se base sur le positionnement des acteurs dans la Supply Chain et distingue deux grandes branches : la coordination verticale et la coordination horizontale (voir Figure 11 ci-dessous). La coordination verticale appelée aussi coordination Fournisseur-Client concerne l'interaction entre maillons successifs de la Supply Chain. La coordination horizontale appelée aussi coordination multi-clients concerne l'interaction entre maillons du même niveau de la Supply Chain.

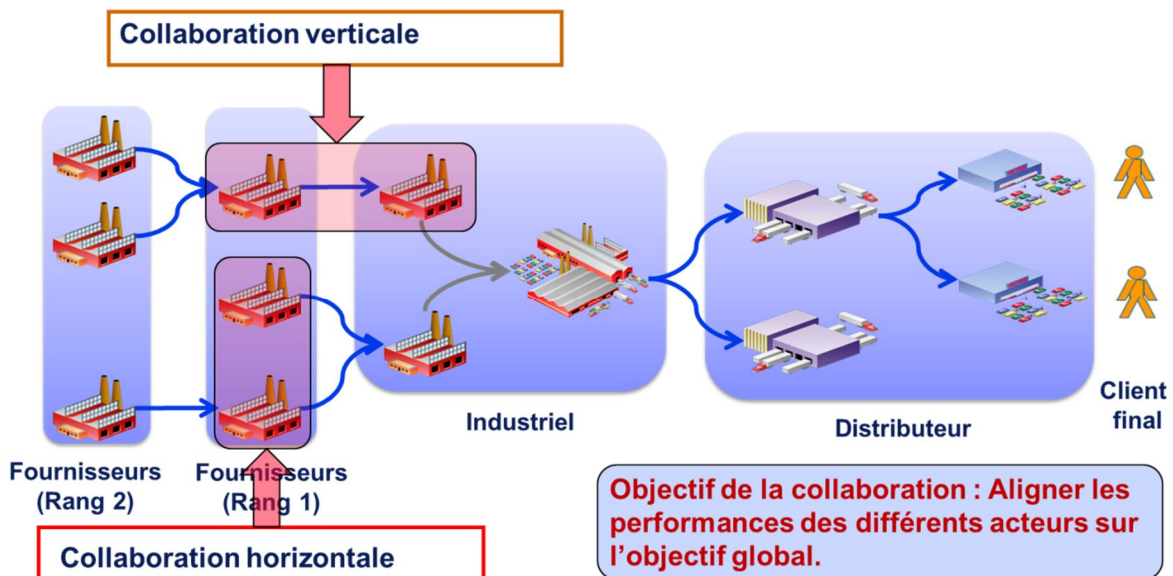


Figure 11 : Les deux types de collaboration en Supply Chain Management

#### 4.1 Coordination verticale de la Supply Chain

La philosophie générale de la coordination verticale s'inspire de l'Efficient Customer Response (ECR) apparu dans les années 90 dans la grande distribution et qui stipule qu'en travaillant ensemble, le fournisseur et le distributeur peuvent mieux servir le client, plus rapidement tout en réduisant les coûts. Le Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment (CPFR), apparu un peu plus tard, donne un cadre de collaboration dans lequel que chaque processus doit être piloté par le maillon le plus compétent à le faire.

La littérature dans ce domaine peut être répartie en deux grandes familles : les travaux s'intéressant aux pratiques collaboratives ou mécanismes de collaboration et les travaux génériques de modélisation et de définition du cadre théorique autour de ces problématiques. Dans la première famille, nous retrouvons des travaux sur le Vendor Managed Inventory (VMI) qui est une technique de gestion de stock dans un contexte de collaboration (pour plus de détails voir (Cetinkaya et Lee, 2000)). La deuxième famille de ces travaux, qui est dans la lignée de mes travaux de recherche, traite ces problématiques de façon générique et se focalise plutôt sur les aspects de modélisation et de quantification de l'apport de la coordination. La structure généralement adoptée dans ces travaux est plutôt liée à l'architecture de la Supply Chain, où on parle de relations de type un fournisseur/un client, un fournisseur/N clients ou N fournisseurs/un client.

(Caldentey et Wein, 2003) s'intéressent à un échelon de production/stockage à deux acteurs où le premier décide de la capacité de production et le second du niveau de stock. (Cachon et Zipkin, 1999) s'intéressent à deux échelons de stockage en série où chaque acteur optimise sa politique de gestion de stock. (Jemai et Karaesmen, 2007) étendent ce travail en rajoutant de la production au premier échelon. (Gupta et Weerawat, 2006) ont étudié deux échelons de production stockage avec une stratégie de fabrication à la commande au deuxième échelon.

(Chen et al., 2001) se sont intéressés à un système de type distribution à un fournisseur et N détaillants. Ils ont traité le cas d'une demande déterministe et ont optimisé la politique de gestion de stock. (Cachon, 2001) traite un modèle similaire avec des politiques (r,Q) et une demande suivant un processus de Poisson. J'ai développé dans (Jemai, 2003) un modèle similaire avec des politiques de

stock nominal. (Bernstein et Federgruen, 2005) traitent le cas multi-détaillants avec comme variables de décision les prix de vente et le niveau de service.

Comme exemple de travaux s'intéressant au cas multi-fournisseurs, nous pouvons citer (Cachon et Zhang, 2006) qui s'intéresse plutôt à la sélection d'un fournisseur alors que, (Benjaafar et al., 2007) et (Cachon et Zhang, 2007) considèrent le cas où le détaillant répartit la demande sur les différents fournisseurs. (Arda et Hennet, 2006) s'intéressent à un problème similaire et optimisent l'affectation des commandes aux différents fournisseurs et le niveau de stock optimal chez le détaillant.

Une bonne partie des travaux cités ci-dessus suivent une partie ou la totalité de la démarche suivante :

- Optimisation du système centralisé ou intégré quand un seul acteur de la Supply Chain gère la totalité de la chaîne.
- Optimisation du système décentralisé où chaque acteur optimise le maillon de la chaîne dont il est responsable.
- Proposition de mécanismes de coordination qui permettent d'obtenir les performances globales de la Supply Chain centralisée, tout en laissant chaque maillon optimiser ses propres performances

Notons que lors de la deuxième phase de cette démarche, les décisions prises par chaque acteur impacte généralement les performances de l'autre acteur. Ainsi, l'optimisation décentralisée nécessite l'utilisation d'outils permettant de prendre en compte cette interaction. (Botta-Genoulaz et al., 2010) présentent une analyse détaillée de ces outils comme la théorie des jeux, l'économie expérimentale, les réseaux de Pétri, la méthode AHP ou la modélisation multi-agents. La théorie des jeux est présentée par plusieurs auteurs comme un outil puissant pour analyser des situations dans lesquelles les décisions prises par chaque acteur affectent les gains des autres. Or la coordination de la Supply Chain s'inscrit bien dans ce cadre, et de ce fait, la théorie des jeux est largement utilisée pour répondre aux différentes problématiques liées à la coordination. (Taratynava, 2009) souligne néanmoins que l'application de la théorie des jeux nécessite l'utilisation d'hypothèses restrictives sur le comportement des acteurs et des outils complémentaires comme l'économie expérimentale permettent de rendre plus robustes les solutions obtenues.

### Positionnement de mes travaux de recherche

La coordination verticale entre les acteurs de la Supply Chain a fait l'objet d'une partie de ma thèse. J'ai également co-encadré plusieurs travaux de recherche et mené quelques collaborations sur le sujet. L'objectif de ces travaux est de quantifier l'effet des décisions décentralisées sur les performances de la Supply Chain et de proposer des mécanismes de coordination permettant à la fois d'améliorer les performances de la Supply Chain et de garantir aux différents acteurs une répartition équitable des bénéfices résultant de la coordination.

La thèse de Yacine Rekik, soutenue en 2006, étudie les erreurs entre le niveau de stock physique et celui affiché dans le système d'information dans un contexte multi-acteurs. Nous avons montré que ces erreurs impactent différemment les acteurs de la Supply Chain de telle sorte que dans certaines configurations, le fournisseur peut être avantagé par la présence de ces erreurs. Un autre travail mené en collaboration avec Nesim Erkim du Kuç University visait à modéliser explicitement l'incertitude sur la capacité du fournisseur dans la collaboration entre fournisseurs et clients. Cette modélisation est plus réaliste dans le sens où un fournisseur livre généralement plusieurs clients et la capacité disponible pour un client donné dépend de la demande globale de l'aval de la Supply Chain. Ces deux sujets seront développés dans le chapitre 4.

Dans mes travaux de recherche sur la coordination verticale, j'utilise la théorie des jeux compétitifs afin de modéliser l'interaction entre les différents acteurs. En annexe A1, je présente une synthèse des notions théoriques de cette théorie dont j'ai besoin dans mes recherches.

## 4.2 Coordination horizontale de la Supply Chain

La coordination horizontale concerne l'interaction entre maillons du même niveau de la Supply Chain dans l'objectif de s'affranchir des actions individuelles et de mener des actions conjointes afin d'améliorer les performances de l'ensemble des acteurs. Notons que dans la collaboration verticale, il est possible que des maillons du même niveau interagissent comme c'est le cas dans l'étude de (Benjaafar et al., 2007). Cependant, cette interaction reste dans un cadre compétitif et l'objectif, pour chaque acteur, est d'optimiser ses performances individuelles. L'enjeu dans la coordination horizontale est différent et les accords entre acteurs sont possibles afin de créer de la valeur ajoutée par rapport à la situation initiale.

Comme pour la coordination verticale, la littérature dans ce domaine peut être répartie en deux grandes familles : les travaux s'intéressant aux pratiques collaboratives ou mécanismes de collaboration et les travaux génériques de modélisation et de définition du cadre théorique autour de ces problématiques.

Les travaux de la première famille se focalisent sur une ou plusieurs pratiques collaboratives. Nous retrouvons des travaux sur la Gestion Mutualisée des Approvisionnements (GMA), le cross-dock, le multi-pick, le multi-drop qui peuvent aller de la simple description du mécanisme et de ses apports jusqu'à l'optimisation des paramètres mis en jeu.

La deuxième famille s'intéresse à l'interaction entre les différents acteurs de la Supply Chain et propose des outils de modélisation de ces interactions et de résolution des problématiques correspondantes. Dans les années 70, plusieurs auteurs ont revisité les différentes problématiques de la recherche opérationnelle en prenant l'hypothèse de plusieurs décideurs avec des objectifs propres. Ce domaine de recherche est appelé « operations research games ». (Borm et al., 2001) proposent une revue de littérature de ces jeux et détaillent cinq classes liées aux problèmes d'optimisation sous-jacents : problèmes de connexion, de tournée, d'ordonnancement, de production et de gestion de stock. Cette liste n'est pas exhaustive et d'autres jeux ont été développés dans la littérature comme le jeu du plus court chemin. Mes travaux de recherche dans ce domaine peuvent être classés dans les jeux de gestion de stock que je détaillerai dans le paragraphe ci-dessous.

Les jeux de gestion de stock ont été introduit par Meca en 1999 même si l'article n'a été publié qu'en 2004 (Meca et al., 2004) Assez naturellement, les premiers travaux sur les jeux de gestion de stock se sont intéressés aux modèles de base en pilotage de flux. Ainsi, (Meca et al., 2004) ont développé la version multi-acteurs du modèle de Wilson (EOQ) où les joueurs coopèrent en regroupant leurs commandes. Ceci leurs permet de réduire leurs coûts de commande en payant ensemble pour une seule commande, ce qui réduit en conséquence leurs coûts de stocks. (Meca et al., 2003) généralisent le travail sur le modèle EOQ en s'intéressant à une problématique EPQ (Economic Production Quantity) avec un taux d'approvisionnement fini (contexte de production) et en intégrant la possibilité de ventes perdues. (Dror et Hartman, 2007) s'intéressent au problème multi-produits et étudient une structure de coût plus complexe avec des coûts de commande à deux composantes : une composante fixe en fonction de la commande passée et une deuxième composante dépendant du nombre de références par commande. Par la suite, (Anily et Haviv, 2007) traitent le même modèle et utilisent une politique de type Power-of-two permettant de réduire la complexité du problème. (Zhang, 2009) reprend cette étude avec une structure de coût plus générale (coûts de commandes modélisés par une fonction sous-

modulaire). (Guardiola et al., 2009) introduisent dans la catégorie des jeux de gestion de stock, le problème de lot sizing où chaque acteur doit planifier sa production afin de répondre, sur un horizon fini, à une demande déterministe et non stationnaire.

On trouve dans la littérature une deuxième famille de ces jeux, appelée jeux de détention de stock (holding games). Ces jeux consistent à étudier l'utilisation d'un espace de stockage commun entre les différents acteurs (pour plus de détails, voir par exemple (Tijs et al., 2005) et (Meca, 2007)).

L'aspect aléatoire a été abordé dans un premier travail mené par (Hartman et al., 2000) sur le modèle du vendeur de journaux où les  $N$  vendeurs passent une commande groupée pour faire face à la demande aléatoire pendant la saison de vente. (Guardiola et al., 2007) s'intéressent à un modèle similaire où le fait de commander conjointement permet de bénéficier d'une remise sur quantité.

Dans la majeure partie de ces travaux, les auteurs évoquent les limitations de ce mode de collaboration entre des acteurs qui sont à l'origine en compétition. Ces travaux s'interrogent sur le type d'informations sur la demande et les différents coûts échangées entre les acteurs. (Meca et al., 2004) proposent même plusieurs versions du jeu étudié en fonction de l'information disponible.

### Positionnement de mes travaux de recherche

La collaboration horizontale entre des acteurs du même niveau de la Supply Chain a fait l'objet de la thèse d'Adel el Omri, soutenue en 2009. Dans cette thèse, nous avons développé une méthodologie de formation de coalitions permettant à la fois d'améliorer les performances du système tout en répartissant équitablement les gains entre les différents acteurs. Ce mode de coordination peut apporter des solutions intéressantes pour les problématiques émergentes de la Supply Chain comme la logistique urbaine ou la distribution multi-canal. Ce travail sera développé dans le chapitre 4.

Dans mes travaux de recherche sur la coordination horizontale, j'utilise la théorie des jeux coopératifs afin d'étudier la stabilité du partage de gain entre les différents acteurs de la chaîne logistique. En annexe A1, je présente une synthèse des notions théoriques de cette théorie dont j'ai besoin dans mes recherches.

## 5 Incertitude accrue le long de la Supply Chain

L'effet Bullwhip décrit par Forrester en 1958, provoqué par l'amplification de l'incertitude de la demande en remontant vers l'amont de la Supply Chain, génère une multitude d'effets néfastes pour la Supply Chain comme le surstock et l'augmentation des ruptures. L'un des éléments de succès du Supply Chain Management, dans les années 90, est d'avoir apporté des solutions pour réduire l'impact de cet effet. Vingt ans après, la prise en compte de l'incertitude dans le Supply Chain Management reste encore l'une des problématiques clés traitées dans de nombreuses publications traitant du risque, de la vulnérabilité, etc.

Cet intérêt pour l'étude de l'incertitude dans la Supply Chain est dû à la multiplication des sources d'incertitude dans la Supply Chain. Cela provient à la fois de la concurrence accrue, de l'évolution du comportement du consommateur, de la mondialisation des Supply Chain qui les rendent vulnérables à tout qui peut se passer dans le monde, etc. Un rapport de (McKinsey, 2008) souligne que le risque constitue l'une des préoccupations principales des Supply Chain Managers. Il donne les facteurs qui impactent le plus leurs choix stratégiques, qui sont l'accroissement de la complexité des produits et des services, l'augmentation du prix de l'énergie et l'augmentation de la volatilité financière.

(Tang, 2006) classifie les risques dans le management de la Supply Chain en deux catégories :

- Le risque opérationnel lié à l'incertitude dans la Supply Chain comme la demande et l'approvisionnement et qui peut être schématisée par le diagramme ci-dessous (Figure 12).

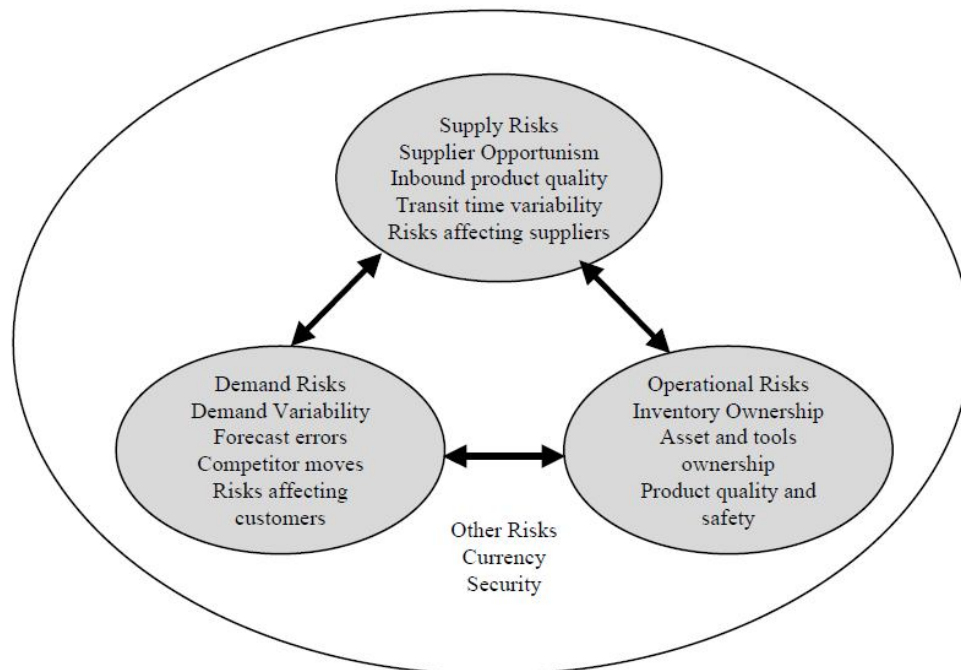


Figure 12 : Les risques opérationnels dans le Supply Chain Management (extrait de (Manuj et Mentzer, 2008))

- Les perturbations qui peuvent toucher la Supply Chain comme les crises économiques, la volatilité des matières premières, les catastrophes naturelles (le volcan islandais, le tsunami japonais,...) qui, du fait de la dépendance de plus en plus forte du tissu industriel mondial, ont des impacts planétaires.



Mes travaux de recherche dans ce domaine concernent plutôt la première catégorie, et le reste de la section sera consacré à une revue de littérature liée à celle-ci. En ce qui concerne la seconde catégorie, le lecteur peut se référer à (Finch, 2004) qui propose une revue de littérature et des études de cas des risques. (Sodhi et al., 2012) fournissent quant à eux une revue de littérature regroupant les deux catégories ainsi que quelques pistes de recherche.

### 5.1 Impact de l'incertitude sur les performances de la Supply Chain

La prise en compte de l'incertitude dans la modélisation de la Supply Chain a fait l'objet d'une multitude de travaux. L'objectif principal de ces travaux est l'optimisation ou l'évaluation des performances des modèles étudiés comme par exemple les modèles stochastiques en pilotage de flux. Néanmoins, quelques travaux se sont intéressés explicitement à l'impact de l'incertitude sur les performances de la Supply Chain. (Acar et al., 2010) par exemple, étudient l'impact de l'incertitude de la demande, de la production et des délais d'approvisionnement sur les différents coûts et les éléments de la qualité de service d'une Supply Chain multi-étages. Ils montrent que l'interdépendance des différents facteurs d'incertitude, couplées à la complexité de la Supply Chain, peuvent conduire à des résultats contre-intuitifs.

### 5.2 Impact de l'incertitude sur les différents processus du Supply Chain Management

Les travaux de recherche ont intégré la notion de l'incertitude dans les différentes problématiques de la Supply Chain à la fois sur les différents horizons de décision (stratégique, tactique, opérationnel) et dans les différents maillons de la Supply Chain (approvisionnement, production, distribution). Certains travaux datent même de quelques dizaines d'années comme ceux sur la gestion de stock avec une demande aléatoire. (Tang, 2006) propose un état de l'art sur le management du risque dans la Supply Chain et répartit les travaux sur une matrice similaire avec d'un côté les décisions stratégiques et tactiques et de l'autre côté, le management de l'approvisionnement, de la production, de la distribution et de l'information.

Certains travaux se sont intéressés à l'étude de problèmes stratégiques avec prise en compte d'incertitude. (Santoso et al., 2005) par exemple traitent une problématique de configuration du réseau logistique et du choix des équipements par nœud de ce réseau. Ils montrent la complexité de ce genre de problématiques et utilisent une technique d'échantillonnage pour réduire le nombre de scénarios possibles.

D'autres se sont focalisés sur des problématiques tactiques, comme (Sodhi et Tang, 2009) qui ont étudié la planification moyen terme en environnement aléatoire et utilisent la programmation stochastique pour modéliser les risques liés à la demande, au surstock et financier (disponibilité de la liquidité). (Mirzapour et al., 2011) traitent un modèle similaire de planification moyen terme avec une incertitude sur la demande et les coûts et utilisent l'optimisation robuste afin de minimiser les coûts de la Supply Chain et maximiser le taux de service. Une troisième technique, la logique floue, a été utilisée par (Peidro et al., 2010) pour ce type de problème.

Concernant la prise en compte de l'incertitude dans les problématiques opérationnelles du Supply Chain Management, (Dolgui et Prodhon, 2007) proposent un état de l'art des travaux considérant l'incertitude sur la demande et/ou sur le délai d'approvisionnement et citent les différentes techniques utilisées face à ces incertitudes. (Fildes et Kingsman, 2011) présentent une étude intéressante sur les effets de l'incertitude de la demande et de l'erreur de prévision sur les coûts et la qualité de service

dans la Supply Chain. Ils montrent par exemple que les techniques de lot sizing les plus performantes dans un environnement déterministe ne le sont pas dans un environnement stochastique.

### 5.3 Impact de l'incertitude sur la coordination de la Supply Chain

La majeure partie des travaux de recherche sur la coordination intègrent l'incertitude dans leur modélisation. Dans sa revue de littérature sur les contrats de coordination, (Cachon, 2003) considère le modèle de vendeur de journaux avec une demande aléatoire ; de même, dans (Jemai et al., 2010), nous intégrons l'incertitude sur la capacité du fournisseur dans un modèle de vendeur de journaux à deux acteurs.

Néanmoins, quelques travaux étudient explicitement l'impact de l'incertitude sur la coordination de la Supply Chain. (Hua et al., 2006) s'intéressent à la collaboration verticale entre un fournisseur et un détaillant et modélisent explicitement la variabilité de la demande. Ils montrent que la coordination de la Supply Chain par certains contrats classiques est conditionnée par la valeur de la variabilité de la demande. Dans le même esprit, (Feng et Viswanathan, 2007) s'intéressent au cas un fournisseur et n vendeurs et montrent que l'utilisation d'un temps de cycle commun, efficace dans le cas déterministe, n'est pas toujours bénéfique quand l'incertitude sur la demande est élevée.

(Rojas et Frein, 2008) proposent une analyse quantitative sur l'influence de la coordination de la Supply Chain pour différents niveaux d'incertitudes sur la demande. Ils s'intéressent à deux mécanismes de coordination : partage de l'information sur la demande et sur les décisions prises par les acteurs. Les auteurs montrent que la coordination est plus intéressante quand l'incertitude est forte.

Une problématique différente est traitée par (Kwak et Gavirneni, 2011). Les auteurs s'intéressent aux choix de politiques de pilotage de flux par les acteurs de la Supply Chain et montrent qu'une politique optimale pour un détaillant créant une forte variabilité chez le fournisseur peut être néfaste pour les performances de la Supply Chain par rapport à d'autres politiques non optimales mais générant moins de variabilité.

### 5.4 Quelles solutions pour réduire l'effet de l'incertitude dans la Supply Chain ?

(Datta et Christopher, 2011) présentent une revue de littérature sur les pratiques existantes pour manager l'incertitude dans la Supply Chain. Ils citent par exemple l'agilité, le partage d'information, l'intégration et la flexibilité.

Plusieurs travaux de recherche présentent la flexibilité comme une réponse plausible à l'incertitude de la Supply Chain. (Merschmann et Thonemann, 2011) montrent, à travers une étude empirique sur des entreprises allemandes, l'impact de la flexibilité sur les performances de l'entreprise. (Schutz et Tomasgard, 2011) ont fait une étude sur l'impact de la flexibilité (en volume, en livraison et sur les décisions opérationnelles) sur la planification. En se basant sur des données réelles d'une entreprise norvégienne, issues de l'historique et des méthodes de prévisions, ils ont testé différents techniques de planification et ont étudié l'impact de la flexibilité sur la qualité des plannings obtenus en termes de coûts (production, stockage, distribution). (Moon et al., 2012) s'intéressent à la mesure de la flexibilité et proposent une étude empirique faite auprès de plus de 200 entreprises de textile. Cette mesure est construite par l'affectation d'un poids aux différents éléments de la flexibilité identifiés par un groupe d'experts.

## 5.5 Quels outils pour modéliser l'incertitude ?

Une multitude d'outils ont été mobilisés dans la littérature pour modéliser l'incertitude dans la Supply Chain. (Peidro et al., 2009) distinguent quatre approches de modélisation dans les travaux sur le Supply Chain Management : l'approche analytique, l'intelligence artificielle, la simulation et les modèles hybrides. (Mula et al., 2006) présentent aussi une classification des différents modèles qui s'intéressent à l'incertitude et les répartissent en quatre grandes familles : modèles conceptuels, modèles d'intelligence artificielle, modèles analytiques et modèles de simulation. Ils s'intéressent par la suite aux modèles de planification court-moyen terme et citent les méthodes utilisées afin de résoudre ces problématiques. (Mula et al., 2010) s'attaquent à la problématique de planification de la production et du transport et se focalisent sur les modèles mathématiques comme la programmation linéaire et la programmation stochastique.

### Positionnement de mes travaux de recherche

Du fait de l'importance de l'incertitude dans le management de la Supply Chain, la majeure partie de mes travaux de recherche cités ci-dessus intègrent la modélisation explicite de l'incertitude dans les problématiques traitées et mesurent son impact sur les performances de la Supply Chain. J'ai principalement utilisé des méthodes analytiques comme les processus stochastiques pour la gestion de stock des produits à durée de vie limitée et la programmation dynamique stochastique pour le pilotage de flux multi-périodes. J'ai également eu recours à la simulation à événements discrets dans certains cas.

Je citerai néanmoins un travail en cours qui est la thèse de Yueru Zhong qui a débuté en 2011 et qui s'intéresse à une autre facette de l'incertitude en Supply Chain. Cette thèse a été proposée dans le cadre de la Chaire Supply Chain et a pour objectif d'étudier les leviers de la flexibilité face à l'incertitude dans les différents maillons de la Supply Chain et leur impact sur les performances de l'entreprise. Cette thèse sera abordée dans le chapitre 5.

# Chapitre 3 : Mes contributions pour une Supply Chain plus étendue

---

Comme mentionné au chapitre 2, les mutations économiques et sociales poussent les entreprises à gérer une expansion multidimensionnelle de la Supply Chain, d'où un besoin en méthodes et outils permettant d'intégrer au mieux ces expansions. Rappelons les cinq dimensions de cette expansion :

- Expansion au niveau du produit
- Expansion de la structure du réseau logistique
- Expansion spatiale
- Expansion du périmètre de la fonction
- Expansion temporelle

Plusieurs de mes travaux de recherche ont pour objectif d'intégrer ces évolutions. La thèse de Thibaut Hubert, qui sera détaillée dans la section 3.1, s'intéresse à l'expansion géographique et a pour objectif de proposer des politiques de pilotage de flux adaptées aux approvisionnements lointains. La modélisation fine de l'incertitude prévisionnelle a permis une baisse significative, allant jusqu'à 50%, des niveaux de stock des pièces en approvisionnement lointain pour les usines terminales de PSA. L'expansion au niveau du produit sera abordée dans les sections 3.2 et 3.3. Dans la section 3.2, nous prenons en considération la durée de vie limitée des produits en pilotage de flux comme les produits périssables ou les produits sujets à obsolescence. Dans la section 3.3, nous proposons un algorithme d'optimisation des politiques de pilotage de flux dans le cas des demandes intermittentes. Dans la section 3.4, nous exposons des méthodes d'optimisation de politiques de pilotage de flux sur un horizon fini à deux périodes. Ce type de modèle est applicable pour des produits avec une saison de vente courte et/ou un délai d'approvisionnement.

Les différentes sections seront structurées comme suit :

- Motivations et synthèse bibliographique
- Le modèle que nous proposons et les résultats obtenus
- Conclusion et perspectives à court terme du travail présenté

Le principal apport de ces travaux peut être résumé en deux points :

- Le développement de méthodes analytiques de calculs des paramètres optimaux des politiques de pilotage de flux dans des contextes spécifiques comme la demande intermittente ou les produits périssables. L'utilisation des modèles stochastiques était de grande utilité pour la formalisation analytique de certains résultats ;
- La proposition de méthodes applicables et faciles à implémenter dans un contexte industriel comme dans le cas du pilotage de flux avec approvisionnement lointain ou celui d'une demande intermittente.

## 1 Proposition d'une politique de pilotage des flux adaptée au contexte d'approvisionnement lointain

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse en cours de Thibault Hubert, soutenue en janvier 2013. Cette thèse est financée par la Chaire Supply Chain composée de cinq partenaires industriels Carrefour, Danone, Louis Vuitton, PSA et Vallourec.

### 1.1 Motivations et synthèse bibliographique

Dans un contexte de Global Sourcing, les entreprises sont de plus en plus amenées à gérer leurs approvisionnements au niveau mondial. Ceci implique des délais plus longs, des fluctuations monétaires et des coûts supplémentaires. Face à une telle situation, plusieurs questions peuvent être posées au niveau opérationnel des décisions: comment tenir compte de ces facteurs ? Les politiques classiques de pilotage de flux restent-elles valables ? Comment optimiser leurs paramètres ?

La littérature sur les problématiques du niveau opérationnel n'est pas très abondante comme le souligne (Nassimbeni, 2001). L'objectif de ces travaux est d'adapter les modèles classiques de pilotage de flux en intégrant certaines spécificités du Global Sourcing comme les risques et les coûts. (Callioni et al., 2005) passent en revue les différents composantes des coûts de stocks et montrent l'impact de l'approvisionnement lointain sur ces composantes. (Zeng et Rossetti, 2003) se focalisent sur les coûts logistiques en approvisionnement lointain et proposent une méthodologie pour évaluer correctement ces coûts. (Holweg et al., 2011) proposent une modélisation assez fine des différents coûts intervenant en approvisionnement lointain. D'autres travaux signalent l'importance des incertitudes en Global Sourcing et développent des modèles sur les incertitudes du délai d'approvisionnement et les possibilités de cross-over entre les commandes (voir par exemple (Robinson et al., 2001)). (Carter et Vickery, 1988; Carter et Vickery, 1989) s'intéressent aux incertitudes liées aux taux de change. L'importance des stocks dans l'optimisation du Global Sourcing a été aussi soulignée dans plusieurs travaux comme (Minner, 2003) et (Golini et Kalchschmidt, 2011). Ces auteurs insistent sur la nécessité de bien dimensionner ces stocks pour couvrir les incertitudes tout en contrôlant les coûts engendrés.

La problématique traitée dans ce travail est proposée par l'entreprise PSA et s'inscrit dans le cadre d'un dimensionnement optimal des stocks en approvisionnement lointain (Figure 13). En effet, PSA approvisionne ses usines terminales en pièces venant de fournisseurs répartis dans le monde entier avec des délais d'approvisionnement qui peuvent aller jusqu'à plusieurs semaines. L'objectif est de déterminer les quantités à commander à chaque période afin de satisfaire un objectif de taux de service tout en minimisant les coûts de stocks engendrés.

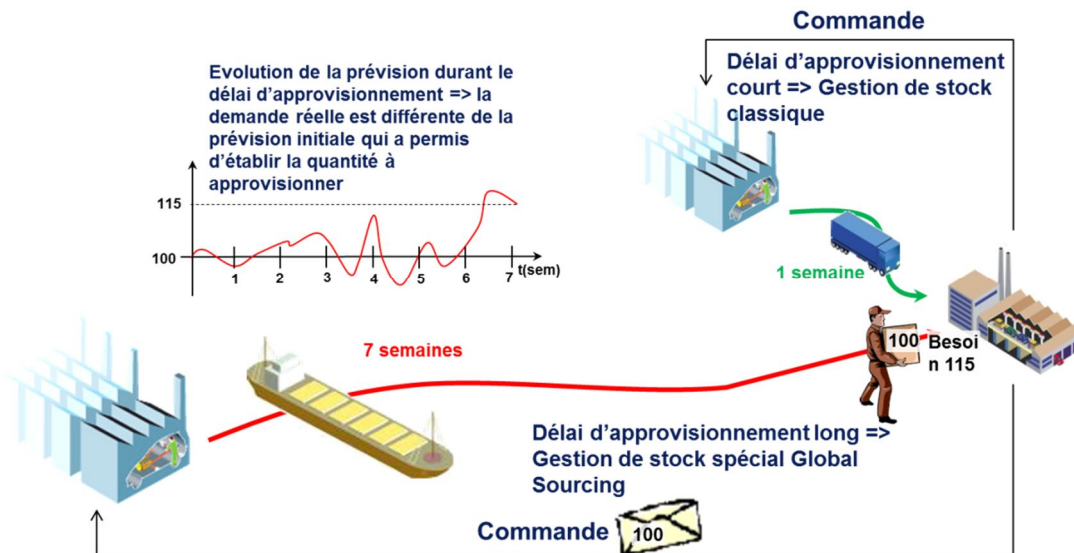


Figure 13 : Description de la problématique de l'approvisionnement lointain de PSA

## 1.2 Notre proposition

À partir de la problématique décrite précédemment, nous proposons une méthode d'optimisation des paramètres de la politique de pilotage de flux qui, par rapport à la littérature (voir par exemple (Babai et Dallery, 2009)) prend en compte deux facteurs supplémentaires importants :

- Traditionnellement, l'incertitude prévisionnelle est considérée soit comme additive soit comme multiplicative et dans les deux cas, elle est modélisée par une loi normale. L'analyse des données réelles de PSA montre que ces deux approximations ne sont pas adaptées. Nous avons donc opté pour une incertitude prévisionnelle mixte modélisée par une loi empirique.
- Les travaux sont orientés vers la distribution, soit avec des délais d'approvisionnement inférieurs au temps de cycle, soit dans un contexte de produits à approvisionnement unique (modèle du vendeur de journaux). Or dans notre cas, PSA passe des commandes hebdomadaires pour des délais de livraison de quelques semaines. Ceci se traduit par plusieurs mises à jour des prévisions en fonction de la consommation durant le délai d'approvisionnement. Nous prenons en compte ces mises à jour dans le calcul des paramètres optimaux.

### 1.2.1 Modèle étudié et notations

Nous considérons une chaîne logistique qui comprend une usine d'assemblage alimentée en pièces par un fournisseur lointain. La chaîne logistique est modélisée par un système de stockage mono-produit et mono-étage. La demande à l'entrée de l'usine d'assemblage est non stationnaire et donnée sous forme de prévisions mises à jour à chaque période. Le délai d'approvisionnement  $L$  est considéré comme constant. Le système est géré par une politique périodique  $(T, S_k)$ . En début de chaque période  $k$  ( $T=1$ ), un niveau de reapprovisionnement  $S_k$  est calculé en fonction des prévisions disponibles. Une quantité  $Q_k$  est alors commandée en fonction de la position du stock  $I_k$  et du niveau de reapprovisionnement  $S_k$ .

Nous considérons les notations ci-dessous :

$L$  : le délai d'approvisionnement supposé constant

$F_{jk}$  : la prévision obtenue en début de période  $k-j$  pour la demande à la période  $k$  ( $j$  varie entre 0 et  $L$ ).

$I_k$  : la position du stock à la fin de la période  $k$

$D_k$  : la demande observée pendant la période  $k$

$S_k$  : la quantité commandée en début de période  $k$  pour une réception en début de période  $k+L$ .

### 1.2.2 Résultats obtenus

L'objectif est de calculer la quantité commandée  $Q_k$  pour chaque période  $k$ . Cette quantité doit respecter le taux de service souhaité tout en minimisant les coûts de stockage. Les calculs s'effectuent en 2 étapes : la caractérisation de l'incertitude prévisionnelle sur l'intervalle de protection ( $T+L$ ) et le calcul du niveau de reapprovisionnement  $S_k$  qui est la résultante d'une position de stock moyen et d'un stock de sécurité.

#### *Caractérisation de l'incertitude prévisionnelle*

L'incertitude prévisionnelle est un élément important dans les calculs des paramètres des politiques de pilotage de flux. Trois approches sont généralement citées (Liu et Sahinidis, 1997) ; (Gupta et Maranas, 2003) : l'approche basée sur les scénarios ; l'approche basée sur la logique floue et l'approche basée sur les distributions de probabilité. Dans ce travail, nous nous focalisons sur la troisième approche, plus adaptée à l'horizon opérationnel du pilotage de flux.

Elle consiste en la détermination des paramètres de la distribution de probabilité de l'incertitude prévisionnelle. Dans la littérature de pilotage de flux, deux erreurs ont été étudiées et modélisées par des distributions de probabilité, principalement la loi normale : l'erreur absolue et l'erreur relative. Ainsi, sur un horizon donné, on calcule, pour chaque période  $k$ , l'incertitude prévisionnelle absolue  $FU_k^A = D_k - F_k$  ou relative  $FU_k^R = \frac{D_k - F_k}{F_k}$ . Ces valeurs sont ensuite modélisées par des lois de probabilité (moyenne, écart-type...) qui servent à l'analyse de la prévision (biaisée ou non, symétrique...).

Cependant, l'analyse des données réelles de PSA concernant l'approvisionnement lointain des pièces a montré quelques limites :

- L'utilisation de ces deux modélisations (absolue ou relative) implique une dispersion importante de la distribution de probabilité. Ceci induit des stocks de sécurité importants. Par ailleurs, l'hypothèse de la normalité de la loi n'est pas nécessairement valide.
- Les usines terminales automobiles ont une fréquence de commande plus élevée que les délais d'approvisionnement ( $T \ll L$ ). Ainsi, pour une commande donnée, plusieurs mises à jour de la prévision de la demande sont disponibles alors que les produits commandés sont toujours en transit.

Pour prendre en considération ces limitations, nous avons développé un modèle mixte de l'incertitude prévisionnelle. L'erreur prévisionnelle de ce modèle peut s'écrire comme suit :

$$FU_k^M = \alpha(D_k - F_k) + \beta \frac{D_k - F_k}{F_k}.$$

L'une des difficultés du modèle mixte est la détermination des paramètres  $\alpha$  et  $\beta$ , puisque par plage de demande, il faut avoir suffisamment de données pour pouvoir caractériser l'incertitude prévisionnelle. La richesse des historiques obtenus de PSA (trois ans d'historique pour une trentaine de références)

nous a permis de remédier à cette difficulté. Nous avons ainsi pu obtenir des indices génériques en fonction de la famille de produit pour pouvoir les appliquer à des références sans historique.

Afin de prendre en considération la mise à jour des prévisions lors du délai d'approvisionnement, nous avons mesuré cette incertitude prévisionnelle pour différents délais de prévision :

$$FU_{jk}^M = \alpha(D_k - F_{jk}) + \beta \frac{D_k - F_{jk}}{F_{jk}}$$

$FU_{jk}^M$  est l'incertitude prévisionnelle des prévisions faites  $j$  périodes à l'avance pour la demande de la période  $k$ . La modélisation de cet aspect temporel nous a permis aussi de caractériser génériquement l'évolution de l'incertitude prévisionnelle en fonction du temps afin de pouvoir l'appliquer aussi pour des références sans historique.

### Calcul des niveaux de reapprovisionnement

La politique périodique  $(T, S_k)$  utilisée est caractérisée par deux paramètres  $T$  et  $S_k$ . Le calcul du temps de cycle  $T$  peut se faire de différentes manières. Généralement,  $T$  est, soit optimisé avec un modèle déterministe tel que le modèle de Wilson, soit imposé par des contraintes calendaires, dues par exemple au fournisseur ou au prestataire logistique.

Le rôle du  $S_k$  est de couvrir la demande pendant l'intervalle de protection qui est égal à  $T+L$ . Il est à noter que cette valeur est correcte dans le cas où cet intervalle est un multiple entier de la période élémentaire de prévision, sinon il faut arrondir à la borne supérieure de  $T+L$ . Ainsi le calcul de  $S_k$  comprend deux composantes. La première composante couvre la demande moyenne pendant cet intervalle de protection. Ceci correspond à la prévision cumulée sur  $T+L$  si la prévision n'est pas biaisée. La deuxième composante sert à couvrir la variabilité en fonction d'un niveau de service objectif et se calcule à partir de l'incertitude prévisionnelle cumulée sur  $T+L$ .

La qualité de service en pilotage de flux peut être calculée de différentes manières en fonction de l'objectif fixé et des informations disponibles. Dans cette étude, nous utilisons le taux de service par cycle (Cycle Service Level, noté  $CSL$ ). Pour une politique  $(T, S_k)$ , il est défini comme la probabilité que la demande pendant l'intervalle de protection ne dépasse pas le niveau de reapprovisionnement. Le niveau de reapprovisionnement optimal dans ce cas ( $S_k^*$ ) est le niveau qui garantit un  $CSL$  supérieur ou égal à un objectif de service fixé  $CSL_0$ .

### 1.2.3 Analyse numérique

Les résultats numériques de ces recherches, menées dans un cadre industriel, sont nombreux. Nous nous focalisons ici sur deux volets qui nous paraissent importants. Le premier concerne la performance intrinsèque de la méthode proposée et le deuxième concerne la comparaison de cette méthode avec celle appliquée par PSA. Pour cela, nous disposons d'un historique de 1000 jours pour une trentaine de références en approvisionnement lointain (de Mercosur vers l'Europe) avec un délai  $L$  égal à 49 jours et un approvisionnement quotidien.

Le graphique 14 ci-dessous présente les résultats obtenus en termes de niveau de stock et de taux de service observé en fonction du taux de service fixé ( $CSL_0$ ) et de l'horizon de prévision utilisé pour le calcul de l'incertitude prévisionnelle que nous avons fait varier entre 21 et 126 jours.



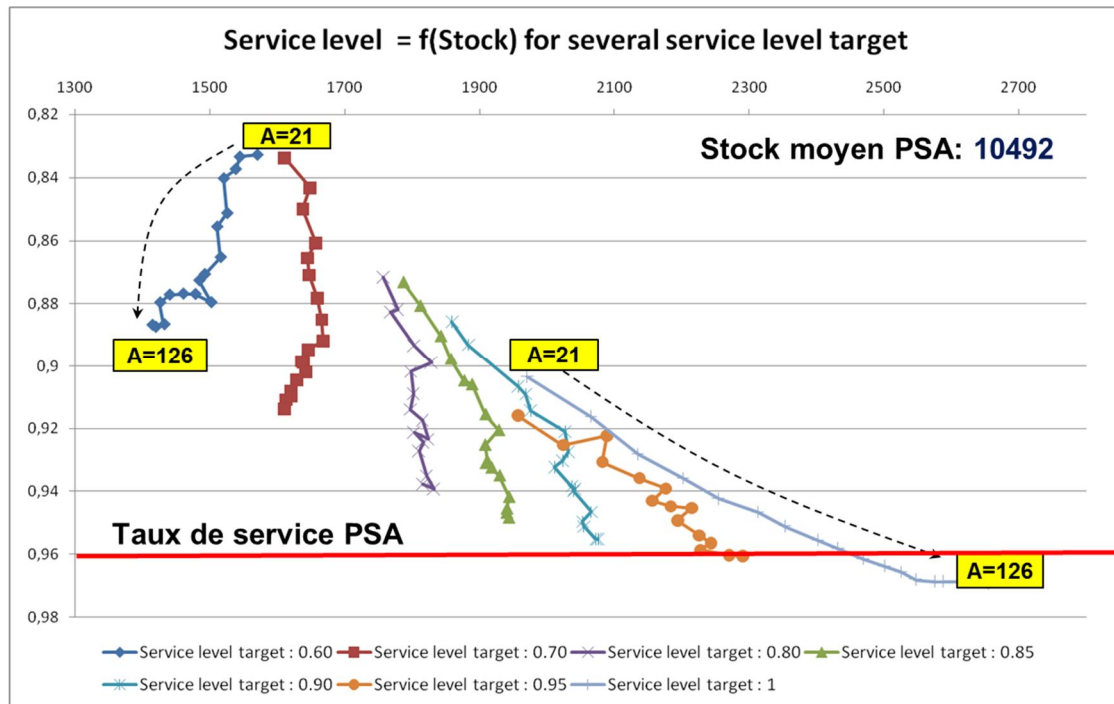


Figure 14 : Illustration des résultats obtenus

Les résultats obtenus ont été comparés, sur les 300 derniers jours de l'historique, à ceux obtenus par la politique de pilotage de flux ( $T, S_k$ ) ainsi que celle utilisée chez PSA. Pour un taux de service de 96% (qui correspond au taux obtenu par PSA), le niveau de stock obtenu par notre méthode est largement inférieur à celui donné par ces politiques. En effet, il ne dépasse pas les 2700 unités alors que la politique ( $T, S_k$ ) donne un stock supérieur à 4500 unités et celle de PSA un stock qui avoisine les 10500 unités.

### 1.3 Conclusion et perspectives

Le travail présenté dans cette section contribue à la recherche en pilotage de flux dans le cas des approvisionnements lointains. La littérature dans ce domaine n'est pas abondante malgré certaines études qui soulignent son importance. Nous avons proposé une méthode d'optimisation des paramètres de la politique de pilotage de flux périodique ( $T, S_k$ ) et nous avons souligné l'impact des hypothèses qui peuvent être considérées sur les performances obtenues. À partir du cas réel du constructeur automobile PSA Peugeot-Citroën, nous avons obtenu, par une modélisation fine du système étudié, des gains considérables en terme de réduction des stocks tout en maintenant un niveau de service objectif.

Ce travail considère la prévision sur la consommation des pièces comme donnée de départ. Une piste intéressante pour PSA est de travailler sur la méthodologie de calcul des prévisions et son influence sur les résultats obtenus. Nous avons proposé une telle méthodologie et nous l'avons mise en place à la fois pour GEFCO (pour prévoir les besoins en transport) et pour PSA (pour la prévision de la demande en pièces de rechange).

Une autre piste de recherche est d'inclure l'incertitude sur le délai d'approvisionnement dont la sécurisation actuelle chez PSA se fait de façon séparée de celle sur l'incertitude de la demande.

## 2 Prise en compte de la péremption des produits en pilotage de flux

Ce travail a été développé dans le cadre de la thèse de Chaaben Kouki, financée par une bourse ministérielle et soutenue en 2010. Cette thèse a fait l'objet d'un article publié dans une revue internationale (Kouki et al., 2010), quatre papiers dans des conférences internationales et un article soumis.

### 2.1 Motivations et synthèse bibliographique

L'une des hypothèses clés en pilotage de flux est que les produits étudiés ont une durée de vie infinie. Or beaucoup de produits comme les produits alimentaires et les produits pharmaceutiques n'obéissent pas à cette règle. (Goyal et Giri, 2001) distinguent 3 familles de produits à durée de vie limitée : les produits sujets à obsolescence qui perdent de leur valeur au cours du temps comme les produits électroniques ou les multimédias ; les produits sujets à dégradation comme la casse ou la perte de certaines qualités (dégradation de couleur pour certains produits de décoration) et les produits périssables qui perdent leur qualité à partir d'une certaine date qui peut être une date limite de consommation (DLC) ou une date limite d'utilisation optimale (DLUO).

L'étude de cette catégorie de produits est intéressante pour deux raisons :

- En 2011, The « Challenge of Food Waste »<sup>4</sup> souligne qu'entre 50 et 60% des ventes dans les supermarchés concernent des produits périssables. L'évolution du paysage économique fait que la proportion des produits à durée de vie limitée ne cesse d'augmenter. Du fait de la mondialisation des flux, des produits à l'origine peu concernés par la péremption comme l'eau le sont de plus en plus. Les produits sujets à dégradation sont aussi dans le même cas et les produits sujets à obsolescence ne dérogent pas à la règle avec le raccourcissement des cycles de vie et le développement de produits de collection.
- La deuxième raison est à la fois économique et éthique. En effet, les chiffres publiés sur les pertes dans ces produits sont impressionnants : (Roberti, 2005) estime que 10% des produits périssables sont jetés avant d'être achetés par le consommateur et (Webb, 2006) reporte qu'aux États Unis ce chiffre atteint 20% pour les fruits et légumes. Dans un autre domaine, le NBCUS (National Blood Collection and Utilization Survey) estime que 4,7% du sang collecté en 2008 a périmé (NBCUS, 2009). L'enjeu est donc très important à la fois pour les entreprises et pour la société où on parle de plus en plus de raréfaction des ressources.

Un dilemme important se présente aux managers en pilotage de flux des produits à durée de vie limitée : comment offrir un taux de service élevé aux consommateurs tout en réduisant les pertes dues à la péremption. Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la troisième famille mentionnée par (Goyal et Giri, 2001) à savoir les produits périssables. Plusieurs chercheurs se sont intéressés à cette problématique et ces travaux se répartissent en deux grandes classes : ceux qui considèrent une durée de vie constante (Fries, 1975) ; (Nahmias, 1975) et ceux qui considèrent une durée de vie stochastique (Kalpakam et Sapna, 1994). Notons que théoriquement la durée de vie de ces produits est aléatoire car elle dépend de plusieurs facteurs externes comme la température, l'humidité, les conditions de stockage et d'utilisation. Cependant, les fabricants, pour des raisons de réglementation et de besoin d'information des consommateurs, sont contraints d'afficher une DLC ou une DLUO sur ces produits. Ils sont donc obligés d'afficher une durée de vie fixe. Une revue de littérature sur ces deux catégories

---

<sup>4</sup> The Challenge of Food Waste is a recent report sponsored by IBM and written by Planet Retail, a leading provider of global retailing market research

de travaux sur les dix dernières années permet de faire ressortir les points suivants ((Karaesmen et al., 2011) et (Bakker et al., 2012)):

- Les premiers travaux se sont intéressés à la détermination de la politique optimale avec une hypothèse de délai d’approvisionnement instantané.
- (Schmidt et Nahmias, 1985) et (Nahmias, 1975) montrent qu’il est impossible de trouver une politique optimale pour un délai d’approvisionnement non nul. Les chercheurs se sont focalisés par la suite sur les politiques usuelles comme  $(r, Q)$  et  $(T, S)$  afin de proposer des procédures de calculs efficaces.
- (Chiu, 1995; Chiu, 1999) propose un des premiers résultats majeurs en pilotage de flux des produits périssables avec une politique  $(r, Q)$ . Il développe une heuristique de calcul des paramètres optimaux et montre par une étude de simulation qu’en moyenne, son heuristique est à moins de 1% du coût optimal. Cependant, l’écart entre les différentes composantes des coûts comme le coût de stockage et le coût de péremption comparées à l’optimum peut être très important (supérieur à 15%).
- Il est possible d’optimiser les paramètres d’une politique quand le délai d’approvisionnement et la durée de vie sont supposés exponentiels en utilisant des processus stochastiques (Kalpakam et Sapna, 1994).

## 2.2 Notre proposition

Dans le travail présenté ci-dessous, nous nous focalisons sur la politique à reapprovisionnement périodique  $(T, S)$  très utilisée en pratique vu sa simplicité et son adaptabilité aux différentes contraintes du monde industriel. (Kalpakam et Sapna, 1994) entre autres utilisent des processus markoviens pour optimiser cette politique dans le cas des produits périssables. Cependant, ces travaux modélisent le délai d’approvisionnement et la durée de vie par des lois exponentielles. Nous étudions le cas d’un délai d’approvisionnement déterministe (qui nous semble plus réaliste) et nous optimisons d’une façon exacte la politique  $(T, S)$  en utilisant un processus semi-markovien (voir Figure 15).

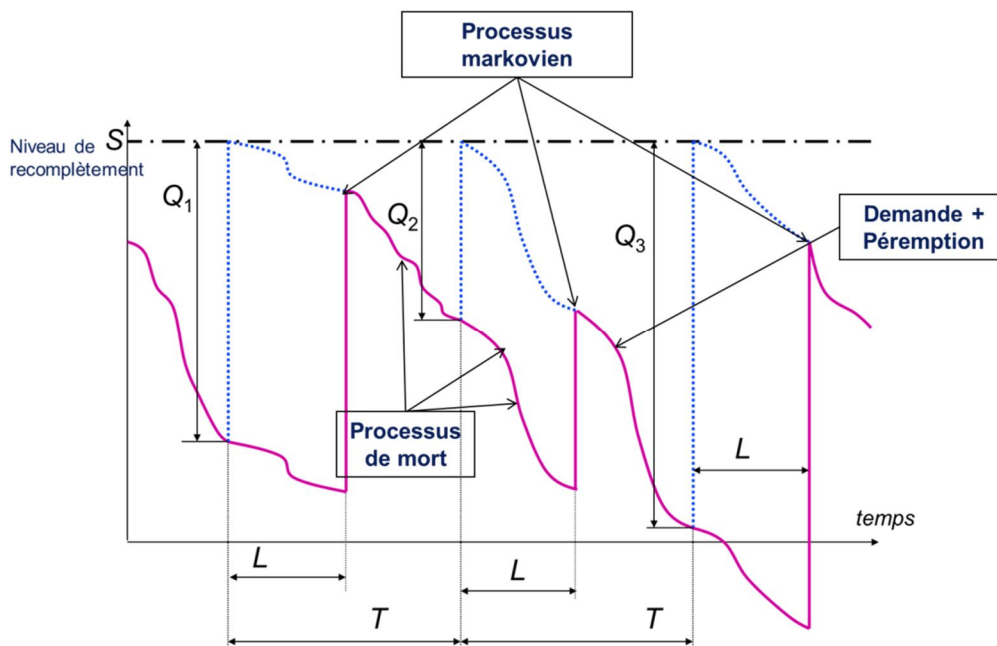


Figure 15 : Modélisation de la politique  $(T, S)$  par les processus stochastiques

### 2.2.1 Modèle étudié et notations

Nous considérons ainsi une durée de vie stochastique modélisée par une loi exponentielle de taux  $\delta$ . Le délai d'approvisionnement est considéré comme constant (égal à  $L$  qui est supposé inférieur à  $T$ ) et le stock est consommé suivant une politique FIFO. La demande est modélisée par une loi de Poisson de taux  $\lambda$ . Nous traitons dans ce travail le cas où les demandes non satisfaites sont perdues et le cas où ces demandes sont mises en attente. Dans ce qui suit, nous détaillons le premier cas.

Les coûts pris en considération sont notés comme suit :

$K$  : coût fixe de commande

$H$  : coût de stock par produit par unité de temps

$C$  : coût d'achat unitaire

$P$  : coût par unité de vente perdue

$W$  : coût de péremption par produit

### 2.2.2 Résultats obtenus

L'objectif est d'optimiser le coût total moyen par unité de temps exprimé comme suit :

$$TC(T, S) = \frac{K}{T} + C(\lambda + E[O] - E[S]) + HE[I] + WE[O] + PE[S] \quad (3.1)$$

avec  $E[I]$  représentant le stock moyen,  $E[S]$  le nombre moyen de demande en attente par unité de temps et  $E[O]$  l'espérance de la quantité périmée par unité de temps.

Afin d'optimiser le coût  $TC(T, S)$ , nous modélisons le système par un processus semi-markovien qui nous permettra de déterminer de façon exacte les paramètres optimaux  $T^*$  et  $S^*$ .

Soit  $I(t)$  le processus qui modélise le niveau de stock à l'instant  $t$  et  $\{n_{T+L}, n \geq 0\}$  les instants successifs d'arrivée des quantités commandées. Nous décomposons  $I(t)$  en deux processus stochastiques :

- $J_n = \{I(nT+L), n \geq 0\}$  est une chaîne de Markov à temps discret et à espace d'états fini  $\{0 \text{ à } S\}$ .
- $J(t) = \{I(t), nT+L \leq t < (n+1)T+L\}$  est un processus de mort pure généralisé avec un taux de transition de l'état  $j$  à l'état  $j-1$  égal à  $\lambda+j\delta$ .

L'expression de la fonction coût  $TC(T, S)$  se fait à partir des probabilités transitoires du processus  $J(t)$  et des probabilités stationnaires du processus  $J_n$ .

En partant des équations de Kolmogorov et après quelques manipulations mathématiques (voir (Kouki, 2010)), nous pouvons écrire les probabilités de transition  $p_{ij}(t)$  du processus  $J(t)$  :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{e^{-(\lambda+i\delta)t} (e^{\delta t} - 1)^{i-j} \prod_{n=j+1}^i (\lambda+n\delta)}{(i-j)! \delta^{i-j}} \text{ si } 0 < j \leq i-1, (i, j) \in \mathbb{N} \\ 1 - \sum_{k=1}^i p_{ik}(t) \text{ si } j = 0, i \in \mathbb{N} \\ 0 \text{ sinon} \end{array} \right. \quad (3.2)$$

Le calcul des probabilités stationnaires du processus  $J_n$  passe par la caractérisation de la matrice de transition. Partant d'un état  $i$  à l'instant  $n_{T+L}$  i.e  $J_n = i$ , le niveau de stock va diminuer (demande + péremption) jusqu'au niveau  $j$  à l'instant  $(n+I)_T$ . On passe alors une commande de  $S-j$  unités qui alimentera le stock à  $(n+I)_{T+L}$ . Entre temps, le niveau de stock continue de diminuer jusqu'à atteindre un niveau  $k$ . Le nouveau cycle débute alors avec un stock  $k+S-j$  (i.e  $J_{n+I}=k+S-j$ ). La probabilité de transition de l'état  $i$  à l'état  $k+S-j$ , notée  $P_{i,k+S-j}$ , se calcule alors à partir de  $p_{ij}(T-L)$  et de  $p_{jk}(L)$ . Les probabilités stationnaires de  $J_n$ , notées  $P(i)$ , sont calculés ensuite numériquement à partir des équations en régime stationnaire d'une chaîne de Markov à temps discret (CMTD).

Le stock moyen est alors obtenu à partir de l'équation ci-dessous :

$$E[I] = \frac{1}{T} \sum_{i=0}^S P(i) \left( \sum_{j=0}^i \int_0^T p_{ij}(t) dt \right) \quad (3.3)$$

La quantité moyenne périmée  $E[O]$  est égale à  $\delta E[I]$ .

L'espérance de la demande perdue est donnée par :

$$E[S] = \frac{\lambda}{T} \sum_{i=0}^S P(i) \left( \int_0^T (\lambda + \delta)(T-t) p_{i1}(t) dt \right) \quad (3.4)$$

L'expression finale du coût moyen par unité de temps  $TC(T,S)$  ne permet pas de prouver analytiquement la convexité de la fonction. Cependant, nous avons vérifié numériquement cette propriété conjointement en  $T$  et en  $S$  pour toutes les instances de données testées dans la partie numérique.

Nous avons ensuite montré la propriété ci-dessous qui permet de restreindre le domaine de recherche de la solution optimale :

**Propriété :**

S'il existe une politique optimale pour un niveau de reapprovisionnement  $S$ , alors  $T^* \leq T_c^*$  avec  $T_c^*$  étant le cycle optimal dans un modèle  $(T,S)$  sans péremption.

**2.2.3 Analyse numérique**

Nous avons mené deux analyses numériques sur la prise en compte de la péremption en pilotage de flux et la considération d'une durée de vie stochastique par rapport à une durée de vie fixe.

Le modèle développé montre tout d'abord que la prise en compte de la péremption dans l'optimisation des politiques de pilotage de flux améliore considérablement les performances du système avec des écarts obtenus jusqu'à 34%. L'un des résultats intéressants de cette comparaison est le comportement de cet écart en fonction du coût de commande  $K$ . En effet, quand  $K$  augmente, l'écart de coût entre une politique avec péremption et une politique sans péremption, augmente jusqu'à un certain seuil puis décroît. Ceci s'explique par le fait que l'augmentation de  $K$  implique un temps de cycle plus long donc une péremption plus forte. Ainsi, à partir d'un certain niveau de péremption, le système privilégie les ventes perdues sur la péremption. La deuxième comparaison montre que la considération d'une durée de vie stochastique améliore les performances du système par rapport à une modélisation avec une durée de vie fixe avec des écarts qui avoisinent les 15% pour certains jeux de données (voir un extrait des résultats dans le Tableau 1). Ce qui est à noter dans ces analyses, en dehors du comportement de l'écart en fonction des différents coûts qui est analogue à celui de la première analyse, c'est l'écart entre les niveaux de reapprovisionnement qui, pour un même temps de cycle  $T$ , est plus élevé dans le cas d'une durée de vie stochastique (il dépasse 20% dans certains scénarii).

Test problem	Cost parameters		Proposed model			Classical model			Percentage difference	
			$T_k$	$S_k$	$TC_k(T_k, S_k)$	$T_c$	$S_c$	$TC_c(T_c, S_c)$	$TC_k(T_c, S_c)$	$TC\%$
	$C = 5, W = 5$	$b$	$K$							
1	20	10	1.000	28	109.976	1.360	31	73.987	115.614	4.88%
2	20	50	1.447	33	144.561	3.146	48	91.752	169.537	14.73%
3	20	100	1.970	39	173.527	4.536	61	104.833	203.922	14.91%
4	40	10	1.000	32	117.858	1.286	32	75.561	126.436	6.78%
5	40	50	1.342	36	154.193	3.067	50	94.042	206.841	25.45%
6	40	100	1.825	43	185.804	4.383	63	107.638	265.170	29.93%

Tableau 1 : Impact de la prise en compte de la durée de vie stochastique sur les performances du système étudié

### 2.3 Conclusion et perspectives

Dans cette section, nous nous sommes intéressés au pilotage de flux des produits périssables, et plus particulièrement au cas des politiques périodiques très utilisées dans le monde industriel. Plusieurs travaux ont développé le cas d'un délai d'approvisionnement et d'une durée de vie exponentiels (Kalpakam et Shanthi, 2006) afin de pouvoir utiliser la puissance des processus markoviens. Cependant, l'hypothèse du délai d'approvisionnement exponentiel ne nous semble pas très réaliste. Même si ce délai est effectivement aléatoire, la variabilité est beaucoup plus faible dans les contextes que nous regardons, comme celui de la grande distribution. Nous avons opté alors pour un délai d'approvisionnement déterministe et nous avons optimisé d'une façon exacte cette politique en utilisant un processus semi-markovien.

Nous avons modélisé la durée de vie des produits périssables par une variable aléatoire car nous pensons que cette hypothèse est plus réaliste pour ce genre de produits. Par ailleurs, nous avons testé l'efficacité des intégrateurs Temps-Température (TTI) qui permettent d'afficher la vraie durée de vie de chaque produit. D'ailleurs dans la thèse de Chaaben Kouki (Kouki, 2010), nous avons mené des études comparatives sur l'apport de ce genre de technologie dans le pilotage de flux en fonction du coût de la technologie et des différents paramètres du problème.

Il existe plusieurs perspectives à court terme pour ce travail. Celle qui nous paraît la plus intéressante est l'extension vers le cas multi-produits. Cette problématique appelée Joint Replenishment Problem (JRP) a fait l'objet de plusieurs travaux de recherche (voir par exemple (Goyal et Satir, 1989) et (Khouja et Goyal, 2007) pour des revues de littérature). La prise en compte de la péremption des produits dans de telles problématiques permet de voir l'impact de ce facteur sur les groupements optimaux des différents produits.

### 3 Proposition d'une méthode d'optimisation du niveau de stock nominal dans le cadre d'une demande intermittente

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une collaboration avec Zied Babai du BEM Bordeaux. Cette collaboration nous a permis de publier un article dans une revue internationale (Babai et al., 2011) ainsi que deux papiers dans des conférences internationales.

#### 3.1 Motivations et synthèse bibliographique

Afin de se différencier vis-à-vis de la concurrence et attirer le client, les entreprises ne cessent d'élargir l'offre produit et multiplier le nombre de références. On tend de plus en plus vers des produits personnalisés, donc vers une demande de plus en plus faible voire même intermittente. Or en pilotage de flux, dans un contexte aléatoire, la demande est généralement caractérisée par une loi normale. Cette hypothèse très plausible dans les biens de grande consommation ne l'est plus dans le contexte de demande intermittente (Syntetos et al., 2011). Une demande intermittente est caractérisée par des arrivées occasionnelles séparées par des périodes de demande nulle et dont les quantités commandées peuvent être unitaires ou par lots de taille généralement aléatoire. Les pièces de rechange constituent un exemple typique de ce type de demande. Dans la littérature, les travaux s'intéressant aux demandes intermittentes peuvent être classés en deux catégories : ceux qui ont pour objectif de caractériser la demande en alternant recherches théoriques et analyses empiriques comme les travaux de (Boylan, 1997) et de (Teunter et al., 2010), et ceux qui étudient les politiques de pilotage de flux les plus adaptées à cette demande (Sani et Kingsman, 1997). Ces travaux montrent d'une part que des distributions composées comme le *Compound Poisson* sont adaptées à ce type de demande et d'autre part que des politiques continues de type base stock sont performantes économiquement pour le contexte de demande intermittente. Plusieurs travaux ont proposé des méthodes exactes et approchées pour calculer les paramètres optimaux des politiques de pilotage de flux.

L'analyse de la littérature montre que (i) la majeure partie des investigations s'est focalisée sur la contrainte de niveau de service et non pas sur l'optimisation du coût total ; (ii) peu de travaux considèrent un temps d'approvisionnement aléatoire, plus adapté à ce contexte de fabrication à la commande et de petites séries ; (iii) il n'existe pas d'algorithme facile à implémenter par les praticiens du domaine comme le souligne (Sani et Kingsman, 1997).

#### 3.2 Notre proposition

Dans ce travail, nous optimisons un système de pilotage de flux adapté aux demandes intermittentes et prenant en considération les trois critiques de la littérature évoquées ci-dessus. Nous proposons ainsi une procédure simple qui permet de calculer le paramètre optimal de la politique de pilotage de flux étudiée.

##### 3.2.1 Modèle étudié et notations

Nous considérons un système de gestion de stock mono-étage mono-produit. La demande est aléatoire et modélisée par une loi de Compound Poisson. Le stock est géré par une politique continue de type niveau de reapprovisionnement ou stock nominal, et le délai d'approvisionnement est aléatoire. Les demandes non satisfaites sont mises en attente et des coûts de stockage ainsi que des pénalités de retard sont considérés. Nous adoptons les notations ci-dessous :

$\lambda$  : taux d'arrivée de la demande

$X$  : variable aléatoire modélisant le nombre d'articles par demande avec  $\mu_x$  la moyenne et  $\sigma_x$  l'écart-type de  $X$  ;

$X_i$  : la somme de  $i$  variables aléatoires  $X$  indépendantes et identiquement distribuées. Notons  $f_i$  et  $F_i$  respectivement la densité et la distribution de probabilité de  $X_i$  ;

$Y$  : variable aléatoire modélisant le délai d'approvisionnement de moyenne  $L$  ;

$h$  : coût unitaire de stock par unité de temps ;

$b$  : pénalité unitaire de retard par unité de temps ;

$S$  : niveau de reapprovisionnement ;

### 3.2.2 Résultats obtenus

L'apport majeur de ce travail consiste en la modélisation du système par une file d'attente  $M/G/\infty$  avec comme variable d'état le nombre de commandes en cours. Cette modélisation ne prenant pas en considération le nombre d'articles par commande, permet d'utiliser le formalisme des files d'attente plutôt que les chaînes de Markov à temps continu. La prise en compte des tailles de commandes se fait par la suite dans les équations du coût total à optimiser. Ainsi les résultats obtenus peuvent être résumés comme suit :

L'espérance du coût total peut s'écrire :

$$E[C(S)] = hSp_0 + \sum_{i=1}^{\infty} \left[ h \int_0^S (S-x) f_i(x) dx + b \int_S^{\infty} (x-S) f_i(x) dx \right] p_i \quad (3.5)$$

avec  $p_i$ ,  $i = 0$  à  $\infty$  étant les probabilités stationnaires de la file  $M/G/\infty$ .

La Proposition 1 permet ensuite de caractériser le niveau de reapprovisionnement optimal  $S^*$  et la Proposition 2 montre que  $S^*$  peut être borné par deux fonctions faciles à calculer.

#### Proposition 1 :

Le niveau de reapprovisionnement optimal  $S^*$  est donné par l'équation :

$$\sum_{i=1}^{\infty} \left( \frac{(\lambda L)^i e^{-\lambda L}}{i!} \right) F_i(S) = \frac{b}{h+b} - e^{-\lambda L} \quad (3.6)$$

#### Proposition 2 :

Le niveau de reapprovisionnement optimal  $S^*$  est tel que  $S_L(n) \leq S^* \leq S_U(n)$  avec  $S_L(n)$  et  $S_U(n)$  solutions respectives des équations ci-dessous :

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{(\lambda L)^i e^{-\lambda L}}{i!} \right) F_i(S) = \frac{b}{h+b} - e^{-\lambda L} \quad (3.7)$$

$$\sum_{i=1}^n \left( \frac{(\lambda L)^i e^{-\lambda L}}{i!} \right) F_i(S) = \frac{b}{h+b} - e^{-\lambda L} - \left( 1 - \sum_{i=0}^n \frac{(\lambda L)^i e^{-\lambda L}}{i!} \right) \quad (3.8)$$

De plus,  $S_L(n)$  et  $S_U(n)$  convergent vers  $S^*$  quand  $n$  tend vers l'infini.

Un algorithme simple a été proposé pour calculer numériquement  $S^*$ .

### 3.2.3 Analyse numérique

Afin d'illustrer les résultats obtenus ci-dessus, nous considérons les paramètres suivants : un coût de stockage  $h=1$ , une pénalité de rupture  $b=10$ , un délai d'approvisionnement  $L+1$  et une demande



arrivant par lots de taille aléatoire suivant une distribution gamma de moyenne  $m_X=10$  et d'écart-type  $s_X=3$ . Nous faisons varier  $\lambda$  entre 0,1 et 10 pour couvrir à la fois des demandes à rotations lente et rapide.

L'algorithme proposé converge très rapidement vers la solution optimale (moins de 25 itérations pour une erreur inférieure à  $10^{-4}$  et une convergence encore plus rapide pour les produits à faible rotation).

Nous comparons dans ce qui suit le niveau de reapprovisionnement obtenu par notre méthode à celui obtenu par l'approximation classiquement utilisée dans la littérature qui considère que la demande suit une loi normale et estime les paramètres de cette loi à partir de l'historique de la demande. Comme présenté dans les graphiques 16 et 17 ci-dessous, l'approximation classique est performante pour les produits à forte rotation ( $1/\lambda < 1$ ) mais l'écart peut devenir important (supérieur à 60%) pour des produits à faible rotation ( $1/\lambda > 1$ ).

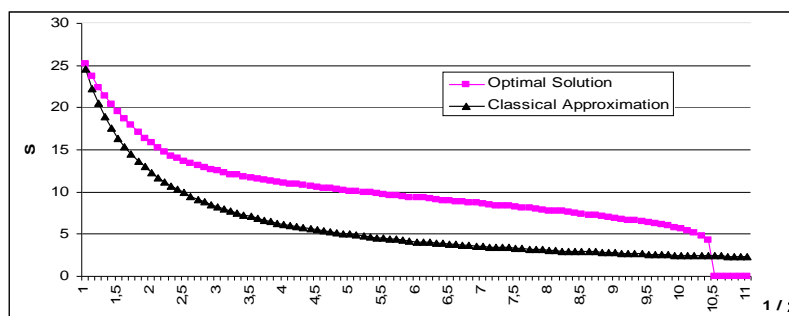


Figure 16 : Performances de la méthode proposée pour les produits à faible rotation

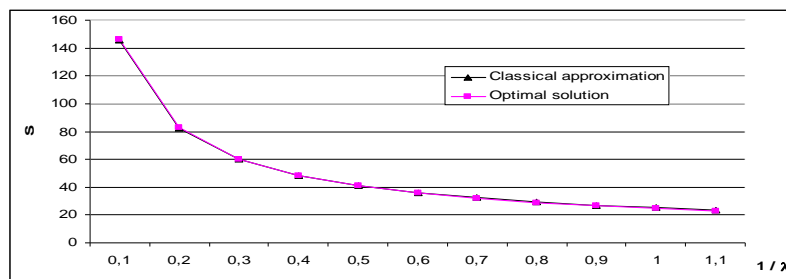


Figure 17 : Performances de la méthode proposée pour les produits à forte rotation

### 3.3 Conclusion et perspectives

Dans cette section, nous avons présenté une méthode analytique pour la détermination du niveau de reapprovisionnement optimal d'une politique continue avec une demande intermittente modélisée par une distribution Compound Poisson et un délai d'approvisionnement aléatoire. Nous avons aussi borné la solution optimale ce qui nous a permis de proposer une procédure simple de calcul du niveau de reapprovisionnement optimal.

Actuellement, nous sommes en train de développer quelques extensions de ce travail afin de couvrir d'autres modélisations du niveau de service (modélisation par les coûts ou par les contraintes) dans le cas de demandes non satisfaites mises en attente ou perdues. L'objectif est double : obtenir des résultats analytiques adaptés à des demandes intermittentes dans différentes situations et offrir au décideur des outils simples de calcul des paramètres optimaux des politiques de pilotage de flux.

## 4 Développement de méthodes de planification de l'approvisionnement sur un horizon fini

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse d'Ali Cheaitou soutenue en 2007. Cette thèse, en collaboration avec Christian van Delft de HEC, a été financée par une bourse ministérielle et a fait l'objet de trois publications dans des revues internationales ((Cheaitou et al., 2009; Cheaitou et al., 2010; Cheaitou et al., 2011)) ainsi que quatre articles dans des conférences internationales.

### 4.1 Motivations et synthèse bibliographique

La proportion des produits saisonniers ne cessant d'augmenter et les délais d'approvisionnement se faisant de plus en plus longs, les possibilités de réapprovisionnements par saison se réduisent. Les politiques de pilotage de flux adaptés à ce contexte sont les politiques discrètes à horizon fini comme le modèle mono-période (voir (Khouja, 1999)) et le modèle à deux périodes ((Hillier et Lieberman, 2001)). Les problèmes à  $N$  périodes avec des demandes stochastiques sont des problèmes complexes à résoudre. La programmation dynamique stochastique est souvent utilisée mais ne permet pas d'aboutir à des solutions analytiques pour des problèmes de plus de 2 périodes. La littérature propose généralement des solutions heuristiques et étudie la qualité de ces approximations. (Bitran et al., 1982) par exemple transforme le problème en modèle déterministe et rajoutent des contraintes pour garantir un certain niveau de service. (Puterman, 1994) montre que le problème général peut être décomposé en une séquence équivalente de problèmes mono-périodes, cependant la détermination de la solution optimale est complexe. (Morton et Pentico, 1995) développent quant à eux une heuristique qui permet de définir des bornes inférieure et supérieure à la quantité optimale de commande.

Une autre piste intéressante explorée dans ce contexte consiste à avoir différentes possibilités de commande. (Sethi et al., 2001; Sethi et al., 2005) proposent par exemple un modèle périodique de pilotage de flux avec deux modes de livraison (mode rapide et mode lent) et montrent l'existence d'une politique optimale de type base stock modifiée. (Zhang, 1996) propose un modèle avec trois modes d'approvisionnement et détermine pour certains cas particuliers des formulations explicites des niveaux de recombplément.

### 4.2 Notre proposition

Dans cette section, nous présentons une généralisation de la littérature des modèles à deux périodes qui consiste en : (i) une structure de coût dynamique entre les deux périodes ; (ii) des demandes dépendantes et suivant des distributions générales et (iii) un nouveau mode de vente en début de saison par exemple pour un marché parallèle ou un engagement contractuel du fournisseur sur un flux de retour.

#### 4.2.1 Modèle étudié et notations

Nous considérons un problème de planification à deux périodes. Une troisième période est définie dans la modélisation et servira à calculer les conditions finales nécessaires à la programmation dynamique. Chaque période est caractérisée par une demande aléatoire  $D_t$ . Les demandes non satisfaites sont mises en attente pour la période suivante. Deux modes d'approvisionnement sont possibles pour chaque période, un mode rapide (délais instantané) et un mode lent (délai d'une période). Des contraintes de capacité sont définies pour chaque mode. Une particularité de ce modèle est la possibilité de solder en début de chaque période qui peut représenter une opportunité d'un marché parallèle ou d'un contrat de retour pour le fournisseur. Nous adoptons les notations ci-dessous. La Figure 18 illustre les différents paramètres et variables de décisions de la problématique étudiée.

$D_t$  : la demande pendant la période  $t$  modélisée par une loi de probabilité de densité  $f_t$  et de distribution  $F_t$  ;

$I_0$  : le niveau du stock initial ;

$X_i$  : le niveau de stock en début de la période  $i$  ;

$Q_{ts}$  ( $t \in [0, 3]$  et  $s \in [t, t+1]$ ) : les quantités à commander en début de la période  $t$  qui seront reçues en début de la période  $s$  ;

$K_{ts}$  : les contraintes de capacité sur la quantité commandée  $Q_{ts}$  ;

$S_t$  : la quantité à solder en début de période  $t$  ;

$p_t$  : le prix de vente unitaire à la période  $t$  ;

$c_{ts}$  : le prix d'achat unitaire à la période  $t$  pour les commandes à livrer à la période  $s$  ;

$s_t$  : le prix de solde unitaire à la période  $t$  ;

$h_t$  : le coût de stockage par unité non vendue à la fin de la période  $t$  ;

$b_t$  : la pénalité de retard par unité de demande mise en attente à  $t$  pour la période suivante.

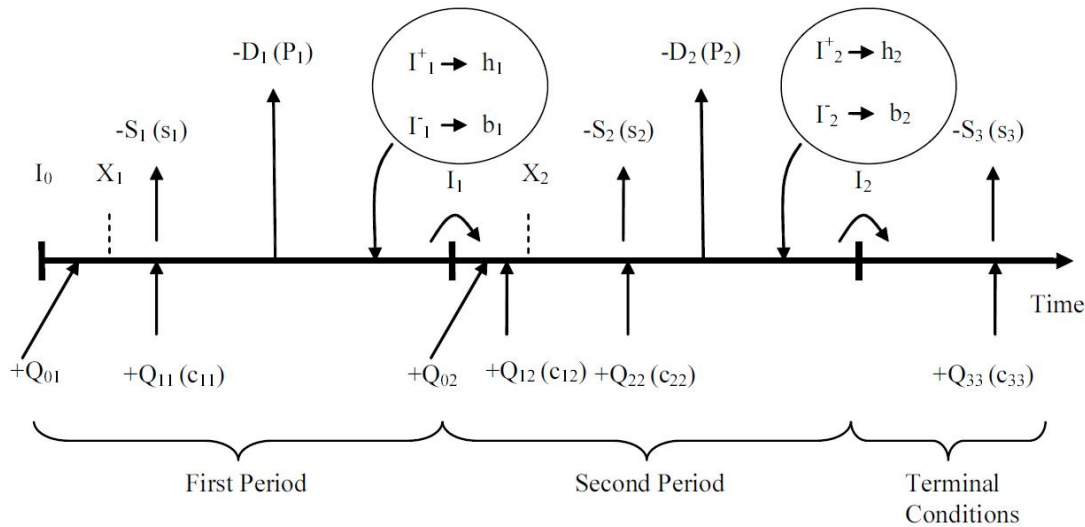


Figure 18 : Paramètres et variables de décision du modèle à deux périodes

#### 4.2.2 Résultats obtenus

Nous avons utilisé la programmation dynamique stochastique pour résoudre le problème décrit ci-dessus. Soit  $X_t$  le niveau du stock en début de la période  $t$  juste avant la prise en compte des décisions de la période en cours.

Soit  $\Pi_i$  le profit moyen de la période  $i$  ( $i=1$  ou  $2$ ). On a :

$$\Pi_1(X_1, Q_{11}, Q_{12}, S_1) = p_1 E[D_1] + s_1 S_1 - c_{11} Q_{11} - c_{12} Q_{12} - h_1 \int_0^{X_1 + Q_{11} - S_1} (X_1 + Q_{11} - S_1 - D_1) f_1(D_1) dD_1 - b_1 \int_{X_1 + Q_{11} - S_1}^{\infty} (D_1 - X_1 - Q_{11} + S_1) f_1(D_1) dD_1 \quad (3.19)$$

$$\begin{aligned} & \Pi_2(X_2, Q_{22}, S_2) = \\ & p_2 E[D_2] + s_2 S_2 - c_{22} Q_{22} - (h_2 - s_3) \int_0^{X_2 + Q_{22} - S_2} (X_2 + Q_{22} - S_2 - D_2) f_2(D_2) dD_2 - (b_2 + \\ & c_{33}) \int_{X_2 + Q_{22} - S_2}^{\infty} (D_2 - X_2 - Q_{22} + S_2) f_2(D_2) dD_2 \end{aligned} \quad (3.20)$$

La fonction à maximiser est alors la suivante :

$$\Pi(X_1, Q_{11}, Q_{12}, Q_{22}, S_1, S_2) = \Pi_1(X_1, Q_{11}, Q_{12}, S_1) + E_{D_1}[\Pi_2(X_2, Q_{22}, S_2)] \text{ sous les contraintes de respect des capacités pour les } Q_{st} \text{ et du respect des quantités disponibles au solde pour les } S_t.$$

La résolution se fait de façon séquentielle en commençant d'abord par le sous-problème de la seconde période puis par le sous-problème de la première période. Les principaux résultats sont décrits ci-dessous :

**Proposition 1 :**

La politique optimale à la seconde période est une politique à deux seuils  $Y_{12}$  et  $Y_{22}$  telle que :

$$\text{si } X_2 \leq Y_{12} - K_{22} \text{ alors } Q_{22}^* = K_{22} \text{ et } S_2^* = 0$$

$$\text{si } Y_{12} - K_{22} \leq X_2 \leq Y_{12} \text{ alors } Q_{22}^* = Y_{12} - X_2 \text{ et } S_2^* = 0$$

$$\text{si } Y_{12} \leq X_2 \leq Y_{22} \text{ alors } Q_{22}^* = 0 \text{ et } S_2^* = 0$$

$$\text{si } X_2 \geq Y_{22} \text{ alors } Q_{22}^* = 0 \text{ et } S_2^* = X_2 - Y_{22}$$

$$\text{avec } Y_{12} = F_2^{-1}\left(\frac{b_2 + c_{33} - c_{22}}{b_2 + c_{33} + h_2 - s_3}\right) \text{ et } Y_{22} = F_2^{-1}\left(\frac{b_2 + c_{33} - s_2}{b_2 + c_{33} + h_2 - s_3}\right) \quad (3.21)$$

**Proposition 2 :**

Si  $Q_{12}^*$  est strictement positif, alors la politique optimale à la première période peut être caractérisée par deux seuils  $Y_{11}$  et  $Y_{21}$  de la même façon que celle de la seconde période. Sinon, la politique optimale peut être caractérisée numériquement.

$$Y_{11} = F_1^{-1}\left(\frac{c_{12} - c_{11} + b_1}{h_1 + b_1}\right) \text{ et } Y_{21} = F_1^{-1}\left(\frac{c_{12} - s_1 + b_1}{h_1 + b_1}\right) \quad (3.22)$$

### 4.2.3 Analyse numérique

Dans cette sous-section, nous illustrons l'impact des différents paramètres sur les performances du modèle étudié. Les paramètres optimaux de la deuxième période sont déterminés analytiquement, nous nous intéressons donc à ceux de la première période.

Nous considérons un cas nominal avec des demandes  $D_1$  et  $D_2$  qui suivent une loi normale  $N(1500; 300)$ , des coûts de stockage  $h_1 = h_2 = 10$ , des prix de vente  $p_1 = p_2 = 200$ , des pénalités de rupture  $b_1 = b_2 = 50$ , des coûts de commande pour le mode rapide  $c_{11} = c_{22} = c_{33} = 100$  et pour le mode lent  $c_{12} = 60$  et des coûts de solde  $s_1 = s_2 = s_3 = 40$ . Les contraintes de capacités  $K_{11} = K_{22} = 1000$  et  $K_{12} = 1500$ . La Figure 19 ci-dessous montre l'effet du stock initial  $I_0$  sur les variables de décision. Nous remarquons que pour un stock initial faible, il est intéressant de commander à la fois en mode rapide  $Q_{11}$  et en mode lent  $Q_{12}$  pour la première période. En augmentant  $I_0$ , celui-ci se substituera progressivement à la quantité  $Q_{11}$  jusqu'à  $Q_{11}^* = 0$  lorsqu'on estime que le stock initial couvrira la demande de la première période. Le surplus de  $I_0$  servira ensuite à couvrir la seconde période qui fera que  $Q_{12}^*$  diminuera à son tour pour atteindre  $Q_{12}^* = 0$  pour  $I_0 = 3400$ . À partir de ce seuil, les quantités à solder  $S_1^*$  et  $S_2^*$  commencent à croître. Notons que le mode rapide pour la deuxième période  $Q_{22}$  n'est utilisé qu'au

début à cause de la contrainte de capacité sur le mode lent. Ce qui est intéressant à noter dans cette analyse numérique est ce comportement à deux seuils de la solution optimale. En effet, intuitivement on s'attend à avoir, pour une période donnée, un seuil optimal au-dessous duquel il est intéressant de commander et au-dessus duquel il faut solder le surplus. Les résultats obtenus montrent l'existence d'une zone intermédiaire où l'optimum est de ne pas réagir à l'augmentation du niveau de stock.

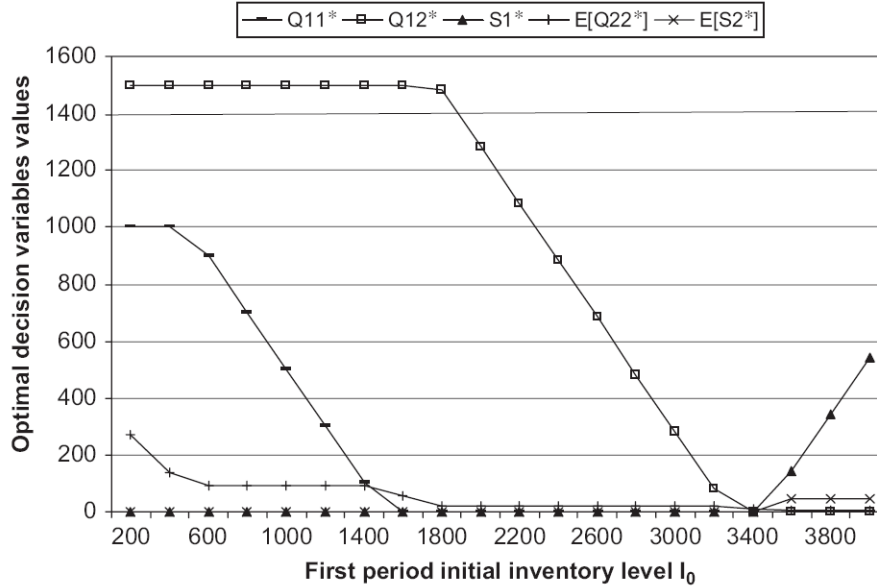


Figure 19 : Evolution des variables de décision en fonction du stock initial

Nous avons également fait varier les différents paramètres du système étudié. Le résultat qui nous paraît le plus intéressant à montrer concerne l'effet de la variabilité. En effet, en augmentant la variabilité de la demande de la première période, les quantités optimales  $Q_{11}^*$  et  $S_1^*$  diminuent alors que  $Q_{12}^*$  augmente. Donc, à l'optimum, il est préférable de reporter des ventes pour la seconde période et de payer une pénalité de rupture plutôt que de risquer d'avoir des invendus à la fin de la période. Ce report se fait soit par l'intermédiaire de la quantité  $Q_{12}^*$  soit par la diminution de  $S_1^*$ .

### 4.3 Conclusion et perspectives

Nous avons étudié un modèle de pilotage de flux à deux périodes avec plusieurs possibilités de commande et de solde. Ce modèle est à la fois exploitable sur le plan théorique et riche sur le plan pratique puisqu'il permet de modéliser différentes situations qu'on peut trouver dans l'industrie. Nous avons utilisé la programmation dynamique stochastique pour caractériser analytiquement la deuxième période et numériquement la première. Nous avons analysé le comportement des variables de décision en fonction des paramètres du système.

Une extension de ce travail prenant en compte des mises à jour des prévisions entre les deux périodes a été développée et a permis d'explorer l'effet de la qualité de la prévision sur les paramètres de la politique optimale ((Cheaitou et al., 2010)).

# Chapitre 4 : Mes contributions pour une Supply Chain multi-acteurs

---

Mes travaux de recherche sur la coordination de la Supply Chain s'inscrivent dans la continuité des travaux présentés dans le chapitre 3. Optimiser une Supply Chain globale n'est pas nécessairement une solution vers laquelle convergent les différents acteurs de la Supply Chain du fait des objectifs propres à chacun qui sont généralement antagonistes.

Dans les travaux présentés dans ce chapitre, nous approfondissons ce constat en appliquant la méthodologie suivante : (1) l'optimisation de la Supply Chain intégrée souvent appelée solution centralisée (un seul acteur qui gère la totalité de la Supply Chain et optimise les décisions). Cette solution est considérée comme la solution de référence ; (2) l'optimisation de la Supply Chain non-intégrée appelée solution décentralisée (chaque acteur optimise un maillon de la Supply Chain) et (3) la coordination de la Supply Chain qui consiste à trouver un mécanisme de coordination qui permet d'aboutir aux performances du système centralisé, on parle alors de solution décentralisée coordonnée.

Dans les sections 4.1 à 4.3, nous nous intéressons à la collaboration verticale dans la Supply Chain i.e. des relations de type fournisseur-client. Dans la section 4.1, nous intégrons explicitement l'incertitude sur la capacité du fournisseur. Dans la section 4.2, nous développons un modèle de pilotage de flux multi-acteurs qui prend en considération les erreurs qui peuvent exister entre le stock physique et le stock du système d'information. La section 4.3 est dédiée aux politiques de pilotage de flux multi-périodes. Dans la section 4.4, nous traitons le cas de collaboration horizontale entre des acteurs du même niveau de la Supply Chain et nous proposons une méthode de formation de coalitions stables entre ces acteurs.

Comme pour le chapitre 3, les différentes sections seront structurées comme suit :

- Motivations et synthèse bibliographique
- Le modèle que nous proposons et les résultats obtenus
- Conclusion et perspectives à court terme du travail présenté

L'apport de mes travaux de recherche présentés dans ce chapitre peut être résumé en deux points :

- Les travaux existant s'intéressent principalement à des modèles de pilotage de flux mono-période. Nous avons étendu ces travaux dans deux directions : l'adaptation à des contextes spécifiques comme la prise en compte des erreurs dans le pilotage de flux et l'extension vers des modèles de pilotage de flux multi-périodes. Ces extensions nous ont permis d'imaginer des contrats de coordination différents de ceux utilisés classiquement dans le cas mono-période, comme le partage des coûts de stockage ou l'utilisation des fenêtres de temps.
- Dans les jeux coopératifs, les travaux de recherche considèrent généralement des jeux super-additifs ce qui implique que la grande coalition est la meilleure solution pour les différents acteurs. Ces travaux s'intéressent alors au cœur du jeu et essaient de montrer qu'il n'est pas vide. Dans le travail présenté dans la section 4.4, nous montrerons que même pour des modèles simples de Supply Chain, la super-additivité n'est pas nécessairement acquise et nous nous intéresserons alors simultanément à la formation de coalitions et aux allocations de profits qui garantissent la stabilité de ces coalitions.

## 1 Prise en compte de l'incertitude sur la capacité du fournisseur dans un modèle de vendeur de journaux avec coordination

Ce travail a été réalisé dans le cadre d'une collaboration avec Nesim Erkip de Eindhoven University of Technology (TU/e) suite à sa visite au laboratoire GI suivie par un court séjour que j'ai passé à Eindhoven en juillet 2004. Ce travail a fait l'objet d'un article publié dans une revue internationale (Jemai et al., 2010) et d'un article dans une conférence internationale.

### 1.1 Motivations et synthèse bibliographique

Plusieurs travaux ont développés des extensions du modèle de vendeur de journaux dans le cas multi-acteurs afin d'intégrer le fournisseur comme deuxième acteur de la Supply Chain (voir par exemple (Cachon et Lariviere, 1999; Cachon et Lariviere, 1999)). Ces travaux se sont intéressés en particulier à la coordination de la Supply Chain à l'aide des contrats.

Un contrat est défini comme un transfert monétaire entre les acteurs de la Supply Chain de telle façon que la fonction coût ou profit de chaque acteur soit modifiée. L'objectif est de trouver la combinaison des paramètres du contrat de façon à ce que la solution décentralisée coïncide avec la solution centralisée. (Cachon, 2004) caractérise un contrat par trois critères :

- **Coordination** : un contrat qui coordonne la Supply Chain est tel qu'il existe une combinaison de ses paramètres qui permettent d'obtenir les performances de la Supply Chain centralisée.
- **Flexibilité** : un contrat flexible permet de répartir arbitrairement les gains obtenus entre les acteurs de la Supply Chain. Cette propriété garantit l'existence d'une combinaison des paramètres du contrat telle que les acteurs se trouvent dans des situations gagnant-gagnant.
- **Simplicité** : le contrat doit pouvoir être appliqué sans un surcoût important ou des procédures complexes qui peuvent constituer un frein à la collaboration et à l'instauration d'une relation long-terme entre les acteurs.

À l'exception du « quantity forcing contract » où un acteur impose à l'autre acteur la décision qu'il doit prendre, le principe de ces contrats est que la fonction de transfert agisse sur un ou plusieurs des composantes de la fonction coût ou profit. Par exemple un « buy-back contract » propose un transfert d'argent linéaire du fournisseur vers le client en fonction du surplus de stock à la fin de la saison. Une telle action permet de baisser le coût du surplus de stock de l'acteur concerné et l'incite à commander plus. Ce partage de risque entre les deux acteurs permet de coordonner la Supply Chain. La majorité des contrats proposent des transferts linéaires. Néanmoins, il existe des contrats avec des fonctions de transfert plus complexes comme le « quantity discount contract ». (Tsay, 1999), (Lariviere, 1999) et (Cachon, 2004) étudient la majorité des contrats développés dans la littérature, en particulier ceux développés pour le modèle du vendeur de journaux. Dans (Jemai et al., 2010), nous décrivons les contrats les plus communs et détaillons le mécanisme général de fonctionnement des contrats.

L'analyse de ces travaux montre que les différents auteurs ont considéré que le fournisseur adopte une stratégie de fabrication à la commande avec une capacité infinie. Peu de travaux ont intégré l'impact de la capacité sur les performances du système. Nous citons par exemple (Ciarallo et al., 1994) qui ont considéré une capacité aléatoire modélisée par une distribution de probabilité, dans l'objectif de déterminer l'impact d'une capacité incertaine sur la fonction coût. (Jain et Silver, 1995) s'intéressent à un modèle similaire et introduisent un coût de réservation de la capacité. Une autre approche proposée par (Anupindi et Bassok, 1999) consiste en un engagement du détaillant sur une quantité minimale permettant au fournisseur d'investir en capacité. D'autres travaux ont analysé le cas multi-détaillants afin de déterminer des mécanismes d'allocation de la capacité. (Lee et al., 1997), par exemple

proposent un mécanisme d'allocation proportionnel entre les détaillants dans le cas d'une capacité insuffisante. (Cachon et Lariviere, 1999) développent d'autres mécanismes d'allocation et montrent que de telles pratiques peuvent conduire à des amplifications par les détaillants des quantités à commander. (Bakal et al., 2011) s'intéressent à un cas similaire avec information asymétrique entre les différents acteurs et montrent que des contrats de prépaiement remédient à ce problème et obligent les détaillants à avoir un comportement rationnel.

## 1.2 Notre proposition

L'objectif du travail présenté dans cette sous-section est de prendre en considération une capacité limitée chez le fournisseur dans une Supply Chain à deux acteurs. Pour ce, nous avons considéré une capacité aléatoire avec une distribution de probabilité. Nous nous inspirons aussi du travail de (Bakal et al., 2011) pour proposer un contrat combinant les transferts monétaires classiques comme ceux évoqués dans (Cachon, 2003) et le contrat de prépaiement et nous montrons que ce type de contrats est adapté à notre contexte.

### 1.2.1 Modèle étudié et notations

Dans un contexte mono-période, nous considérons une chaîne logistique à deux étages : un fournisseur avec une capacité limitée  $Y$  et un détaillant qui fait face à une demande aléatoire  $X$ . En début de saison, le détaillant commande une quantité  $Q$  au fournisseur à un prix unitaire  $w$  et lui avance une somme  $\alpha w Q$ . Le fournisseur satisfait la demande du détaillant dans la limite de la capacité dont il dispose. Le détaillant paye alors un prix  $(1 - \alpha)w$  par unité reçue. Au cours de la saison de vente, le détaillant répond à la demande dans la limite du stock dont il dispose. À la fin de la saison, si le stock restant est positif, il est soldé, sinon chaque demande non satisfaite génère une pénalité qui peut représenter un accord contractuel ou une perte d'image. Nous considérons les notations ci-dessous :

$Y$  : variable aléatoire modélisant la capacité du fournisseur, de densité de probabilité  $f_s(Y)$  et de distribution  $F_s(Y)$

$X$  : variable aléatoire modélisant la demande, de densité de probabilité  $f_d(X)$  et de distribution  $F_d(X)$  ;

$Q$  : la quantité commandée par le détaillant au fournisseur ;

$R(Q)$  : la quantité livrée par le fournisseur au détaillant ;

$w$  : le prix unitaire de transaction entre le fournisseur et le détaillant ;

$\alpha$  : la proportion de la somme avancée (prépaiement) par le détaillant au moment de la passation de commande ;

$c_0$  : la composante du coût du fournisseur proportionnelle à la quantité commandée  $Q$ , qui peut représenter un investissement du fournisseur pour répondre à la demande ;

$c_l$  : la composante du coût du fournisseur proportionnelle à la quantité livrée  $R(Q)$  qui peut représenter le coût des ressources consommées lors de la fabrication ;

$r$  : le prix unitaire de vente du détaillant ;

$s$  : le prix unitaire de solde à la fin de la saison de vente ;

$p$  : la pénalité unitaire pour les demandes non satisfaites au cours de la saison.

La Figure 20 ci-dessus détaille les flux physiques, financiers et d'information du modèle étudié.



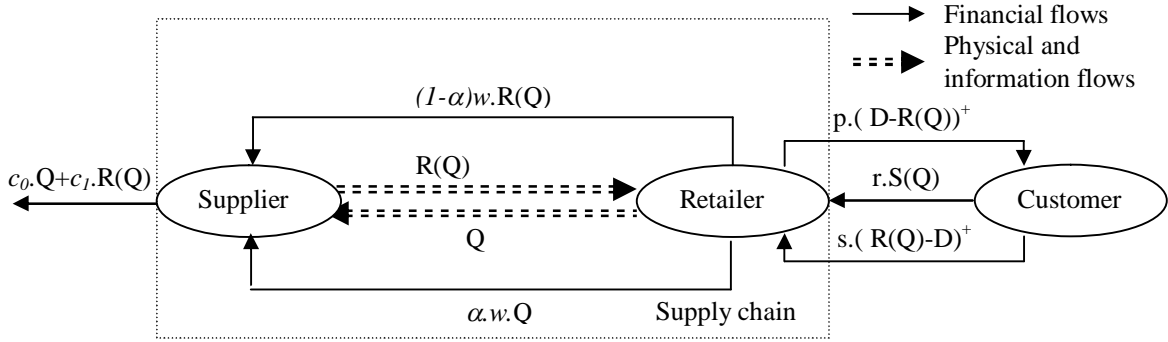


Figure 20 : Illustration des flux physiques et d'information du modèle étudié

### 1.2.2 Résultats obtenus

L'objectif est de déterminer la quantité optimale  $Q^*$  à commander par le détaillant pour maximiser le profit de la Supply Chain.

La première étape de ce travail consiste à calculer la solution de référence dite centralisée. Cette solution correspond au cas où la Supply Chain est gérée par une seule entité qui a pour objectif de maximiser le profit global de la chaîne.

L'espérance du profit peut s'écrire comme suit :

$$E[\pi_r(Q)] = (r - s + p)E[S(Q)] + (s - c_1)E[R(Q)] - c_0Q - pE[X] \quad (4.1)$$

Avec  $E[R(Q)]$  étant la quantité reçue par le détaillant et  $E[S(Q)]$  la quantité moyenne soldée en fin de saison.

$E[R(Q)]$  et  $E[S(Q)]$  peuvent s'exprimer en fonction des distributions de probabilité de la capacité du fournisseur et de la demande. Ce qui permet par la suite d'obtenir le résultat suivant :

#### Proposition 1 :

La quantité optimale  $Q_c^*$  qui maximise l'espérance du profit (1) est donnée par :

$$F_d(Q_c^*) = \frac{r+p-\frac{c_0}{1-F_s(Q_c^*)}-c_1}{r+p-s} \quad (4.2)$$

L'unicité de  $Q_c^*$  est obtenue avec l'hypothèse que  $F_d(X)$  et  $F_s(Y)$  sont strictement croissantes. La Figure 21 illustre graphiquement le calcul de la quantité optimale  $Q_c^*$  obtenue par l'intersection de  $F_d(Q)$  et du deuxième membre de l'équation 4.2.

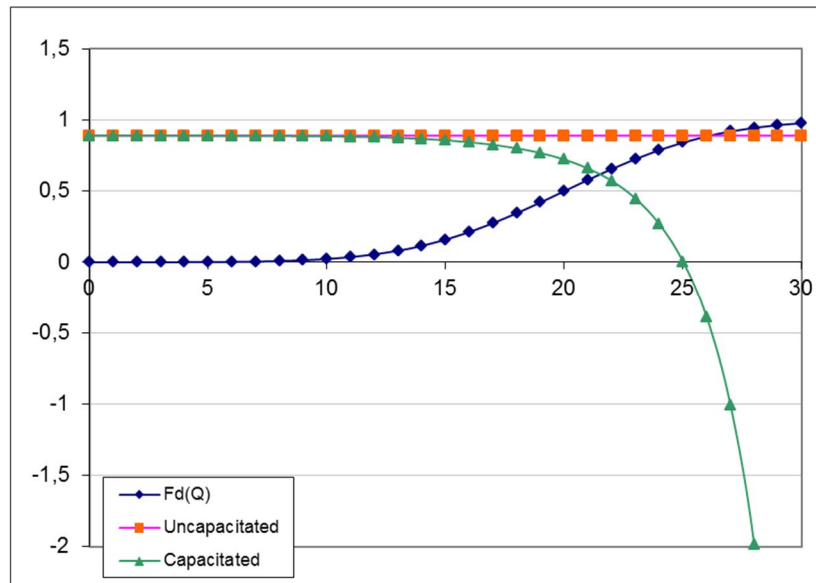


Figure 21 : Calcul de la quantité optimale  $Q_c^*$

La deuxième étape du travail consiste à optimiser les variables de décision de chaque acteur de la Supply Chain afin de maximiser son propre profit.

Pour le détaillant, l'optimisation du profit en fonction de l'offre du fournisseur se fait de manière similaire que dans le cas centralisé. La quantité optimale à commander  $Q_d^*$  s'obtient en remplaçant  $c_0$  par  $\alpha w$  et  $c_1$  par  $(1-\alpha)w$  dans l'équation 4.2.

Coté fournisseur, la problématique décrite ci-dessus peut être considérée comme un jeu de Stackelberg où le fournisseur est leader. Connaissant la réaction du détaillant (la quantité à commander) en fonction des paramètres qu'il proposera, il déterminera le pourcentage de prépaiement  $\alpha$  et le prix de transaction  $w$  qui lui permettent de maximiser son profit. Dans (Jemai et al., 2010), nous avons supposé que le prix de transaction est fixé par le marché et nous avons déterminé le pourcentage de prépaiement optimal  $\alpha^*$ .

L'étude de cette solution décentralisée, montre que  $Q_d^*$  est décroissante en fonction de  $\alpha$  et que cette quantité peut être inférieure ou supérieure à la quantité optimale  $Q_c^*$  commandée dans la Supply Chain intégrée (voir Figure 22). Ce résultat est différent de ceux obtenus dans la littérature pour les modèles avec une capacité fournisseur illimitée. Ces modèles stipulent que les quantités commandées dans le système décentralisé sont inférieures à celles commandées dans le système centralisé (voir (Cachon, 2003)).

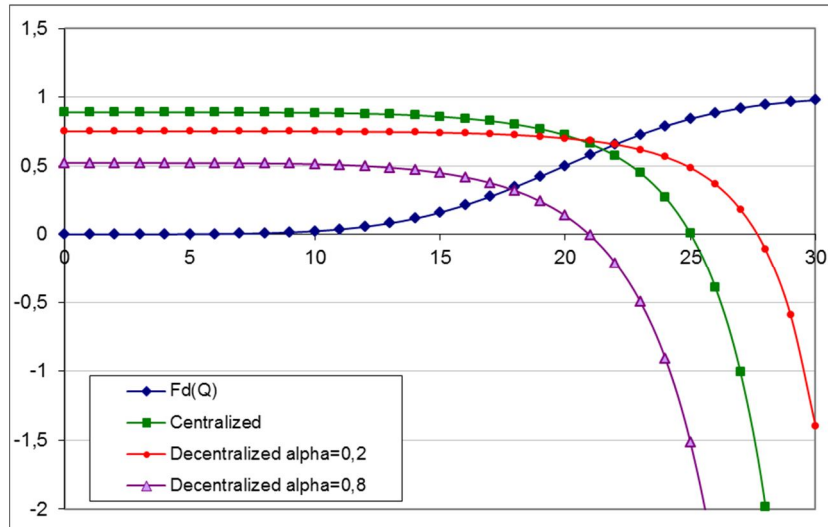


Figure 22 : Calcul de la quantité optimale  $Q_d^*$

La troisième étape consiste alors à remédier au manque d'efficacité de la solution décentralisée en proposant des contrats de coordination afin d'améliorer les performances de la Supply Chain étudiée. Nous avons proposé de compléter le contrat initial de prépaiement par une transaction de type buy-back (le fournisseur propose au détaillant de reprendre la quantité non vendue en fin de saison moyennant un transfert d'argent  $b$  par unité). Nous avons recalculé les profits des deux acteurs en intégrant ce nouveau paramètre et nous avons montré que pour un couple donné  $(w, b)$ , le pourcentage de prépaiement optimal pour le fournisseur conduit le détaillant à commander une quantité  $Q_{dc}^*$  (décentralisée coordonnée) égale à la quantité optimale  $Q_c^*$  de la Supply Chain intégrée.

### 1.2.3 Analyse numérique

La Figure 23 illustre comment le contrat de coordination agit sur la solution décentralisée et l'importance de combiner le prépaiement et la reprise des quantités invendues. En effet, le gain obtenu par la reprise des quantités invendues (buy back contract) n'est pas suffisant pour coordonner la Supply Chain puisque le coût unitaire  $b$  supporté par le fournisseur, pour la reprise des quantités invendues, ne doit pas être supérieur au prix d'achat  $w$  payé par le détaillant. Ainsi la diminution du paramètre de prépaiement  $\alpha$  apporte le gain supplémentaire nécessaire à cette coordination.

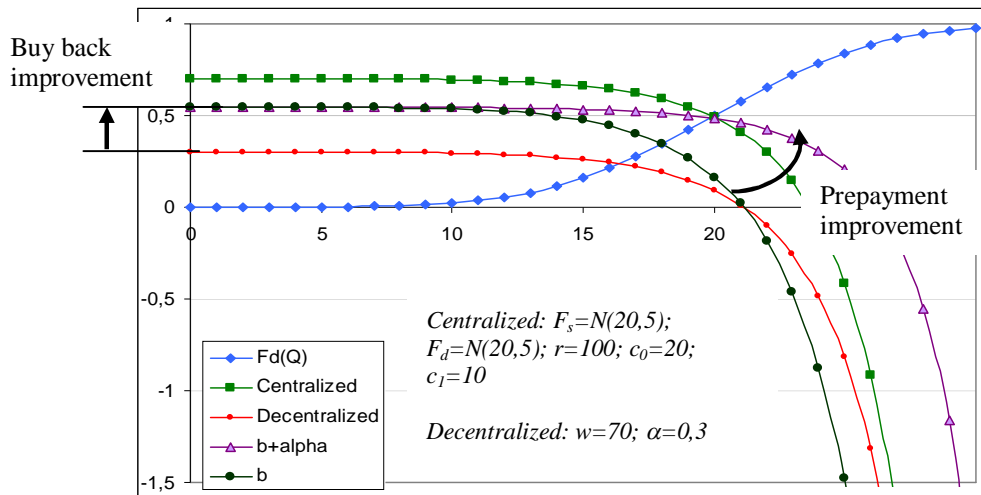


Figure 23 : Comment le contrat proposé coordonne la Supply Chain

### 1.3 Conclusion et perspectives

Dans cette section, nous avons étudié un modèle de vendeur de journaux à deux acteurs où le fournisseur a une capacité limitée. Nous avons calculé analytiquement la quantité optimale à commander par le détaillant et nous avons montré qu'un contrat combinant un prépaiement et une reprise des quantités invendues par le fournisseur permet de coordonner la Supply Chain et permet l'adhésion des deux acteurs au contrat.

L'utilisation d'une capacité aléatoire permet de modéliser des Supply Chain à un fournisseur et plusieurs détaillants. Il serait intéressant de considérer explicitement un tel système afin d'analyser plus finement le comportement de la capacité. Ce type d'études peut intéresser des entreprises de process qui du fait des coûts fixes élevés font des équilibres plus strictes entre la capacité et la demande. En plus, les contrats de prépaiement étudiés dans cette section sont adaptés et utilisés dans ce type d'industries.

## 2 Etude de l'impact des erreurs de stock sur les performances de la SC multi-acteurs

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse de Yacine Rekik, financée par une bourse ministérielle et soutenue en 2006. Cette thèse nous a permis de publier deux articles dans des revues internationales ((Rekik et al., 2007; Rekik et al., 2008)) ainsi qu'un article dans une conférence internationale.

### 2.1 Motivations et synthèse bibliographique

La majeure partie des travaux sur le pilotage de flux considère que les informations disponibles sur les stocks sont précises. Cependant, plusieurs facteurs peuvent conduire à un décalage entre les données affichées par les systèmes d'information et les flux physiques réels comme les vols, les mauvais placements, les erreurs de manutention, etc. (Atali et al., 2009) donnent une analyse détaillée des causes potentielles de ces erreurs et de leur impact sur les performances opérationnelles et financières des entreprises. Dans le travail présenté ci-dessous, nous nous intéressons en particulier au problème de mauvais placement (Misplacement) des produits. Si on se positionne au niveau du magasin, ces erreurs peuvent être dues au fait que les clients renoncent à acheter un produit et le remettent à un emplacement différent de son emplacement d'origine ou à des produits disponibles dans la réserve et qui n'ont pas pu être mis en rayon au bon moment. Plusieurs travaux se sont intéressés au problème de pilotage de flux dans un contexte de mauvais placement. Certains, qualitatifs, montrent en se basant sur une étude empirique sur plus de 300 magasins que les mauvais placements augmentent avec le nombre de variétés de produits disponibles dans les magasins et que cette augmentation génère une diminution des ventes ((Ton et Raman, 2010)). (Raman et al., 2001) reportent que 16% des produits présents physiquement dans un magasin ne sont pas disponibles à la vente à cause du mauvais placement, ce qui génère une perte de profit estimée à 10%. D'autres travaux quantitatifs s'intéressent à un modèle de vendeur de journaux avec des erreurs de placement et montrent l'impact de l'utilisation de la technologie RFID sur les performances du système étudié (voir par exemple (Rekik et al., 2008)).

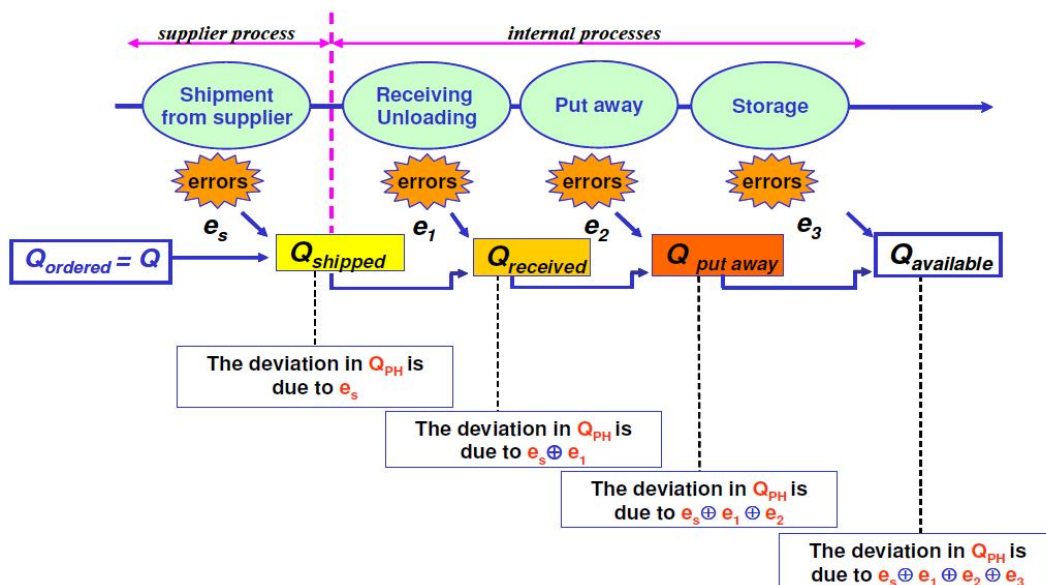


Figure 24 : Différentes causes d'erreurs entre stock physique et stock du système d'information (Extrait de (Sahin, 2004))

Ces travaux considèrent une Supply Chain intégrée gérée par un seul décideur. Or, il est important dans ce type d'analyse d'avoir une vision globale de la Supply Chain intégrant les différents acteurs et d'étudier l'impact de décisions comme la prise en compte des erreurs ou l'installation de la technologie RFID sur les performances de chaque acteur. Comme nous le montrerons plus loin, des résultats contre-intuitifs peuvent être obtenus.

La littérature dans ce domaine est pauvre. Notre travail est parmi les premiers à s'intéresser à cette problématique et à ma connaissance, trois autres travaux seulement ont été menés dans la même période. (Gaukler et al., 2007) soulignent que la technologie RFID est un bon moyen pour diminuer les erreurs et proposent un modèle analytique permettant de mesurer ses bénéfices pour chaque acteur. (Camdereli et Swaminathan, 2010) s'intéressent à un modèle similaire au nôtre. Ils considèrent une demande qui suit une loi uniforme et un taux d'erreur déterministe et ils identifient les conditions de coordination de la Supply Chain par l'utilisation de la technologie RFID en modélisant explicitement le coût fixe lié à l'investissement dans cette technologie. (Heese, 2007) étudie aussi un modèle similaire en considérant que l'erreur peut aussi être avantageuse alors que les autres travaux considèrent que le mauvais placement diminue nécessairement la quantité disponible à la vente. L'auteur explique cette possibilité par le fait que des actions correctives peuvent être menées régulièrement et peuvent mener sur certaines périodes à un stock physique plus important que celui dans le système d'information.

## 2.2 Notre proposition

Notre travail s'inscrit dans la lignée des travaux qui ont pour objectif d'étendre les modèles centralisés de pilotage de flux vers un contexte décentralisé dans le cas de prise en compte d'erreur. Notre travail généralise celui de (Camdereli et Swaminathan, 2010) en proposant une distribution générale de la demande et en considérant une erreur stochastique. Cette modélisation nous paraît plus réaliste.

### 2.2.1 Modèle étudié et notations

Dans un contexte mono-période, nous considérons une chaîne logistique à deux étages : un fournisseur et un détaillant qui fait face à une demande aléatoire  $X$ . En début de saison, le détaillant commande une quantité  $Q$  au fournisseur à un prix unitaire  $w$ . Afin de satisfaire la demande du détaillant, le fournisseur fabrique le produit ou le procure à un coût unitaire  $c$ . Le délai d'approvisionnement fournisseur est tel qu'il est impossible pour le détaillant de commander à nouveau après le début de la saison de vente. Au cours de la saison de vente, le détaillant répond à la demande dans la limite du stock dont il dispose. Dans le magasin du détaillant, le stock physique est sujet à des erreurs de placement. Ainsi, la quantité des produits disponibles à la vente est égale à  $\theta Q$  et la quantité des produits non disponibles à la vente est de  $(1-\theta)Q$ . À la fin de la saison, nous considérons que le détaillant, moyennant un inventaire ou une réorganisation du magasin pour la période des soldes, retrouve tous les produits restants et les solde au prix unitaire  $s$ . Nous considérons les notations ci-dessous :

$X$  : variable aléatoire modélisant la demande, de densité de probabilité  $f_d(X)$  et de distribution  $F_d(X)$  ;

$Q$  : quantité commandée par le détaillant auprès du fournisseur en début de saison ;

$\theta$  : variable aléatoire bornée entre  $L_\theta$  et  $U_\theta$ , de moyenne  $\mu_\theta$  et d'écart-type  $\sigma_\theta$  permettant de quantifier la quantité des produits disponibles à la vente  $\theta Q$  et la quantité des produits non disponibles à la vente  $(1-\theta)Q$  ;

$c$  : le coût unitaire du fournisseur ;

$w$  : le prix unitaire de transaction entre le fournisseur et le détaillant ;

$r$  : le prix unitaire de vente du détaillant ;

$s$  : le prix unitaire de solde à la fin de la saison de vente.

Plusieurs scénarii ont été étudiés dans ce travail en fonction de l'information disponible sur l'erreur due au mauvais placement. La première situation concerne le cas où les deux acteurs connaissent l'existence de cette erreur et prennent en considération cette information dans leur décision. Une deuxième situation consiste à ignorer l'existence de cette erreur dans la prise de décision. Dans ce qui suit, nous développons le premier scénario. Nous déterminons analytiquement la quantité optimale  $Q^*$  à commander lorsque les acteurs de la Supply Chain opèrent de façon décentralisée, et où chacun de son côté a pour objectif de maximiser son profit. Nous comparons cette solution à la solution intégrée proposée par (Rekik et al., 2008) et nous proposons un contrat adapté à cette situation et qui permet de coordonner la Supply Chain.

### 2.2.2 Résultats obtenus

Nous commençons cette partie par exposer la solution de la Supply Chain intégrée qui nous servira comme solution de référence pour mesurer l'impact de la décentralisation sur les performances de la Supply Chain dans le cas des mauvais placements. (Rekik et al., 2008) donnent l'expression du coût moyen du système étudié et démontrent que la quantité optimale à commander  $Q_c^*$  est unique et solution de l'équation ci-dessous :

$$\int_{L_\theta}^{U_\theta} \theta g(\theta) [1 - F(\theta Q_c^*)] d\theta = \frac{c-s}{r-s} \text{ si } \mu_\theta \geq \frac{c-s}{r-s} \text{ et } Q_c^* = 0 \text{ sinon} \quad (4.3)$$

Ils montrent aussi que l'espérance du profit optimal est :

$$\pi_c(Q_c^*) = (r - s) \int_{L_\theta}^{U_\theta} \int_0^{\theta Q_c^*} x f(x) g(\theta) dx d\theta \text{ si } \mu_\theta \geq \frac{c-s}{r-s} \text{ et } \pi_c(Q_c^*) = 0 \text{ sinon} \quad (4.4)$$

Le message principal à retirer de ce résultat est que la quantité optimale à commander augmente quand l'erreur due au mauvais placement augmente jusqu'à une certaine limite. Au-delà de cette limite, les pertes dues au mauvais placement sont si importantes qu'il devient plus intéressant de ne plus commander.

Dans ce qui suit, nous nous intéressons à une Supply Chain décentralisée composée de deux acteurs. La situation initiale concerne le cas non coordonné où chaque acteur a pour objectif de maximiser son propre profit. Nous déterminons l'expression du profit moyen du détaillant en fonction du prix de transaction  $w$  proposé par le fournisseur ainsi que le profit moyen du fournisseur en fonction de la quantité  $Q$  commandée par le détaillant (voir (Rekik et al., 2007)).

Le théorème ci-dessous permet de déterminer les paramètres optimaux ainsi que les profits associés au système étudié. Rappelons que  $\mu_\theta$  la proportion moyenne des produits disponibles à la vente par rapport à la quantité  $Q$  commandée. L'indice  $DU$  indique le cas décentralisé non coordonné.

#### **Théorème :**

Si la distribution de la demande est une fonction IGFR (Increasing General Failure Rate) alors, pour  $\mu_\theta \leq \frac{w_{DU}-s}{r-s}$ , la politique optimale du détaillant est de ne pas commander, sinon :

i. la quantité optimale  $Q_{DU}^*$  commandée par le détaillant est la solution de l'équation ci-dessous :

$$\int_{L_\theta}^{U_\theta} \theta g(\theta) [1 - F(\theta Q_{DU}^*) - \theta Q_{DU}^* f(\theta Q_{DU}^*)] d\theta = \frac{c-s}{r-s} \quad (4.5)$$

ii. le prix de transaction optimal proposé par le fournisseur est la solution de l'équation ci-dessous :

$$w_{DU}^* = \int_{L_\theta}^{U_\theta} c + (r-s)\theta(\theta Q_{DU}^*)f(\theta Q_{DU}^*)g(\theta)d\theta \quad (4.6)$$

iii. le profit moyen à l'optimum du fournisseur est :

$$\pi_{S-DU}^* = (r-s) \int_{L_\theta}^{U_\theta} (\theta Q_{DU}^*)^2 f(\theta Q_{DU}^*) g(\theta) d\theta \quad (4.7)$$

iv. le profit moyen à l'optimum du détaillant est :

$$\pi_{R-DU}^* = (r-s) \int_{L_\theta}^{U_\theta} \int_0^{\theta Q_{DU}^*} x f(x) g(\theta) dx d\theta \quad (4.8)$$

L'optimisation de la quantité à commander est un compromis entre ce qui sera disponible à la vente et le risque d'inventus en fin de saison. Donc, plus l'erreur de placement augmente ( $\mu_\theta$  diminue), plus le détaillant aura intérêt à commander plus pour augmenter la quantité disponible à la vente. Ceci générera plus d'inventus à la fin de la saison et au-delà d'une certaine limite de la valeur de l'erreur, il devient non rentable de commander. Face à cette situation, le fournisseur réagira en baissant ses prix quand l'erreur augmente pour inciter le détaillant à commander encore plus.

Nous avons aussi analysé ce système en fonction de la variabilité de l'erreur et nous avons montré que l'augmentation de  $\sigma_\theta$  conduit le détaillant à diminuer la quantité à commander. Cependant l'impact de ce paramètre sur son profit est plus complexe à analyser. En effet l'augmentation de  $\sigma_\theta$  augmente la probabilité de tomber en rupture et par conséquent diminue le profit moyen du détaillant. D'un autre côté, cette augmentation conduit à la diminution du prix de transaction proposé par le fournisseur et donc à l'augmentation de ce profit moyen. L'analyse numérique montre que les paramètres du système impactent l'équilibre de ces deux phénomènes et conduisent à l'une ou à l'autre des deux situations.

Ce qui ressort aussi de cette étude est que le profit moyen du fournisseur diminue en fonction de la variabilité de l'erreur de placement.

La comparaison entre le système intégré et le système décentralisé dans le cas des mauvais placements, permet de mesurer l'impact négatif de la décentralisation sur les performances de la Supply Chain. L'objectif est de concevoir des mécanismes de coordination qui permettent de remédier à cette perte d'efficacité. Cependant, les contrats classiques comme le buy-back ou le revenue sharing ne permettent pas de coordonner cette Supply Chain en prenant en compte l'erreur de placement. Nous avons donc proposé un contrat de type buy-back modifié dans lequel le fournisseur, pour inciter le détaillant à commander plus, lui propose de racheter, à un prix unitaire  $b$ , la partie de la quantité non vendue provenant du rayon. Ce contrat nous paraît équitable étant donné que le fournisseur n'a pas à subir les erreurs commises par le détaillant et qui ont conduit au mauvais placement. De plus, nous avons montré que ce contrat coordonne la Supply Chain, comme le montre le théorème ci-dessous :

***Théorème :***

Il existe un couple  $(w_{DC}, b_{DC})$  qui permet de coordonner la Supply Chain décentralisée :  $w_{DC} = [r\mu_\theta + (1 - \mu_\theta)s] - \varepsilon$  et  $b_{DC} = r - \varepsilon \frac{r-s}{[r\mu_\theta + (1-\mu_\theta)s] - c}$  avec  $\varepsilon$  un paramètre appartenant à  $[0; [r\mu_\theta + (1 - \mu_\theta)s] - c]$ .



- i. avec ces paramètres, le détaillant commande  $Q_C^*$ , la quantité optimale du système intégré et le profit total est égal au profit optimal du système intégré.
- ii. le profit moyen du détaillant est proportionnel au profit optimal du système intégré et il est croissant en fonction de  $\varepsilon$ .
- iii. le profit moyen du fournisseur est proportionnel au profit optimal du système intégré et il est décroissant en fonction de  $\varepsilon$ .

Ce résultat montre aussi que le contrat obtenu est flexible puisque le paramètre  $\varepsilon$  permet de partager d'une façon arbitraire le gain entre les deux acteurs.

### 2.2.3 Analyse numérique

Dans ce qui suit, nous illustrerons certains résultats obtenus dans la sous-section précédente. Nous considérons une demande qui suit une loi normale de moyenne  $\mu_X = 10$  et d'écart-type  $\sigma_X = 2$ . L'erreur de placement suit une loi uniforme entre  $L_\theta$  et  $U_\theta$ . Les paramètres de coût sont  $c = 7$  et  $s = 1$ . La Figure 25 montre que si l'erreur de placement augmente, le profit de la Supply Chain diminue. Cependant, cette augmentation génère des quantités à commander plus grandes jusqu'à un certain seuil où le profit devient négatif, ce qui contraint le détaillant à ne plus commander.

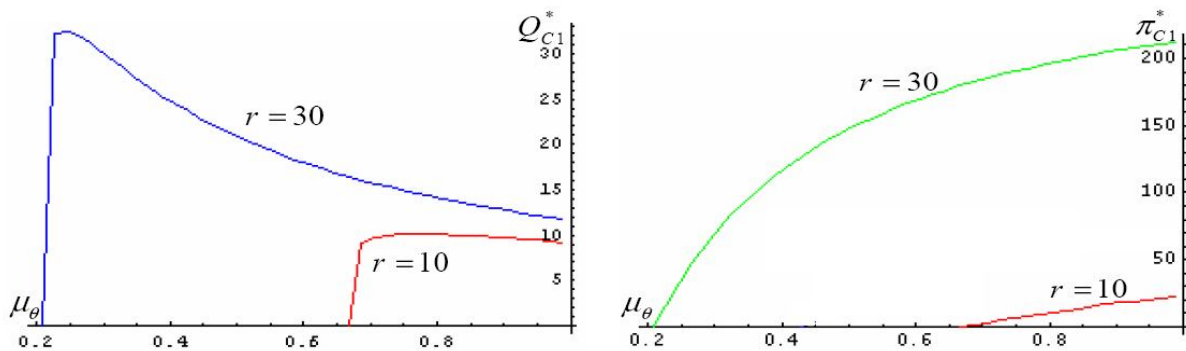


Figure 25 : Effet de l'erreur de placement sur la quantité optimale et le coût qui lui est associé

Dans le cas décentralisé, il est intéressant de voir le comportement du profit de détaillant en fonction de la variabilité de l'erreur. En effet, comme l'illustrent la Figure 26, l'augmentation de la variabilité peut entraîner aussi bien l'augmentation que la diminution de ce profit et ceci dépend des paramètres du système. Or, puisque le profit du fournisseur est décroissant en fonction de la variabilité de l'erreur, ceci nous conduit à des situations où l'un des acteurs pourrait être réticent à une collaboration qui vise à agir sur cette erreur. L'autre acteur serait amené à fournir plus d'efforts pour coordonner la Supply Chain.

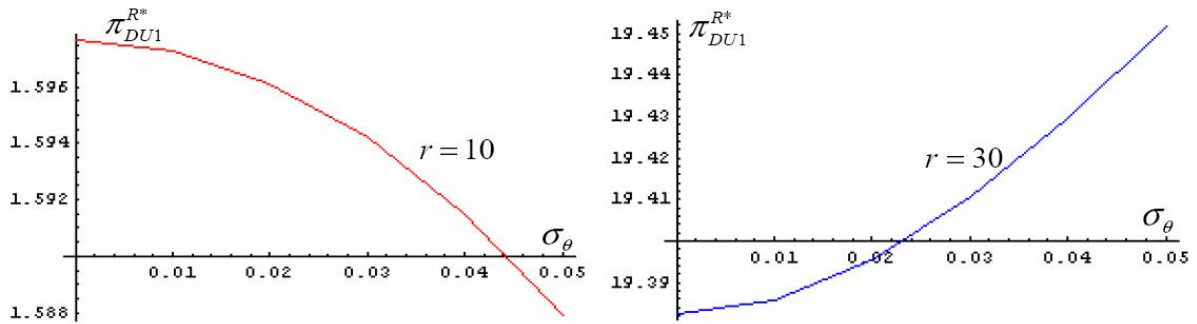


Figure 26 : Effet de la variabilité de l'erreur de placement sur le coût optimal

### 2.3 Conclusion et perspectives

Plusieurs études empiriques ont montré que les erreurs entre les stocks physiques et ceux du système d'information sont très fréquentes et conduisent à des pertes considérables pour les entreprises. Ce travail a permis de quantifier cette perte de façon analytique pour chaque acteur de la Supply Chain et de proposer des contrats de coordination qui améliorent les performances de la chaîne.

Un deuxième travail (Rekik et al., 2007) a permis d'étudier l'impact de la technologie RFID, qui permet de réduire considérablement voire d'annuler ces erreurs, sur les performances de la Supply Chain décentralisé. Ce travail permet d'identifier le meilleur levier d'amélioration entre l'utilisation de la technologie et la collaboration entre les acteurs de la Supply Chain, en fonction des différents paramètres du système dont les coûts de la technologie.

Afin de compléter cette étude, il serait intéressant de l'étendre vers des politiques de pilotage de flux multi-périodes. Un premier travail a été réalisé par (Rekik et Jemai, 2009). Cette piste présente un challenge intéressant sur le plan technique du fait de la complexité de la quantification de l'erreur sur plusieurs périodes.

### 3 Proposition des contrats de coordination en pilotage de flux multi-périodes

Cette section résume certaines recherches débutées durant ma thèse et poursuivies lors de collaborations avec Fikri Karaesmen de Koç University d'Istanbul. Ces travaux de recherche ont fait l'objet de deux publications dans des revues internationales ((Jemai et Karaesmen, 2005; Jemai et Karaesmen, 2007)) ainsi que deux papiers dans des conférences internationales.

#### 3.1 Motivations et synthèse bibliographique

La majeure partie des travaux de recherche menés sur la coopération entre deux étages de la Supply Chain, un étage fournisseur et un étage client, s'est intéressée au modèle mono-période de type vendeur de journaux. Ce modèle à la fois simple et intéressant a généré une multitude de travaux qui a permis de montrer l'intérêt de la coopération et de bien comprendre ses mécanismes et la logique des contrats de coordination qui en découlent. Cependant, le modèle de vendeur de journaux présente deux limitations majeures : tout d'abord, d'un point de vue applicatif, c'est un modèle de pilotage de flux mono-période. Néanmoins, il peut être utilisé dans un contexte multi-périodes, soit comme approximation (on parle par exemple de politiques myopes), soit appliqué à un nombre très restreint de périodes, soit encore pour des produits qui permettent une certaine indépendance entre les périodes, comme certains produits périssables. La deuxième limitation est la modélisation du rapport de force entre les deux acteurs de la Supply Chain. En effet, par construction, le modèle de vendeur de journaux met les acteurs dans un contexte de décision séquentielle de type « prendre ou laisser ». Par exemple, le fournisseur propose un prix de transaction et le détaillant peut soit accepter soit refuser le prix proposé. Le modèle optimise par la suite la quantité à commander. Du point de vue de la théorie des jeux, ce contexte correspond à un équilibre de type Stackelberg avec un acteur dit leader et un autre dit suiveur. Or, dans beaucoup de cas, les produits sont permanents et les politiques multi-périodes sont plus adaptées. De plus, la diversité des relations entre acteurs de la Supply Chain nécessite l'utilisation d'autres d'équilibres comme celui de Nash par exemple.

L'un des premiers travaux qui ont appliqué cette démarche de compétition/collaboration entre deux acteurs de la Supply Chain avec des politiques de pilotage de flux multi-périodes est celui de (Cachon, 1999). Ce travail a inspiré mes directeurs de thèse et moi-même dans les réflexions sur mon sujet de doctorat (Jemai, 2003). En parallèle, une autre thèse sur le sujet a débuté à l'université de Minnesota (Weerawat, 2002). Puis d'autres thèses ont suivi, comme par exemple les travaux de (Arda, 2008) et de (Taratynava, 2009).

(Cachon, 1999) a étudié un modèle à deux étages : un étage de production/stockage et un étage de stockage. Il a considéré des politiques de stock nominal, une demande suivant une loi de Poisson et des ventes perdues. Deux ans plus tard, l'auteur a étendu son travail au cas d'un fournisseur et plusieurs détaillants et a considéré des politiques à point de commande  $(r, Q)$  (Cachon, 2001). Dans ((Jemai et Karaesmen, 2007), nous avons considéré un modèle similaire avec des demandes mises en attente. Ceci nous a permis de vérifier le comportement asymptotique des performances de notre système pour des taux d'utilisation élevés, ce que le modèle avec des ventes perdues ne le permet pas. (Cachon et Zipkin, 1999) se sont intéressés à un système à deux étages géré par une politique de stock nominal avec demandes mises en attente, mais ils n'ont pas traité le problème de capacité de production dont nous avons prouvé l'influence non négligeable sur les performances du système (Jemai et Karaesmen, 2007). (Weerawat, 2002) s'est intéressée à un modèle à deux étages de production/stockage mais elle a considéré une politique de production à la commande dans le

deuxième étage. (Arda, 2008) a étudié un modèle plus général avec deux étages de production/stockage. Cependant, vu la complexité d'un tel modèle, elle a utilisé des méthodes approximatives comme la méthode LZ proposée par (Lee et Zipkin, 1992).

Dans la suite, je m'intéresse à un problème différent et peu exploré dans la littérature. Je considère le cas du pilotage de flux avec information avancée sur la demande c'est-à-dire qu'il existe un délai non nul entre l'expression de la demande et la récupération des produits par le client. Cette problématique fréquente dans un contexte B to B se développe de plus en plus en B to C. Un cas classique est celui de la grande distribution avec les nouveaux canaux de distribution comme le Drive ou les magasins virtuels. Le client passe désormais commande sur internet ou dans l'espace du magasin virtuel et récupère plus tard sa commande.

## 3.2 Notre proposition

Deux travaux de référence se sont intéressés à ce problème de pilotage de flux avec information avancée dans le cas mono-étage. (Buzacott et Shanthikumar, 1994) modélisent cette information comme un délai fixe que le fournisseur doit respecter alors que (Karaesmen et al., 2002) tolèrent des livraisons à l'avance si des produits sont disponibles dans le stock. Nous utilisons le modèle de (Buzacott et Shanthikumar, 1994) comme solution de référence pour la Supply Chain intégrée et nous développons une version décentralisée de ce modèle. Nous proposons par la suite des contrats de coordination et nous étudions l'impact de l'information avancée sur la performance de ces contrats. La flexibilité que peut avoir le client final dans ce type de système et l'impact du délai de l'information sur les performances du fournisseur justifient l'intérêt d'étudier l'interaction entre les deux acteurs et les possibilités de collaboration entre eux.

### 3.2.1 Modèle étudié et notations

Nous considérons une chaîne logistique mono-produit à deux étages. Le premier étage, géré par le fournisseur, est un étage de production/stockage avec un temps de production exponentiel de taux  $\mu$ . La politique utilisée par le fournisseur est une politique de stock nominal de paramètre  $S_s$ . Le deuxième étage est un étage de stockage géré par le détaillant avec une politique de stock nominal de paramètre  $S_r$ . Les clients arrivent selon une distribution de Poisson de taux  $\lambda$  et sont livrés après un délai constant noté  $\tau_2$ . Les demandes non satisfaites seront mises en attente et une pénalité  $b$  par client par unité de temps sera partagée entre les deux agents. Chaque unité stockée chez le fournisseur (respectivement chez le détaillant) coûte  $h_s$  (respectivement  $h_r \geq h_s$ ) par unité de temps. L'information sur la demande est transmise immédiatement chez le fournisseur et le temps de transfert entre les deux étages est supposé négligeable. Nous considérons les notations ci-dessous :

$\mu$  : le taux de production chez le fournisseur ;

$\lambda$  : le taux d'arrivée de la demande chez le détaillant ;

$\tau_2$  : le délai de livraison du client ;

$S_s$  : le niveau du stock nominal chez le fournisseur ;

$S_r$  : le niveau du stock nominal chez le détaillant ;

$b = b_s + b_r$  : la pénalité par client par unité de temps des demandes non satisfaites. Cette pénalité est partagée entre le fournisseur et le détaillant;

$h_s$  : le coût du stock chez le fournisseur par unité de produit par unité de temps ;

$h_r : (h_r \geq h_s)$  le coût du stock chez le détaillant par unité de produit par unité de temps ;

La Figure 27 illustre le système étudié.

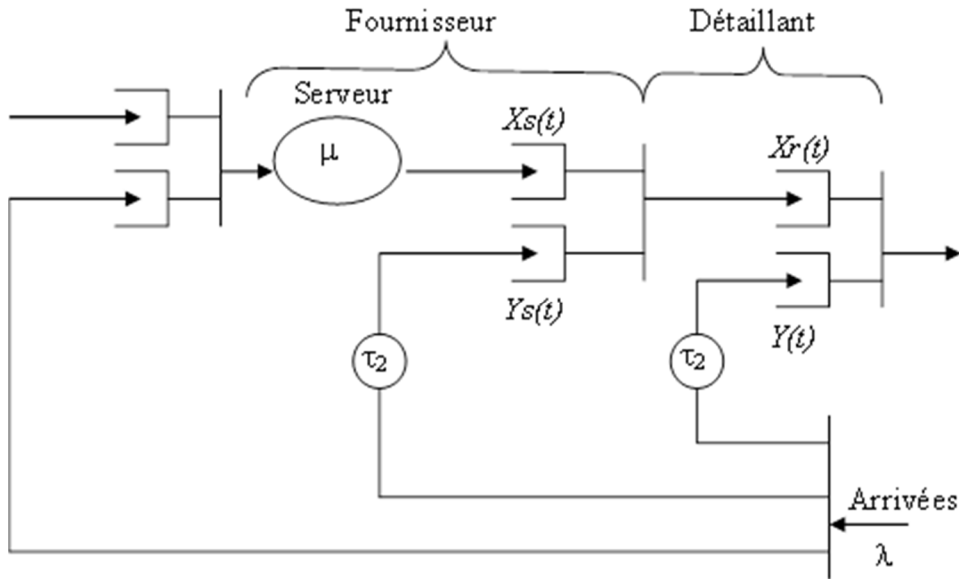


Figure 27 : Modèle de production par anticipation avec fenêtres de temps dans une politique de stock nominal

### 3.2.2 Résultats obtenus

Afin de résoudre cette problématique, nous adoptons la démarche classique consistant à résoudre le modèle intégré dans lequel la Supply Chain est gérée par un seul acteur, le modèle décentralisé avec deux décideurs et la proposition des contrats de collaboration entre les deux acteurs afin de coordonner le modèle décentralisé.

Avec les hypothèses sur le temps de transfert négligeable entre les deux étages et le coût de stockage plus faible au premier étage, il est évident que la politique optimale pour la Supply Chain intégrée est de ne garder du stock qu'à l'étage amont. Ainsi, le système étudié est équivalent à celui traité par (Buzacott et Shanthikumar, 1994). Les auteurs montrent que le niveau optimal du stock nominal est déterminé par l'équation ci-dessous :

$$S_c^* = \left\lfloor \frac{\text{Log} \frac{h_s}{h_s + b}}{\text{Log} \rho} + \frac{\mu \tau_2 (1 - \rho)}{\text{Log} \rho} \right\rfloor \text{ avec } \rho = \lambda / \mu \quad (4.9)$$

(Buzacott et Shanthikumar, 1994) montrent que le stock nominal optimal  $S_c^*$  est décroissant en fonction du délai client  $\tau_2$  et que pour un délai critique  $\tau_{2c}$  (Equation 4.10), la politique optimale est de produire à la commande ( $S_c^* = 0$ ) et qu'au-delà de ce délai, il n'est pas intéressant d'avoir de l'information à l'avance.

$$\tau_2 = \tau_{2C} = \left[ \frac{\text{Log} \frac{h_s}{h_s + b}}{\mu(1 - \rho)} \right] \quad (4.10)$$

Notons que pour le système étudié la politique de type stock nominal n'est pas nécessairement optimale mais donne des résultats de très bonne qualité comme le montrent (Karaesmen et al., 2002).

Dans le cas décentralisé, chaque acteur a pour objectif de minimiser les coûts du maillon dont il est responsable. Cependant, l'interaction entre les deux maillons fait que les décisions de chacun impactent les performances de l'autre, ce qui nous a conduit à utiliser la théorie des jeux afin de déterminer les paramètres optimaux de la politique de chaque acteur.

Du fait que le système étudié est multi-périodes, différents équilibres de la théorie des jeux peuvent être utilisés permettant de modéliser le rapport de force qui peut exister entre les deux acteurs. Dans ce qui suit, nous exposons les résultats obtenus dans le cas de l'équilibre de Nash. Cet équilibre représente un rapport de force équilibré entre les deux acteurs et stipule que les décisions sont soit simultanées soit itératives jusqu'à la convergence des stratégies de chaque acteur.

Soient  $E[X_s(S_s, S_r)]$  le niveau de stock moyen du fournisseur,  $E[X_r(S_s, S_r)]$  le niveau de stock moyen du détaillant et  $E[Y(S_s, S_r)]$  le nombre moyen de demandes en attente.

Les coûts respectifs du fournisseur et du détaillant sont :

$$C_s(S_s, S_r) = h_s E[X_s(S_s, S_r)] + b_s E[Y(S_s, S_r)] \quad (4.11)$$

$$C_r(S_s, S_r) = h_r E[X_r(S_s, S_r)] + b_r E[Y(S_s, S_r)] \quad (4.12)$$

À partir de ces résultats, nous pouvons déterminer, pour chaque acteur, sa courbe de réaction en fonction de la stratégie proposée par l'autre acteur. La proposition ci-dessous donne l'expression de ces courbes.

**Proposition:**

La courbe de réaction du fournisseur en fonction du choix stratégique  $S_r$  du détaillant s'écrit de la manière suivante :

$$S_s^*(S_r) = \left[ \frac{\text{Log} \frac{h_s}{h_s + b_s \rho^{S_r}}}{\text{Log} \rho} + \frac{\mu \tau_2 (1 - \rho)}{\text{Log} \rho} \right]^+ \quad (4.13)$$

La courbe de réaction du détaillant en fonction de la stratégie  $S_s$  du fournisseur s'écrit comme suit :

$$S_r^*(S_s) = \left[ \frac{\text{Log} \frac{h_r}{h_r + b_r}}{\text{Log} \rho} + \frac{\mu \tau_2 (1 - \rho)}{\text{Log} \rho} - S_s \right]^+ \quad (4.14)$$

L'équilibre de Nash est donc l'intersection de ces deux courbes de réaction. La discrétisation du niveau du stock nominal fait que les deux courbes peuvent se recouper plusieurs fois, ce qui conduit à plusieurs équilibres de Nash. Néanmoins, nous avons prouvé numériquement que les performances des différents équilibres sont très proches.

À partir de l'analyse de ces courbes de réaction, nous constatons que le niveau de stock global du système décentralisé est toujours inférieur à celui du système centralisé sauf dans les cas extrêmes de  $b_r$  ou de  $b_s$ . En conséquence, les coûts du système décentralisé sont plus importants que les coûts du système centralisé à cause des ruptures plus fréquentes. Néanmoins, cette perte d'efficacité diminue en fonction de la valeur de l'information avancée  $\tau_2$ . En effet, pour  $\tau_2 = \tau_{2C}$ , la politique optimale est de produire à la commande dans les deux systèmes et donc la gestion décentralisée ne dégrade pas les performances de la Supply Chain.

Afin d'améliorer les performances du modèle décentralisé, nous avons proposé un contrat noté  $\alpha_s$  dans lequel le fournisseur propose de payer une quantité  $\alpha_s h_r$  par unité de temps pour chaque élément de stock du détaillant afin de l'inciter à garder plus de stock. Nous montrons que ce contrat coordonne la chaîne logistique étudiée pour la valeur  $\alpha_s = 1 - b_r/b$ .

Il est intéressant de noter que la flexibilité du contrat proposé augmente en fonction de la valeur de l'information avancée  $\tau_2$ .

Nous avons proposé un deuxième contrat innovant par rapport à la littérature existante dans lequel le détaillant accepte de recevoir les produits à l'avance dans les limites d'une fenêtre de temps  $[\tau_1, \tau_2]$ . Rappelons que dans le modèle initial, le détaillant n'accepte d'être livré qu'après un délai  $\tau_2$ . Nous montrons aussi que ce contrat coordonne la Supply Chain sous certaines conditions sur les paramètres du système.

### 3.2.3 Analyse numérique

Afin d'illustrer les résultats obtenus dans la section précédente, nous considérons un cas nominal avec  $\rho = 0.9$ ,  $\mu = 1$ ,  $h_s = h_r = 1$  et  $b = 10$ . La Figure 28 montre la perte relative du système décentralisé par rapport au système centralisé en fonction de la proportion de la pénalité de rupture  $b_r$  payée par le détaillant et de la valeur de l'information avancée  $\tau_2$  (notons que  $\tau_{2C}$  est égale à 23,98 dans notre cas).

Nous remarquons que cette perte d'efficacité  $PR$  peut dépasser les 10% et qu'elle diminue en fonction de  $\tau_2$  mais l'ampleur de cette diminution dépend de  $b_r$ .

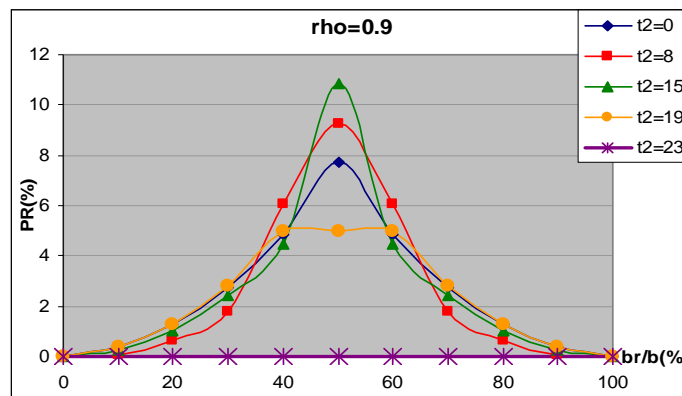


Figure 28 : L'efficacité de l'équilibre de Nash en fonction de  $b_r$  pour différentes valeurs de  $\tau_2$

Les graphiques ci-dessous (Figure 29) montrent l'apport d'un contrat de type  $\alpha_S$  sur les performances du système étudié. Ils permettent aussi de voir l'évolution de la zone de flexibilité du contrat en fonction de  $\tau_2$ .

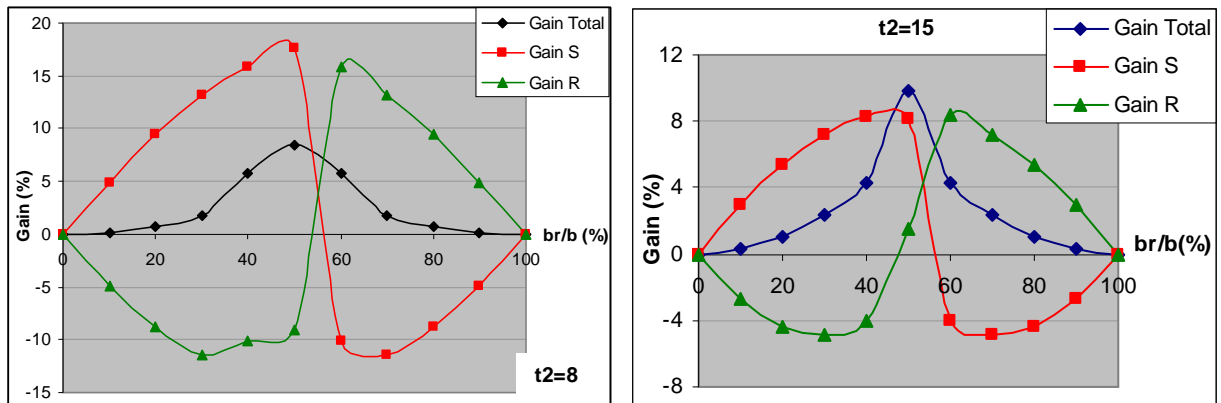


Figure 29 : Les courbes de gain du contrat  $\alpha_S$  par rapport à l'équilibre de Nash

### 3.3 Conclusion et perspectives

Le travail présenté dans cette section est à notre connaissance le premier travail qui s'intéresse à la coordination d'un système de pilotage de flux avec information avancée. Nous avons montré que la perte d'efficacité du système décentralisé dépend de l'information avancée disponible et qu'il est possible de concevoir des contrats qui permettent de coordonner la Supply Chain. Cependant les contrats discutés ci-dessus sont peu flexibles dans le sens où les plages de paramètres où les deux acteurs sont gagnants sont étroites. Une piste de recherche innovante dans le domaine de la coordination est de concevoir des contrats de coordination partiels qui se focalisent sur l'adhésion des acteurs au contrat plutôt que sur la maximisation du gain global apporté. Cette piste que j'ai l'intention de creuser sera détaillée dans mes perspectives dans le chapitre 5.



## 4 Proposition d'une méthode de formation de coalitions efficaces et stables entre acteurs de la Supply Chain

Ce travail a été réalisé dans le cadre de la thèse d'Adel el Omri, financée par une bourse ministérielle et soutenue en 2009. Cette thèse a fait l'objet d'un article publié dans une revue internationale (el Omri et al., 2012), deux articles dans des conférences internationales ainsi qu'un article soumis et un chapitre de livre.

### 4.1 Motivations et synthèse bibliographique

Comme évoqué dans l'introduction de ce chapitre, les travaux sur la coordination dans la Supply Chain sont généralement classés en deux grandes familles en fonction du positionnement des acteurs. On parle de coordination verticale entre maillons successifs de la Supply Chain et de coordination horizontale entre maillons du même niveau de la Supply Chain. Les travaux sur la coordination verticale sont très nombreux et les trois sections précédentes sont des exemples de ce type de coordination. En contrepartie, la coordination horizontale est moins présente dans la littérature même si les premiers travaux dans ce domaine datent des années 90. Cependant, dans le monde industriel, ce mode de collaboration est de plus en plus évoqué comme source potentielle d'amélioration des performances de la Supply Chain, que ce soient les performances économiques, environnementales ou sociétales. Le rapport du Global Commerce Initiative (GCI)<sup>5</sup> sur la Supply Chain du futur place ce domaine comme l'une des préoccupations majeures de la Supply Chain dans les années à venir (GCI, 2008).

Sur le plan théorique, la coordination horizontale fait émerger deux questions importantes : i) quels acteurs collaborent ensemble ? En d'autres termes, comment former les différentes coalitions entre acteurs ? ii) Comment répartir les gains de la collaboration entre les acteurs d'une coalition ? Ces deux questions sont intimement liées et doivent être abordées simultanément.

La théorie des jeux coopératifs apporte des outils précieux pour y répondre. (Meca et al., 2004) à une famille de jeux coopératifs nommée « Inventory games ». Elle consiste à baisser les coûts de stock d'un ensemble de détaillants par le regroupement de leurs commandes. Les auteurs montrent que le cœur de ce jeu n'est pas vide et propose une allocation des gains appartenant au cœur. (Dror et Hartman, 2007) étendent le modèle de (Meca et al., 2004) en analysant une structure de coût plus complexe. Ils montrent qu'il existe une condition nécessaire et suffisante sur ces coûts pour laquelle il est intéressant pour les acteurs de former une coalition et de garantir que le cœur du jeu soit non vide. (Anily et Haviv, 2007) s'intéressent au même modèle en adoptant une politique de type Power-of-Two plus facile à implémenter et montrent que le jeu est concave et par conséquent le cœur est non vide. (Zhang, 2009) reprend cette étude avec une structure de coût plus générale.

### 4.2 Notre proposition

Les articles cités ci-dessus s'intéressent à la formation de la grande coalition (i. e. tous les acteurs de la Supply Chain collaborent ensemble) et montrent sa stabilité ou donnent des conditions pour que cette coalition soit stable. Or, dans les travaux que nous allons développer ci-dessous, nous montrerons que d'une part, même pour des structures de coûts simples, l'optimisation des performances de la Supply Chain ne conduit pas nécessairement à la formation de la grande coalition mais à plusieurs coalitions. D'autre part, les acteurs qui sont, au départ, des entités indépendantes cherchant à maximiser leurs

---

<sup>5</sup> Le global Commerce Initiative (GCI) est une structure de travail créée en 1999 par des distributeurs (Auchan, Carrefour, Tesco,...) et des fabricants (Neslé, Coca-Cola, Procter&Gamble,...) afin de faciliter l'intégration de la chaîne d'approvisionnement et de simplifier les processus commerciaux.

performances individuelles ne s'intéressent pas forcément à l'optimum global de la Supply Chain mais aux performances de la coalition dont ils feront partie et à sa stabilité. L'objectif de ce travail est donc double : d'une part, nous nous intéressons à la formation des coalitions et d'autre part, nous définissons les règles de partage des gains au sein d'une même coalition pour garantir sa stabilité.

#### 4.2.1 Modèle étudié et notations

Nous considérons un fournisseur qui livre un ensemble de  $n$  détaillants. Chaque détaillant  $i$  fait face à une demande déterministe de taux constant  $D_i$  et s'approvisionne auprès du fournisseur à un prix unitaire  $C_i$  indépendant des quantités commandées. Le fournisseur facture un coût de passation de commande fixe composé d'un coût commun  $A$  pour tous les détaillants et d'un coût individuel  $G_i$  propre à chaque détaillant. Cette structure de coût, similaire à celle proposée par (Dror et Hartman, 2007) peut traduire pour la partie commune, la réception de l'ordre et la préparation de la commande par exemple et pour la partie individuelle, le coût de transport. Par ailleurs, chaque détaillant paye un coût de stockage. Nous considérons les notations ci-dessous :

$N = \{1..n\}$  l'ensemble des détaillants

$D_i$  : le taux de la demande pour le détaillant  $i$  ;

$C_i$  : le prix d'achat payé par le détaillant  $i$  par unité commandée ;

$A$  : la composante commune du coût de passation de la commande ;

$G_i$  : la composante individuelle pour le détaillant  $i$  du coût de passation de la commande ;

$h_i$  : le coût de stockage du détaillant  $i$  par unité de produit par une unité de temps.

Lorsqu'un groupe de détaillants forme une coalition, ils peuvent collaborer en passant des commandes communes au fournisseur. Dans ce cas, le fournisseur facture un coût de commande composé de la partie commune  $A$  et de la somme des coûts individuels  $G_i$  des membres de la coalition. Cette structure de coût tient compte des économies d'échelle qui peuvent être faites, par exemple, sur le traitement et la préparation des commandes mais aussi des surcoûts liés à l'augmentation des nombres de points d'arrêts et des distances parcourues. La Figure 30 illustre les deux situations : le cas où chaque détaillant agit seul et le cas où les détaillants forment des coalitions.

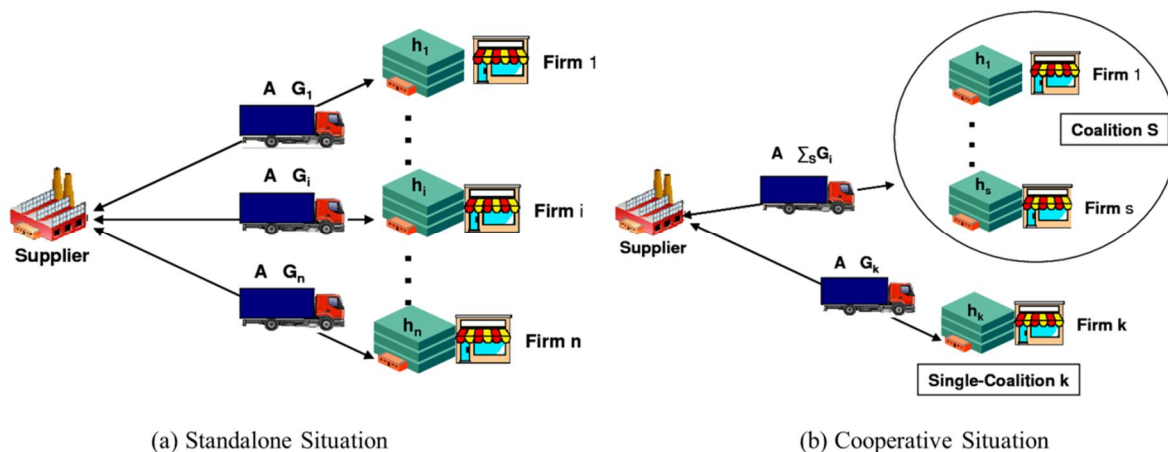


Figure 30 : Illustration de la problématique traitée

### 4.2.2 Résultats obtenus

Dans cette sous-section, nous étudions les deux problématiques de formation de coalitions et de partage de profit entre les acteurs de chaque coalition.

Dans la situation de départ, chaque détaillant œuvre de façon individuelle afin de minimiser ses coûts. Dans ce cas, la politique optimale pour chacun est la politique EOQ. Le temps de cycle optimal  $T_i^*$  ainsi que le coût optimal  $C^*(i)$  associé sont déterminés par les équations ci-dessous :

$$T_i^* = \sqrt{\frac{2(A+G_i)}{h_i D_i}} \text{ et } C^*(i) = \sqrt{2(A + G_i)h_i D_i} \quad (4.15)$$

D'autre part, lorsqu'une coalition  $S$  se forme et passe des commandes groupées, le temps de cycle optimal  $T_S^*$  ainsi que le coût optimal  $C^*(S)$  associé sont déterminés par les équations ci-dessous :

$$T_S^* = \sqrt{\frac{2(A+\sum_{i \in S} G_i)}{\sum_{i \in S} h_i D_i}} \text{ et } C^*(S) = \sqrt{2 \sum_{i \in S} (A + G_i) \sum_{i \in S} h_i D_i} \quad (4.16)$$

Ainsi, le gain  $v(S)$  pour une coalition est la différence entre la somme des coûts individuels générés par les membres de la coalition lors dans la solution initiale et le coût total généré par la coalition.

$$v(S) = (\sum_{i \in S} C^*(i)) - C^*(S) \quad (4.17)$$

Cette réduction de coût constitue la somme maximale que les membres de la coalition peuvent partager lorsqu'ils coopèrent ensemble. Notons que tout acteur ne faisant pas partie d'une coalition aura un gain  $v(i)$  égal à 0.

La solution optimale de la Supply Chain globale consiste en un ensemble de coalitions formant une partition de l'ensemble  $N$ . Cette partition optimale sera noté  $P^*$  et nous servira comme point de référence pour la solution qui sera développée ci-dessous. Notons que cette solution n'est pas évidente à mettre en application pour deux raisons. Tout d'abord, elle nécessite la collaboration et le partage de données de tous les acteurs de la Supply Chain et donc fort probablement l'implication d'un acteur externe comme un prestataire logistique. D'autre part, ces acteurs sont au départ en compétition et n'accepteront pas d'appliquer une telle solution sans en tirer un bénéfice qui nécessitera des transferts de gain entre les coalitions.

Face à ces difficultés, nous proposons dans ce travail une solution notée  $P^\#$  qu'on appellera « partition efficace » et qui a deux avantages : la constitution des coalitions se fait de manière indépendante des autres coalitions et les partages des gains de la coalition se font exclusivement entre les membres de la coalition.

Nous définissons tout d'abord la règle d'allocation proportionnelle qui sera appliquée pour la répartition des gains entre les différents acteurs. En effet, chaque acteur  $i$  appartenant à une coalition  $S$  aura une réduction des coûts  $X(i,S)$  calculée comme suit :

$$X(i,S) = \frac{C^*(i)}{\sum_{j \in S} C^*(j)} v(S) \quad (4.18)$$

Cette répartition a l'avantage d'affecter à chaque acteur un gain proportionnel au gain de la coalition à laquelle il appartient. Avec ce schéma, nous garantissons la stabilité des coalitions formées. En effet, un acteur donné sera accepté dans une coalition s'il permet d'augmenter le pourcentage de gains de cette coalition et sera rejeté dans le cas contraire.

Afin de former les coalitions de la partition efficace, nous procédons de façon séquentielle. Nous formons tout d'abord la coalition la plus efficace  $S_1^\#$  (celle qui a le gain proportionnel le plus élevé) parmi l'ensemble de toutes les coalitions possibles de  $N$ . Ensuite, nous formons la coalition la plus efficace  $S_2^\#$  de l'ensemble  $N-S_1^\#$  et ainsi de suite jusqu'à l'épuisement de l'ensemble  $N$  ou l'obtention de coalitions non efficaces (gain négatif par rapport à la solution individuelle). L'ensemble des  $S_i^\#$  forme la partition efficace  $P^\#$ .

Nous avons montré dans (el Omri et al., 2012) que  $P^\#$  est stable au sens faible et au sens fort si on admet la règle de répartition proportionnelle des gains.

Par ailleurs, nous avons aussi proposé un algorithme de détermination de la partition  $P^\#$  qui se base sur la programmation fractionnaire et nous avons aussi développé une heuristique inspirée des travaux de l'approvisionnement multi-produits pour accélérer les temps de calcul. Notons cependant qu'en pratique, les problématiques qui peuvent être traitées par ce modèle ne doivent pas être de très grande taille puisqu'on traite des coalitions d'acteurs.

### 4.2.3 Analyse numérique

Dans cette sous-section, nous illustrons numériquement les résultats obtenus ci-dessus. Nous faisons varier le coût commun  $A$  ( $A \in \{10; 30; 50\}$ ) ainsi que le nombre de détaillants  $N$  ( $N \in \{5; 10; 15; 20; 25\}$ ) et nous optimisons pour chaque couple  $(A; N)$  10 instances avec des paramètres générés aléatoirement dans les intervalles suivants :  $[1..500]$  pour le taux de demande  $D_i$ ,  $[1..10]$  pour le coût de stockage  $h_i$  et  $[1..50]$  pour le coût individuel  $G_i$ .

Les Tableaux 2 et 3 récapitulent les comparaisons faites entre la partition optimale et la partition efficace.  $\Delta\pi$  est la différence entre les gains relatifs de la partition optimale  $\pi(P^*)$  et la partition efficace  $\pi(P^\#)$ ,  $\pi(P)$  étant défini dans l'équation 4.19 ci-dessous.  $\Delta/P$  est la différence entre le nombre de coalitions qui forment la partition optimale et le nombre de coalitions formant la partition efficace.

$$\pi(P) = \frac{\sum_{S \in P} v(S)}{\sum_{i \in N} C(i)} \quad (4.19)$$

Le Tableau 2 montre d'abord que la partition efficace est performante puisque l'écart moyen avec la partition optimale ne dépasse pas 5% (la valeur maximale atteinte sur les 150 tests réalisés est de 11%). Notons que cet écart a tendance à augmenter quand  $N$  augmente alors que le coût commun  $A$  est moins influant. Le deuxième enseignement de ce tableau est que les gains potentiels de la collaboration peuvent être très importants et dépasser les 30%. Comme prévu, ce gain est croissant en fonction de  $A$ . Cependant, l'augmentation du nombre de détaillants n'affecte pas significativement ce gain. Ceci s'explique par la stabilité du nombre de détaillants par coalition comme le montre le Tableau 2.

	A=10		A=30		A=50	
	$\pi(P^\#)$	$\Delta\pi$	$\pi(P^\#)$	$\Delta\pi$	$\pi(P^\#)$	$\Delta\pi$
N=5	7,7%	1,1%	17,2%	2,6%	24,1%	1,9%
N=10	9,1%	1,47%	21,1%	1,9%	27,6%	4%
N=15	9,9%	1,6%	22,8%	2,4%	30,3%	4%
N=20	10,6%	2%	23,3%	3,9%	31,8%	4,2%
N=25	9%	3,6%	23,2%	4,6%	30%	4,11%

Tableau 2 : Performances de la solution proposée

L'analyse du Tableau 3 montre également que la partition efficace est formée en moyenne de plus de coalitions que la partition optimale i.e. elle contient moins d'acteurs par coalition. Cette observation constitue un argument en faveur de notre méthode car elle peut s'interpréter comme une solution moins coûteuse en termes de constitution des coalitions et des échanges d'information qui génèrent des coûts non pris en compte dans notre analyse.

Notons par ailleurs que, dans les deux partitions, nous sommes loin de la grande coalition largement étudiée dans la littérature même pour des grandes valeurs de  $A$  qui intuitivement devrait favoriser une telle solution.

	A=10		A=30		A=50	
	$ P^\# $	$\Delta P $	$ P^\# $	$\Delta P $	$ P^\# $	$\Delta P $
N=5	2,4	-0,3	2,1	-0,6	1,86	-0,48
N=10	4	-1,1	2,9	-0,7	3	-0,89
N=15	5	-1,7	3,8	-1,2	3,5	-1,31
N=20	6,1	-2,3	4	-1,4	3,5	-1,2
N=25	6	-1,9	4,1	-1,5	3,66	-1

Tableau 3 : Analyse du nombre moyen de détaillants par coalition

### 4.3 Conclusion et perspectives

Cette section a été consacrée à la collaboration entre acteurs du même niveau de la Supply Chain. Nous avons traité les deux problématiques interdépendantes de formation de coalitions et de partage de profit entre les acteurs d'une même coalition. Nous avons proposé une méthodologie de formation d'une partition efficace qui garantit un niveau de performance proche de la solution optimale et nous avons montré que le partage de profit par la règle proportionnelle permet d'avoir des coalitions stables.

Pour une coalition donnée, le coût de passation de commande considéré dans ce travail se compose d'un coût commun  $A$  et d'un coût individuel  $G_i$  par membre de la coalition. Cette structure permet de modéliser des systèmes avec des détaillants se trouvant par exemple dans une même zone de chalandise ou se faisant livrer d'un fournisseur lointain. Il serait intéressant de généraliser les résultats obtenus pour d'autres situations en considérant explicitement les tournées de véhicules entre les acteurs. Un premier travail a été fait avec Adel en prenant en compte la distance euclidienne. Néanmoins, la manipulation de la racine carrée dans les équations a rendu difficile ce travail et nous nous sommes contentés de résultats numériques. L'utilisation d'heuristiques peut apporter une solution à cette problématique.

# Chapitre 5: Perspectives de recherche

## 1 Introduction

Dans le chapitre 2, j'ai identifié quatre axes de recherche auxquels le Supply Chain Management doit apporter des solutions afin d'accompagner les mutations économiques et industrielles apparues lors de ces deux dernières décennies. Les quatre thématiques peuvent être résumées ainsi :

- La prise en compte de performances multicritères
- La prise en compte d'une expansion multidimensionnelle
- La prise en compte des interactions multi-acteurs
- Une modélisation explicite de l'incertitude

Mes travaux de recherche m'ont permis de mesurer l'importance que ces quatre thèmes représentent, non seulement pour le Supply Chain Management mais aussi pour tout autre Système Complexe, notamment le management des opérations de services tels que la santé, l'énergie, le transport, etc. Ainsi, je m'appuierai sur ces thèmes pour structurer mes objectifs de recherche à court et moyen termes. Mes travaux m'ont permis aussi de prendre du recul par rapport à ma méthodologie de recherche et d'aboutir à trois grands principes que je souhaite garder dans les années à venir :

### *Un bon compromis entre recherche académique et recherche appliquée :*

Ces dernières années, j'ai participé activement aux différentes réflexions menées au sein du laboratoire Génie Industriel de l'Ecole Centrale Paris. Ces réflexions nous ont menés entre autres à se fixer comme ambition d'être « créateur de valeurs scientifiques pour des valeurs industrielles et sociétales durables ». Mon parcours en recherche traduit bien cette ambition, depuis mes travaux de thèse et mes premiers encadrements à caractère académique, jusqu'à l'intégration de l'équipe de la Chaire et ses sujets de recherche. Mon objectif est de garder cet équilibre entre réflexion académique, qui me permet de pousser les limites de la modélisation et de la résolution loin des contraintes industrielles, et collaboration industrielle comme source d'inspiration des problématiques à traiter ainsi que terrain d'application et de validation de ces recherches.

### *Une continuité et une cohérence dans les sujets de recherche traités :*

Lors de mes recherches, j'ai réussi à établir un équilibre entre développer les travaux de recherche en cours et explorer nouveaux domaines. L'exploration de nouvelles pistes se fera en priorité à travers les domaines d'application comme la santé, les services ou d'autres opportunités qui peuvent se présenter à travers les Chaires et qui me permettra de mettre à contribution mes compétences.

### *De la pluridisciplinarité dans le traitement des sujets à travers des collaborations internes et externes ciblées :*

Ma collaboration avec des personnes de compétences diverses m'a permis d'enrichir mes connaissances et d'obtenir des résultats innovants dans nombre de mes travaux. Le couplage entre RFID et erreurs de pilotage de flux ou encore entre intégrateurs TTI et gestion de stock des produits périssables sont de bons exemples de cette collaboration. Pour mes recherches futures, je vise de continuer, lorsque l'opportunité se présente, à chercher cette complémentarité entre différentes compétences à travers différentes collaborations internes ou externes. Je suis plus favorable à des collaborations entre les personnes qu'aux collaborations institutionnelles. La première option me semble à la fois plus flexible, dans le sens où une simple rencontre dans un colloque ou un séminaire permet d'amorcer cette collaboration, et moins dépendante des mouvements des personnes. Les

travaux menés jusqu'aujourd'hui soit au niveau national avec par exemple Christian Van Delft de HEC ou international comme Nesim Erkip ou Fikri Karaesmen me confortent dans ces idées.

Le reste du chapitre est dédié à la présentation de mes perspectives de recherche à court et moyen termes dans le domaine du Supply Chain Management ainsi qu'aux extensions prévues vers d'autres domaines de recherche comme la santé et les services.

## 2 Mes perspectives de recherche dans le domaine du Supply Chain Management

### 2.1 La prise en compte d'une performance multicritère

#### 2.1.1 Motivations de recherche

La notion de performance industrielle a beaucoup évolué depuis les années 70 comme le soulignent plusieurs auteurs (voir par exemple (Lakri, 2011)). Cette évolution a impacté les différentes fonctions de l'entreprise dont le management de la Supply Chain. La notion de satisfaction du client final au moindre coût qui apparaissait dans la majorité des définitions du SCM au début des années 2000 est remplacée désormais par la notion de création de valeur pour ce client final et on parle même de plus en plus de valeurs durables.

Il y a une multitude de sujets autour de ce thème qui mobiliseront à la fois les industriels et la communauté scientifique dans les années à venir. Je cite par exemple l'intégration des trois piliers du développement durable dans l'optimisation de la Supply Chain. Une enquête menée en 2010 auprès de 582 entreprises européennes souligne la volonté des industriels de promouvoir le développement durable pour diverses raisons comme l'amélioration de leur image à la fois vis-à-vis des clients et des employés ou l'anticipation des contraintes réglementaires (BearingPoint, 2010). Un autre sujet important concerne la mesure de la satisfaction client. Cet indicateur clé de la performance de la Supply Chain devient de plus en plus difficile à appréhender du fait que le nombre de critères auxquels le client devient sensible ne cesse d'augmenter et que cette sensibilité est différente d'un client à l'autre.

#### 2.1.2 Travaux en cours

Deux thèses en cours traitent ce thème de recherche. Siham Lakri, qui a débuté en 2011 dans le cadre de la Chaire Supply Chain, mène des réflexions sur la notion de performance dans la Supply Chain, la relation entre la performance de l'entreprise et la performance de la SC, les indicateurs de performance de la SC ou encore l'animation de la performance de la SC. Un premier travail de benchmark d'une dizaine d'entreprises a permis d'identifier les éléments pouvant impacter la performance de la Supply Chain.

La thèse de Yann Bouchery qui sera soutenue à la fin de l'année, s'intéresse à la Supply Chain durable. Le premier apport de cette thèse est de proposer une méthodologie de construction d'indicateurs de performance pour intégrer l'aspect environnemental et sociétal dans l'évaluation de la performance d'une SC. La deuxième partie de cette thèse a permis de revisiter quelques modèles classiques de pilotage de flux afin de prendre en considération les critères de développement durable et de répondre à des problématiques courantes comme l'intérêt d'investir dans des technologies vertes ou l'impact de la collaboration sur les performances de la Supply Chain durable.

#### 2.1.3 Projets de recherche

Deux nouvelles pistes de recherche en relation avec les performances durables de la Supply Chain m'intéressent particulièrement.

Le premier sujet concerne les Supply Chains multi-étages. En effet, l'étendue géographique des Supply Chains ne cesse de croître, or le niveau de maturité des pays ainsi que leurs stratégies en matière de développement durable sont hétérogènes. A ceci s'ajoute l'existence de plusieurs politiques



réglementaires comme la taxe carbone ou les seuils d'émission. Dans ce contexte, comment peut-on optimiser des flux traversant plusieurs zones sujettes à des réglementations différentes et/ou des valeurs de seuils différentes ? Comment les décisions prises dans une région pourront impacter les performances des autres régions ? Un autre aspect de cette problématique est de tenir compte de l'aspect multi-acteurs de la Supply Chain. Comme l'a montré Yann Bouchery dans sa thèse, une optimisation efficace des performances durables de la Supply Chain passe généralement par une optimisation multicritère impliquant le décideur. Comment modéliser l'interaction entre plusieurs décideurs, qui n'ont pas nécessairement la même sensibilité aux aspects du développement durable ? Ce projet pourrait intéresser une ou plusieurs entreprises, notamment PSA qui a lancé ces dernières années plusieurs projets sur l'impact environnemental de leurs flux intercontinentaux.

Le deuxième sujet s'intéresse à la qualité de service perçue par le client final de la Supply Chain et son impact sur la demande. Plusieurs enquêtes montrent la corrélation entre la demande et les critères de performance qui intéressent les consommateurs comme leur sensibilité aux produits respectueux de l'environnement ou la fraîcheur des produits. Or, les travaux quantitatifs d'optimisation de la Supply Chain ne considèrent pas cette corrélation dans leurs modèles à l'exception de quelques travaux qui traitent le cas d'une demande dépendant du prix de vente (voir par exemple (Lau et Lau, 1988)). Mon objectif est de prendre en considération cette corrélation dans mes problématiques de recherche. Une première piste est actuellement à l'étude en collaboration avec le groupe Danone qui cherche à établir un lien entre les ventes et le degré de fraîcheur des produits mis en rayon.

## 2.2 La prise en compte d'une expansion multidimensionnelle

### 2.2.1 Motivations de recherche

Lors du 21<sup>ème</sup> congrès du FAPICS<sup>6</sup> en juin dernier, Pierre-Marie Gallois a décrit l'évolution du Supply Chain Management comme un jeu qui se pratique sur un terrain qui ne cesse de s'agrandir, avec des cages qui rétrécissent constamment, un ballon qui se déforme, des joueurs de plus en plus nombreux qui courent de plus en plus vite, des périodes de jeu qui diminuent et des parties que se jouent en simultané. Le nombre de buts à marquer étant en augmentation, la pratique du jeu doit être réinventée en permanence. Cette analogie que je trouve excellente montre à la fois l'expansion multidimensionnelle que vit la Supply Chain depuis quelques années et le besoin des chercheurs et des industriels à mener des réflexions sur ces différentes dimensions afin d'adapter la fonction Supply Chain à ces mutations.

Les problématiques que j'ai traitées dans ce contexte et dont certaines ont été développées au chapitre 3 me motivent pour continuer à travailler sur cet axe de recherche dans les années à venir.

### 2.2.2 Travaux en cours

Plusieurs de mes travaux en cours s'intègrent dans la thématique de recherche évoquée plus haut. La thèse de Sena Eruguz, débutée en 2010, s'intéresse à l'expansion de la structure de la Supply Chain et s'intéresse au pilotage de flux multi-étages. Nous montrons que l'approche stochastique atteint ses limites face à la complexité de la Supply Chain et que l'approche GSM (Guaranteed-Service Model) développée par (Graves et Willems, 2000) est plus adaptée. Nous proposons donc des extensions du modèle GSM afin de le rendre plus facilement applicable au contexte industriel.

---

<sup>6</sup> FAPICS : Association Française de Management des Opérations de la Chaîne Logistique

Une autre expansion concerne le périmètre de la Supply Chain qui s'étend au-delà du client final pour intégrer les flux de retour. Dans ce contexte un premier travail théorique a été réalisé en collaboration avec Jean-Philippe Gayon du G-SCOP<sup>7</sup> lors du stage master de Samuel Vercaene en 2009. Un deuxième travail s'insère dans le cadre de la thèse de Guillaume Goudenège, débutée en 2009. Dans cette thèse, nous nous intéressons au pilotage de flux de contenants réutilisables et nous proposons un ensemble de modèles génériques adaptables aux différentes entreprises de la Chaire.

La thèse d'Imen Safra, en cotutelle avec l'École Nationale d'Ingénieurs de Tunis, s'intéresse à l'expansion temporelle et montre que la coordination des niveaux de planification tactique et opérationnelle augmente les performances de la Supply Chain. L'application des modèles développés au sein d'une entreprise textile montre des baisses des coûts de la planification de la production et de la distribution dépassant les 10%.

### 2.2.3 Projets de recherche

Le premier projet de recherche qui m'intéresse dans ce domaine est celui du pilotage de flux des produits saisonniers ou de mode. Pour ce projet, j'ai obtenu avec Yves Dallery et Evren Sahin un financement du China Scholarship Council pour une thèse qui démarrera début 2013.

Du fait du raccourcissement des cycles de vie et du besoin permanent des entreprises de proposer de nouveaux produits, la proportion des produits non permanents ne cesse de croître et dépasse même les 50% dans certains secteurs comme le luxe. D'un point de vue modélisation pour l'aide à la décision au pilotage de flux de ce type de produits, le modèle du vendeur de journaux est le plus adapté. Cependant, les hypothèses sous-jacentes à ce modèle limitent son utilisation à certains cas. Notre objectif est d'étendre ce modèle et de proposer les adaptations nécessaires afin de couvrir un spectre plus large de produits saisonniers et de mode. Nous souhaitons en particulier analyser plus finement la caractérisation de la demande afin de tenir compte de l'éventuelle amélioration des prévisions de vente à l'approche de la saison et d'étudier le pilotage des approvisionnements de produits non seulement avant la saison de vente mais aussi pendant cette saison.

La logistique urbaine est le deuxième sujet qui me motive dans ce thème du fait des enjeux importants pour les années à venir et les défis scientifiques qu'elle propose. Je voudrais pouvoir proposer des solutions efficaces de pilotage de flux afin de tenir compte de la multiplication des canaux de livraison (commerce de proximité, points relais, livraison à domicile, ...). En plus de la recherche de la flexibilité, de plus en plus de contraintes doivent être prises en compte comme les contraintes de congestion, de nuisances sonores et de véhicules propres. Des pistes de réflexion comme le transport multimodal ou la collaboration entre différentes chaînes logistiques seront intéressantes à analyser de point de vue des performances économiques, environnementales et sociétales.

## 2.3 La prise en compte des interactions multi-acteurs

### 2.3.1 Motivations de recherche

Les entreprises sont conscientes de la nécessité de collaborer pour survivre, et les rapports successifs du GCI (Global Commerce Initiative) ne cessent de le rappeler comme étant un enjeu important pour les années à venir. Le nombre de travaux de recherche dans ce domaine progresse significativement. Néanmoins, les travaux quantitatifs en particulier ne s'intéressent qu'à un nombre restreint de catégories d'acteurs comme les relations fournisseurs-clients ou les relations entre entités

---

<sup>7</sup> G-SCOP : Laboratoire Sciences pour la Conception l'Optimisation et la Production (Université de Grenoble)

concurrentes. Inclure des acteurs comme les prestataires logistiques ou les entreprises complémentaires (celles qui fournissent un produit ou service complémentaire à l'entreprise concernée) intéresse fortement les industriels et représentent des pistes prometteuses de recherche pour les années à venir.

### 2.3.2 Travaux en cours

Deux travaux en cours s'intéressent à la coopération entre acteurs de la Supply Chain. Le premier sujet concerne la dernière partie de la thèse de Yann Bouchery, déjà évoquée précédemment, qui s'intéresse à l'impact de la prise en compte des performances durables sur la collaboration. Le deuxième sujet s'inscrit dans le cadre d'une collaboration avec Ibtissem Ernez et Khaled Hadj Youcef de l'Ecole nationale d'Ingénieurs de Monastir (Tunisie). Dans ce travail, nous développons des modèles stochastiques afin d'étudier un système à plusieurs fournisseurs et un client et nous essayons d'explicitier les conditions sous lesquelles les fournisseurs ont intérêt à collaborer afin de répondre à la demande du client.

### 2.3.3 Projets de recherche

Trois projets de recherche m'intéressent à court et moyen termes :

Le premier sujet est une extension de la littérature sur les contrats de coordination dans la Supply Chain. Les travaux actuels sur le sujet ont pour objectif de proposer des contrats permettant au système décentralisé d'atteindre les performances du système centralisé. Ces travaux montrent que les contrats proposés sont peu flexibles dans le sens où les plages de paramètres permettant aux différents maillons de la chaîne de bénéficier de l'apport du contrat sont étroites. Dans ce projet de recherche, je souhaite proposer des contrats qui mettront l'accent d'abord sur cette notion de flexibilité sans nécessairement atteindre les performances optimales de la Supply Chain globale. Ce type de contrat intéresserait à mon avis les entreprises qui cherchent généralement des mécanismes de collaboration gagnant-gagnant.

Le deuxième sujet concerne la collaboration de la Supply Chain dans le pilotage de flux des produits périssables. Comme présenté dans la section 3.2, ce type de produits présente un enjeu important à la fois pour les industriels et pour l'humanité dans le sens où il est très important de réduire les gaspillages au vu des scénarios futurs prévoyant l'insuffisance des ressources disponibles pour subvenir à nos besoins alimentaires. Dans la thèse de Chaaben Kouki, nous avons montré l'apport des nouvelles technologies comme les intégrateurs temps - température (TTI) dans le pilotage de flux de ces produits. Il serait intéressant de mener des études plus globales impliquant les différents maillons de la Supply Chain afin de voir l'impact de ces technologies sur les performances de chaque acteur et de proposer des mécanismes de collaboration équitables pour le partage à la fois des investissements en ces technologies et des gains espérés.

La dernière piste de recherche concerne la considération d'autres types d'acteurs de la Supply Chain. Comme précisé par (Brandenburger et Nalebuff, 1998), une entreprise est généralement en interaction avec quatre types d'acteurs : ses fournisseurs et ses clients d'un côté, et ses concurrents et ses entreprises complémentaires de l'autre (Figure 31). Ces dernières sont définies comme étant celles qui fournissent un produit ou service complémentaire à celui de l'entreprise et qui génère de ce fait une création supplémentaire de valeur. L'exemple typique des entreprises complémentaires sont les fournisseurs de jeux et ceux des consoles de jeu. A ma connaissance, il n'existe pas de travaux quantitatifs dans les domaines du Management Science qui traitent l'interaction entre ce type d'acteurs. Il serait intéressant d'étudier l'interaction entre ces acteurs, les possibilités de collaboration

entre eux, la valeur créée par cette collaboration et comment en partager les bénéfices. Ces pistes de recherche intéressent certes les industriels qui proposent de plus en plus d'offres de collaboration de ce type notamment dans le domaine de l'audiovisuel (comme le fait d'offrir cinq disques 3D pour l'achat d'un lecteur 3D). Ce type d'études peut même s'étendre à d'autres acteurs de la Supply Chain comme les prestataires logistiques, qui à travers le service qu'ils peuvent fournir comme des livraisons express ou le multicanal, peuvent être considérés comme des entreprises complémentaires qui vont permettre plus de création de valeur.

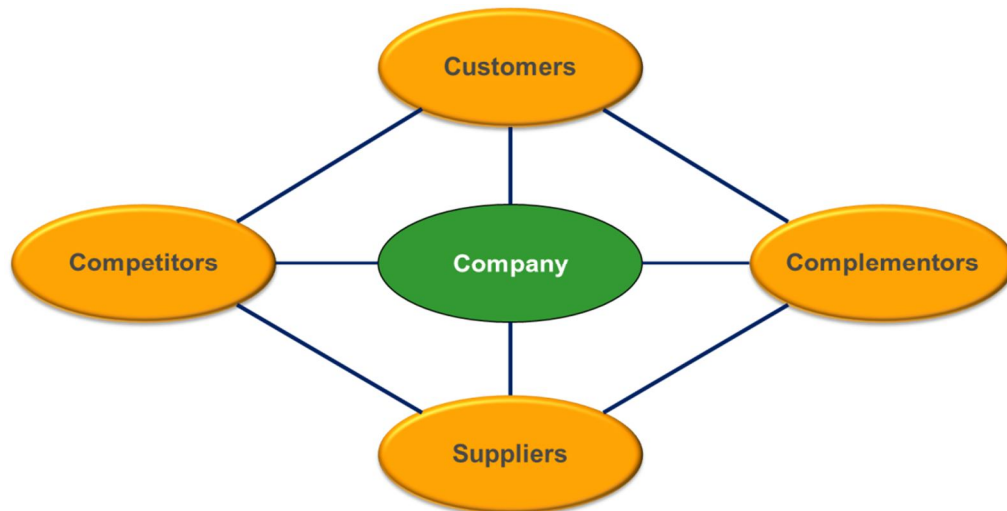


Figure 31 : Différentes interactions inter-entreprises (extrait (Brandenburger et Nalebuff, 1998))

## 2.4 Une modélisation explicite de l'incertitude

### 2.4.1 Motivations de recherche

Les mutations économiques actuelles font que, pour être compétitives, les entreprises doivent maîtriser l'offre et la demande. Or d'un côté comme de l'autre, l'incertitude ne cesse d'augmenter et il devient nécessaire de prendre en considération explicitement cette incertitude dans l'étude des différentes problématiques de la Supply Chain. Plusieurs travaux de recherche montrent l'intérêt d'une modélisation adéquate de l'incertitude dans le management de la Supply Chain et je suis convaincu que le nombre de ces travaux va croître dans les années à venir. Ceci me motive pour continuer à développer mes compétences dans ce domaine afin d'apporter des solutions à la fois sur les plans académique et industriel. J'ai eu le plaisir depuis des années de répondre à la sollicitation de plusieurs de mes anciens élèves, qui s'aperçoivent dans leurs entreprises de l'intérêt de la modélisation stochastique. Un projet de publication est même à l'étude pour l'une de ces collaborations avec Altis Semiconductor.

### 2.4.2 Travaux en cours

Du fait de la transversalité de ce thème, une bonne partie des travaux de recherche développés dans les sections et chapitres précédents prend en compte cet aspect aléatoire. J'ai utilisé dans ces travaux plusieurs outils comme les modèles stochastiques, la programmation dynamique stochastique ou la simulation.

### 2.4.3 Projets de recherche

La transversalité évoquée ci-dessus fait que la majorité des projets déjà présentés seront abordés sous cet aspect stochastique comme par exemple la gestion de stock des produits périssables ou la thèse qui démarrera début 2013 sur le pilotage de flux des produits saisonniers. Néanmoins, je détaillerai un projet que je classifie principalement dans cet axe de recherche qui est celui de l'étude de la flexibilité de la Supply Chain. Ce projet sera développé dans le cadre de la Chaire Supply Chain comme l'un des thèmes prioritaires pour nos partenaires industriels.

La flexibilité est définie par la Chaire Supply Chain comme étant « la capacité de l'appareil productif et logistique à répondre à la variabilité de la demande (avec la maîtrise du coût) dans le temps sur un horizon donné ». Plusieurs leviers existent pour rendre la Supply Chain flexible. Ces leviers dépendent de l'horizon temporel sur lequel ils peuvent être appliqués et le niveau de risque qu'on décide de prendre. L'enjeu de ce projet est d'étudier la cohérence globale de la flexibilité tout au long de la Supply Chain. En effet, les pratiques industrielles font que, pour chaque maillon de la Supply Chain, un niveau de flexibilité est accordé sans nécessairement vérifier si ces niveaux sont cohérents entre eux. Un constructeur automobile peut, par exemple, demander à son fournisseur une flexibilité de plus ou moins 30% par rapport à ses prévisions alors que son système de production ne peut absorber des variations supérieures à 20%. Ce type de situations peut générer des surcoûts inutiles du fait que le fournisseur fera payer d'une façon ou d'une autre cette flexibilité demandée par le constructeur et qui sera en fin de compte inutile.

Notons enfin que lors de mes travaux de recherche autour de la prise en compte des incertitudes dans le management des chaînes logistiques, j'ai utilisé différents types de modèles stochastiques comme décrit précédemment. Ces compétences ont été acquises progressivement en fonction des opportunités qui se sont présentées à moi, principalement lors des collaborations successives. Je souhaiterais dans l'avenir continuer à explorer et maîtriser d'autres outils dans ce domaine comme la programmation mathématique stochastique ou la logique floue.

### 3 Mes perspectives de recherche dans le domaine des services

#### 3.1.1 Motivations de recherche

Durant ces années passées au laboratoire Génie Industriel de l'ECP, j'ai pu profiter de la pluridisciplinarité et de la richesse des travaux menés par les différents chercheurs pour avoir une bonne vision de la recherche en Génie Industriel. Malgré leur grande diversité, ces travaux ont une caractéristique en commun : la complexité. Entre les systèmes de santé, la conception des processus, le management des projets complexes, les organisations, la Supply Chain, les systèmes de production, ... nous sommes devant des systèmes complexes à concevoir et/ou à piloter. L'analyse de la structuration de la recherche que j'ai proposée pour mes travaux en Supply Chain couplée aux discussions riches avec les autres membres du laboratoire me permet de conclure de l'importance des quatre thèmes que j'ai développés non seulement pour le management de la Supply Chain mais aussi pour tout autre système complexe. En effet, l'étude de tout système complexe passe par une définition précise de la notion de performance du système. Ces performances ne cessent de se diversifier et nécessitent le développement d'outils adéquats prenant en considération cette diversité comme la prise en compte des aspects multicritères ou les notions de développement durable. Une optimisation efficace d'un système complexe passe aussi par la prise en compte du système dans sa globalité, voire même de l'extension de ses frontières vers les autres systèmes en interaction. Des méthodes et outils de plus en plus performants sont nécessaires pour prendre en compte l'élargissement de ce périmètre. Les systèmes complexes font intervenir aussi une multitude d'acteurs avec des attentes propres qui peuvent être contradictoires et l'optimisation efficace de ces systèmes passe par une prise en considération de ses interactions et l'alignement des objectifs des différents acteurs autour d'un objectif global du système entier. Enfin, l'incertitude fait partie intégrante des caractéristiques du système complexe et la modélisation explicite de cette incertitude est nécessaire pour bien appréhender les problématiques à traiter.

La panoplie des domaines d'étude est très large comme l'énergie, le transport, la santé ou la production. Ceux qui m'intéressent à court et moyen termes sont les systèmes de service en général et le système de la santé en particulier pour les raisons que j'évoquerai plus loin. Néanmoins, je suis curieux de découvrir d'autres domaines et je regarderai avec attention les opportunités qui se présenteront à travers les collaborations, les Chaires ou encore les offres de financement. L'équilibre existant entre la production de biens et la production de services ne cesse de basculer ces dernières années vers les activités de service. Par conséquent, beaucoup de sociétés ont vu le jour et proposent, soit des activités de service pur, soit un accompagnement à la production de biens afin de se différencier par rapport à la concurrence et créer plus de valeur pour le client. Des analogies fortes existent entre les deux activités et il serait intéressant d'explorer, à la fois, les avancées acquises dans le domaine de la production de biens et les adapter aux activités de service, mais aussi, l'expertise poussée sur certains aspects importants dans le service comme la prise en compte des incertitudes et les appliquer dans le domaine des produits. Le deuxième domaine qui m'intéresse est celui de la santé. Ce domaine, qui peut être considéré comme appartenant aux activités de service, est particulier pour diverses raisons. Les performances relèvent plutôt de l'équité sociale et du devoir envers les patients que de simples critères de coûts et de profits. La notion d'incertitude peut aussi être très différente comme par exemple dans le cas de certaines pathologies où l'acheminement des patients entre les différents soins ainsi que les ressources nécessaires, dépendent de l'évolution de l'état du patient. Ces aspects différents de ceux que j'étudie d'habitude, rendent motivant le travail sur ces sujets et la recherche de solutions à de telles problématiques.

### 3.1.2 Travaux en cours

Un premier travail a été réalisé dans le domaine de la santé avec le SAMU (Services d'Aide Médicale Urgente) du département du Val de Marne. L'objectif était d'étudier divers scénarios afin d'augmenter, pour les arrêts cardiaques, la proportion d'appels auxquels le SAMU peut intervenir en moins de 15 minutes, temps mesuré entre la réception de l'appel et l'arrivée de l'équipe SMUR (Services Mobiles d'Urgence et de Réanimation) sur place. Le travail fait par Hans Castillo (stage de master recherche) et par Ana Iannoni en post-doctorat a motivé le SAMU pour aller plus loin. Nous avons déposé un dossier ANR en partenariat avec l'IGN (Institut Géographique Nationale) et l'école des Ponts. Le financement obtenu nous a permis, côté Centrale, de financer le post doc de Mahdi Moeini et la thèse en cours de Lina Aboueljinane. Lina s'est intéressée à la modélisation fine, sur le logiciel de simulation Arena, du fonctionnement du SAMU et à l'étude de l'impact des différents scénarios (variation du nombre de ressources, délocalisation des ambulances,...) sur les performances du système. Mahdi s'est focalisé sur l'optimisation du temps de trajet avec l'utilisation des solutions de relocalisation dynamiques des ambulances. Ce travail illustre bien l'importance des quatre problématiques évoquées précédemment comme la définition d'indicateurs de performance, l'étude du système dans sa globalité, l'importance de l'intégration de l'incertitude ou la coordination entre acteurs internes au SAMU mais aussi externes comme les pompiers et les hôpitaux.

### 3.1.3 Projets de recherche

Deux projets de recherche démarreront en 2013. Le premier projet dans le domaine de la santé sera financé par l'ARS (Agence Régionale de Santé), s'intéressera à l'organisation des activités dans les services d'urgence au sein des hôpitaux et s'effectuera en collaboration avec Oualid Jouini du LGI et Ger Koole de VU University d'Amsterdam. L'objectif est d'aboutir à des recommandations permettant de rendre les systèmes d'urgences plus réactifs face aux situations critiques de congestion élevée. L'une des étapes de travail est de développer des modèles de prévision afin de prévoir l'affluence des patients vers ces services et des différents acheminements des patients ainsi que les temps de traitement dans les différents services. Une autre réflexion, à mener dans le cadre de ce projet, est l'identification des indicateurs de performance adéquats pour mesurer la satisfaction des patients et l'efficacité du service proposé.

Le deuxième projet sur lequel nous allons travailler suite à l'obtention d'un financement ANR en collaboration avec Rouen Business School concerne la collaboration dans les domaines de services comme les centres d'appels téléphoniques. Une multitude de travaux existent autour des problématiques de centres d'appels comme la prévision et la modélisation de la demande, le dimensionnement et la planification du personnel ou encore la gestion temps réel ((Jouini, 2006)). Cependant la majeure partie de ces travaux s'intéresse au contexte mono-acteur. Or, plusieurs acteurs peuvent interagir dans ce type de systèmes : soit à travers des relations verticales de type Fournisseur-Client (comme entre le centre d'appels et ses clients), soit en relations horizontales entre différents centres d'appels. (Chevalier et Van den Schrieck, 2008) s'intéressent à des centres d'appels spécialisés de petites tailles et soulignent la difficulté de bénéficier de l'effet pooling dans ces structures. Il me semble intéressant d'étudier les collaborations possibles entre les centres appels et leurs clients afin de trouver des stratégies satisfaisantes pour les deux parties. Notons, enfin, que l'implication d'Othman Boujena de Rouen Business School dans ce travail permettra d'apporter une expertise marketing nécessaire à la compréhension de la perception de la qualité de service par le client afin d'en tenir compte dans les modèles qui seront développés.





# Annexes

---

# A1 : Quelques notions sur la théorie des jeux

## Les notions de base de la théorie des jeux compétitifs

Un jeu est composé d'un ensemble  $I=\{1..N\}$  de  $N$  acteurs. Chaque acteur possède un ensemble de stratégies  $S_i=\{s_1, s_2, \dots, s_M\}$ . Les stratégies utilisées dans la littérature sont très variées comme le prix de vente (Bernstein et Federgruen, 2004), la quantité à commander (Cachon et Zipkin, 1999), le niveau de service (Benjaafar et al., 2002) ou la capacité de production (Caldentey et Wein, 2003). Chaque acteur possède une fonction d'utilité  $u_i(s_{-i}, s)$  qui représente son gain à la fin du jeu et qui est fonction des stratégies  $s$  qu'il a adoptées dans les différentes étapes du jeu ainsi que des stratégies  $s_{-i}$  choisies par les autres joueurs. La fonction d'utilité considérée est généralement soit le profit (voir par exemple (Bernstein et Federgruen, 2004)) soit le coût comme dans les travaux de (Caldentey et Wein, 2003). On définit aussi la courbe de réaction du joueur  $i$  qu'on notera  $CR_i$ , la relation qui à chaque vecteur de stratégies des autres joueurs associe les stratégies qui maximisent la fonction d'utilité de  $i$  :  $CR_i : s_{-i} \rightarrow \arg \max u_i(s_{-i}, s)$ .

Un facteur important dans un jeu est la notion de rapport de force entre les acteurs. La théorie des jeux intègre cette notion en proposant plusieurs équilibres comme l'équilibre de Nash ou l'équilibre de Stackelberg.

### Équilibre de Nash

L'équilibre de Nash, introduit par John Nash en 1950, considère un rapport de force équilibré entre les acteurs et consiste à déterminer le  $N$ -uplet des stratégies choisies par chaque joueur tel qu'aucun joueur ne souhaiterait modifier unilatéralement sa stratégie. Mathématiquement, l'équilibre de Nash s'écrit comme suit :

$s^* = \{s_i^*\}$  est un équilibre de Nash si et seulement si

$$\forall i, \forall s \in S_i, u_i(s_{-i}^*, s_i^*) \geq u_i(s_{-i}, s)$$

Une deuxième définition de l'équilibre de Nash peut être déduite des courbes de réaction. En effet, l'équilibre de Nash est obtenu à partir de l'intersection de ces courbes.

Hormis quelques travaux qui montrent l'optimalité de l'équilibre de Nash comme (Mahajan et van Ryzin, 2001), la majorité des auteurs s'intéressent au fait qu'un équilibre de Nash ne maximise pas le gain total de la chaîne logistique, d'où la perte d'efficacité de la gestion décentralisée et le recours aux mécanismes de coordination. Les travaux qui s'intéressent à l'équilibre de Nash doivent surmonter deux difficultés : prouver l'existence et prouver l'unicité de cet équilibre. Nash montre que tout jeu fini (ensemble de stratégies) a un équilibre de Nash en stratégie mixte. Dans un jeu où les stratégies mixtes sont autorisées, chaque acteur peut choisir une ou plusieurs de ses stratégies possibles en affectant à chacune une probabilité non nulle de façon à ce que la somme des probabilités affectées soit égale à 1. Cependant, cette famille de stratégies est difficilement applicable pour les problématiques de la Supply Chain.

(Debreu, 1952) montre qu'une stratégie pure existe si les ensembles des stratégies sont compacts et convexes et que les fonctions d'utilité sont quasi-concaves. (Topkis, 1998) se fonde sur le théorème de Tarski pour montrer l'existence d'au moins un équilibre de Nash en stratégies pures dans le cas d'un jeu super-modulaire avec comme condition nécessaire la non décroissance des courbes de réaction. (Cachon et Harker, 2002) ont discuté les cas où l'équilibre de Nash n'existe pas.

Comme souligné dans la littérature, démontrer l'unicité de l'équilibre de Nash est généralement plus difficile que démontrer l'existence d'un tel équilibre. (Cachon et Netessine, 2004) détaillent une méthode basée sur les propriétés de la fonction dérivée de la fonction d'utilité de chaque joueur pour démontrer l'unicité de l'équilibre de Nash.

### *Équilibre de Stackelberg*

L'équilibre de Stackelberg considère un joueur leader et joueur suiveur. Cet équilibre convient très bien à des jeux séquentiels comme par exemple le modèle du vendeur de journaux où le fournisseur détermine son prix de gros et ensuite le vendeur optimise la quantité à commander.

$s^* = \{s_i^*\}$  est un équilibre de Stackelberg si et seulement si

$$s_i^* = \arg \max u_i(s_{-i}^*, s) \text{ et } s_{-i}^* = CR_{-i}(s_i^*)$$

L'existence de l'équilibre de Stackelberg est facile à prouver et se base principalement sur la continuité des fonctions d'utilité. Néanmoins, l'unicité est beaucoup plus dure à montrer. Le lecteur peut consulter (Fudenberg et Tirole, 2002) pour plus de détails.

## Les notions de base de la théorie des jeux coopératifs

Comme précisé par (Peleg et Sudholter, 2003), dans les jeux coopératifs, les joueurs se focalisent sur la détermination d'un partage stable des gains entre eux, contrairement aux jeux non coopératifs où le focus est fait sur le choix d'un ensemble de stratégies stables.

Le mécanisme de coordination peut être considéré ainsi comme un élément « externe » au jeu ou, plus précisément, le socle qui va définir le jeu. En effet, un jeu coopératif est décrit par un couple  $(N, v)$  avec  $N = \{1, \dots, n\}$  l'ensemble des acteurs participant au jeu, et  $v$  une fonction qui associe à chaque coalition  $S \subset N$  une valeur  $v(S)$  représentant le bénéfice maximal que peut obtenir la coalition  $S$  lorsque ses membres collaborent ensemble (par définition :  $v(\emptyset) = 0$ ). Tout mécanisme de collaboration impliquera donc une fonction  $v$  qui lui est propre et donc un jeu qui lui est spécifique.

Plusieurs classes de jeux coopératifs existent. Nous nous intéressons à une classe particulière de ces jeux appelée classe *TU* (Utilité Transférable). Cette classe suppose que les transferts d'utilité entre les acteurs est possible. Cette hypothèse est très courante dans les jeux coopératifs où les gains sont déterminés non pas au niveau des individus mais au niveau de la coalition. Ce gain peut ainsi être partagé entre les différents acteurs de la coalition.

Une notion importante de la théorie des jeux coopératifs est la super-additivité définie comme suit : un jeu  $(N, v)$  est *super-additif* si :

$$\forall S, T \subset N \text{ tq } S \cap T = \emptyset \text{ on a } v(S \cup T) \geq v(S) + v(T)$$

À partir de cette définition, dans un jeu super-additif, la grande coalition ( $S=N$ ) est celle qui apporte le plus de bénéfices et où les différents acteurs ont intérêt à collaborer tous ensemble. Même si plusieurs auteurs soulignent que dans beaucoup d'applications le jeu est super-additif (voir par exemple (Nagarajan et Susic, 2008)), nous montrons que des situations simples en Supply Chain comme celle développée dans (el Omri et al., 2012) peuvent conduire à des jeux non super-additifs. (Aumann et Dreze, 1974) proposent une classe de jeux appelée *jeux avec structure de coalitions* et généralisent les résultats obtenus dans le cadre des jeux super-additifs. Ces jeux sont notés  $(N, v, P)$  où  $P$  est une partition de  $N$  qu'on appelle *structure de coalition*.

### Notion de stabilité d'un jeu coopératif

Lors de la formation d'une ou plusieurs coalitions, il est important de décider du partage de la valeur générée par la coopération entre les différents acteurs. On parle alors d'allocation  $(x_1, x_2, \dots, x_N)$  qui est la division de la valeur créée sur les différents acteurs du jeu. Elle est appelée *imputation* si elle est individuellement rationnelle ( $x_i \geq v\{i\} \forall i$ ) et efficiente ( $\sum_{i=1}^N x_i = v(N)$ ).

La notion de rationalité individuelle peut s'étendre à la rationalité collective qui implique pour une coalition que la somme des allocations  $x(S)$  pour les membres de la coalition est au moins égale au bénéfice  $v(S)$  de la coalition. (Gillies, 1959) a introduit la notion du cœur d'un jeu coopératif qui est défini comme étant l'ensemble des allocations qui satisfait la rationalité collective :

$$Co(N, v) = \{x \in \mathbb{R}^N \mid x(N) = v(N) \text{ et } \forall S \subset N, x(S) \geq v(S)\}$$

On parle alors d'une coalition stable au sens du cœur, c'est-à-dire, qu'en recevant cette allocation, aucun joueur n'a intérêt à modifier l'équilibre du jeu en intégrant par exemple une autre coalition. Une grande partie des travaux de recherche ont cherché à démontrer pour les jeux qu'ils ont étudiés que le

cœur est non vide. (Shapley, 1967) a déterminé les conditions nécessaires et suffisantes à la non-vacuité du cœur connues sous le nom du théorème de Bondareva-Shapley.

Dans les jeux à structure de coalition, la notion de cœur est similaire et s'écrit comme suit :

$$Co(N, v, P) = \{x \in \mathbb{R}^N \mid x(S_i) = v(S_i), S_i \in P \text{ et } \forall S \subset N, x(S) \geq v(S)\}$$

Ces conditions de stabilité impliquent à la fois une stabilité interne à la coalition (i.e. aucun membre ou groupe de la coalition n'a intérêt à sortir de la coalition) et externe (deux individus ou groupes de coalitions différentes n'ont pas intérêt à se mettre ensemble pour former une nouvelle coalition). On distingue alors la notion de *stabilité faible* pour le premier cas et *stabilité forte* pour le cas général.

### *Allocation de la valeur créée par la coopération*

L'existence du cœur implique qu'il existe une ou plusieurs allocations de la valeur créée entre les acteurs du jeu qui garantissent la stabilité du jeu. Cependant la notion du cœur ne fournit pas le moyen d'identifier cette ou ces allocations. Plusieurs travaux se sont penchés sur cette question et l'allocation la plus célèbre est celle proposée par (Shapley, 1953) et appelée *valeur de Shapley*. Cette valeur donne à chaque joueur la moyenne de ses contributions marginales dans toutes les coalitions auxquelles il appartient. Une contribution marginale est :  $MC_i(S, v) = v(S) - v(S \setminus \{i\})$ . Shapley a démontré dans son article de 1953 que sous certains axiomes, jugés équitables pour les acteurs, la valeur de Shapley est unique.

D'autres allocations existent dans la littérature comme la solution de négociation de Nash mais sortent du cadre de ce travail. Cependant, il a été démontré que ces allocations n'appartiennent pas nécessairement au cœur et donc ne garantissent pas la stabilité de la structure. La valeur de Shapley, par exemple, n'appartient pas nécessairement au cœur du jeu sauf pour les jeux convexes. Un jeu  $(N, v)$  est dit convexe s'il satisfait la propriété ci-dessous :

$$\forall S, T \subset N, v(S) + v(T) \leq v(S \cup T) + v(S \cap T)$$

De ce fait, certains travaux de recherche qui s'intéressent à des jeux non convexes proposent des allocations comme par exemple (Meca et al., 2004) qui développent la règle *SOC (Share the Ordering Costs)* qui répartit le coût d'approvisionnement de la coalition proportionnellement au carré des coûts d'approvisionnement individuels.

## A2 : Fiches de présentation des thèses soutenues

### Thèse de Yacine Rekik soutenue le 08/12/2006

#### Sujet :

The Impact of the RFID Technology in Improving Performance of Inventory Systems subject to Inaccuracies

#### Jury de thèse:

**John BUZACOTT**: Professeur à Schulich School of Business, York University, *Rapporteur*

**Yves DALLERY**, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, *Directeur de thèse*

**Stéphane DAUZERE-PERES**, Professeur à l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, *Président du jury*

**Harriet Black NEMBHARD** : Professeur à Penn State University, *Examinatrice*

**Besoa RABENASOLO** : Professeur à l'ENS des Arts et Industries Textiles, *Rapporteur*

**Evren SAHIN**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-encadrante*

#### Résumé

Contrairement à un système d'identification plus traditionnel tel que le code à barres, la nouvelle technologie RFID (Radio Frequency IDentification) utilise des ondes radio fréquence pour transmettre des données entre une étiquette et un lecteur pour pouvoir identifier, localiser ou suivre une entité dans une chaîne d'approvisionnement. Cette propriété lui procure certains avantages (facilité d'accès à l'information, suivi continu, amélioration de l'exactitude des données, détection du vol et de la contrefaçon, etc..) par rapport à d'autres systèmes d'identification et de capture de données. Nous partons du constat que l'utilisation de cette nouvelle technologie permettra aux acteurs de la chaîne logistique de pouvoir partager une information de meilleure qualité, plus exhaustive et fiable concernant le flux physique et le suivi de la localisation produits. Or, l'hypothèse implicite considérée dans la plupart des modèles classiques de gestion de stock est que l'on a une connaissance parfaite du flux entrant et sortant. L'objectif de recherche sera d'intégrer dans ces modèles des dégradations venant fausser le flux nominal et d'en analyser les conséquences (en termes de coût additionnel). Un accent fort sera mis sur le développement de solutions combinant efficacité et simplicité. L'accent sera mis aussi sur le mode de partage du coût de cette technologie entre plusieurs acteurs de la chaîne logistique : serait-il mieux de partager les bénéfices de cette technologie dans un environnement de coordination ou dans un environnement de compétitivité entre acteurs?

Les résultats de cette thèse porte sur l'élaboration de modèles théoriques - de type gestion de stock – concernant la production, la distribution et l'approvisionnement dans une chaîne logistique et faisant intervenir le coût et les gains potentiels de cette nouvelle technologie d'identification automatique.

**Mots clés:** Inventory inaccuracy, Misplacement errors, RFID technology, Supply chain coordination

## Thèse d'Ali Cheaitou soutenue le 21/01/2008

### Sujet :

Stochastic models for production/inventory planning: application to short-life cycle products

### Jury de thèse:

**Yves DALLERY**, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, *Directeur de Thèse*

**Ger KOOLE**, Professeur à VU University Amsterdam, *Rapporteur*

**Michel MINOUX**, Professeur à l'Université Paris 6, *Président du jury*

**Christian VAN DELFT**, Professeur associé à HEC Paris, *Co-encadrant*

**Jean-Philippe VIAL**, Professeur à HEC Genève, Université de Genève, *Rapporteur*

### Résumé :

Le phénomène d'incertitude, dont les sources sont variées, est rencontré dans plusieurs domaines et on devrait y faire face. Cette incertitude est due essentiellement à notre incapacité à prédire avec exactitude le comportement futur d'une partie ou de la totalité d'un système. Dans les dernières décades, plusieurs techniques mathématiques ont été développées pour maîtriser cette incertitude, afin de réduire son impact négatif, et par conséquent, l'impact négatif de notre méconnaissance.

Dans le domaine du « Supply Chain Management » la source principale d'incertitude est la demande future. Cette demande est, en général, modélisée par des lois de probabilité paramétrées en utilisant des techniques de prévision. L'impact de l'incertitude de la demande sur les performances de la « Supply Chain » est important: par exemple, le taux mondial de rupture de stock, dans l'industrie de distribution était en 2007 de 8.3%. De l'autre côté, le taux mondial de produits invendus, dans la grande distribution, était en 2003 de 1%. Ces deux types de coûts, qui sont dus essentiellement à l'incertitude de la demande, représentent des pertes significatives pour les différents acteurs de la SC.

Dans cette thèse, on s'intéresse au développement de modèles mathématiques de planification de production et de gestion de stock, qui prennent en compte ce phénomène d'incertitude sur la demande, essentiellement pour des produits à courte durée de vie. On propose plusieurs modèles de planification de production, à petit horizon de planification, qui prennent en compte les différents aspects de notre problématique, tels que les capacités de production, la remise à jour des prévisions de la demande, les options de réservation de capacité, et les options de retour « Payback » des produits. On souligne, dans ces modèles, un aspect important qui prend de l'ampleur à cause de la mondialisation, et qui est lié à la différence entre les coûts de production des différents fournisseurs. On propose à la fin de la thèse, un modèle généralisé qui pourrait être appliqué à des produits à longue durée de vie, et qui exploite quelques résultats obtenus pour les produits à courte durée de vie. Tous ces modèles sont résolus analytiquement ou bien numériquement en utilisant la programmation dynamique stochastique.

**Mots clés:** Planification de Production, Gestion de Stocks, Programmation Dynamique Stochastique, Produits à Court Cycle de Vie.

## Thèse d'Adel el Omri soutenue le 07/12/2009

### Sujet :

Cooperation in Supply Chains: Alliance Formation and Profit Allocation among Independent Firms

### Jury de thèse:

**Yves DALLERY**, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, *Directeur de thèse*

**Asma GHAFARI**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-encadrante*

**Vincent GIARD**, Professeur à l'Université Paris Dauphine, *Président du jury*

**Jean-Claude HENNET**, Directeur de Recherche CNRS à l'Université Aix Marseille, *Rapporteur*

**Zied JEMAI**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-encadrant*

**Serguei NETESSINE**, Professeur associé à The Wharton School of Business, University of Pennsylvania, *Rapporteur*

### Résumé

À l'ère de la mondialisation, l'environnement industriel et économique a subi plusieurs changements majeurs. Les chaînes logistiques sont en train de devenir de plus en plus de complexes réseaux composés de nombreux acteurs qui sont tantôt en concurrence et tantôt coopèrent pour répondre aux incessantes exigences des consommateurs. Dans un tel contexte, les entreprises se sont rapidement rendu compte de la limite du modèle complètement décentralisé où chacune d'entre elles optimise sa propre chaîne logistique indépendamment des autres acteurs. Afin de trouver de nouvelles sources de compétitivité et de faire face à la perpétuelle complexité de l'environnement économique, les entreprises tentent de dépasser la frontière des actions individuelles favorisant les actions coordonnées et centralisées. Désormais, la coopération entre les diverses chaînes logistiques et la formation d'alliances se trouvent au cœur des préoccupations des entreprises. En effet, en mutualisant les moyens logistiques, la coopération permet une meilleure exploitation des ressources et par le biais des actions collectives, elle permet de mieux bénéficier des économies d'échelles conduisant à réduire significativement les coûts et à générer des bénéfices considérables. Toutefois, dans de tels systèmes coopératifs, les acteurs sont indépendants et par ailleurs toujours intéressés en priorité par leurs profits individuels. De ce fait, la coopération soulève deux enjeux essentiels : (1) Quelles sont les alliances qui sont susceptibles de se former ? Et (2), comment partager les bénéfices réalisés sur les différents acteurs coopérants ?

Dans cette thèse, nous nous intéressons au phénomène de la coopération dans les chaînes logistiques. Particulièrement, nous posons les précédentes questions dans des chaînes logistiques où plusieurs firmes peuvent réduire leurs coûts logistiques en optant pour une gestion collective des stocks. Les principaux résultats de cette thèse portent sur l'utilisation des principes de la théorie des jeux coopératifs pour déterminer les alliances les plus profitables ainsi que la portion de profit que chaque firme doit recevoir afin de garder la stabilité des alliances formées.

**Mots clés :** Chaînes logistiques, Coopération, Formation d'alliances, Allocation des coûts, Stabilité, Théorie des jeux coopératifs.



## Thèse de Chaaben Kouki soutenue le 22/12/2010

### Sujet :

Perishable Items Inventory Management and the Use of Time Temperature Integrators Technology

### Jury de thèse:

**Yves DALLERY**, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, *Directeur de thèse*

**Maria DI MASCOLO**, Professeur à Grenoble-INP, *Rapporteur*

**Michel GOURGAND**, Professeur à l'Université de Clermont-Ferrand, *Président du jury*

**Jean-Claude HENNET**, Directeur de Recherche CNRS à l'Université Aix Marseille, *Rapporteur*

**Zied JEMAI**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-encadrant*

**Evren SAHIN**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-encadrante*

### Résumé :

L'une des hypothèses implicites faites dans la recherche liée à la gestion des stocks est de maintenir les produits indéfiniment pour satisfaire la demande future. Toutefois, cette hypothèse n'est pas vraie pour les produits caractérisés par une durée de vie limitée. L'impact économique de la gestion de tels produits a conduit à d'importants travaux de recherche. Les investigations développées jusqu'ici ont souligné la complexité de modéliser les stocks de produits périssables. En plus, la dépendance de la durée de la vie à la température à laquelle les produits sont maintenus crée un challenge majeur en termes de modélisation puisque la durée de vie des produits provenant d'une même commande peut varier d'un produit à un autre. La capacité des nouvelles technologies de contrôle de fraîcheur telles que les intégrateurs temps - température de capturer les effets des variations de la température sur la durée de vie offre une opportunité de réduire les pertes et donc d'assurer la fraîcheur des produits vendus.

L'objectif général de cette thèse est de modéliser des politiques de gestion de stock des produits périssables. En premier lieu, nous nous intéressons à la politique (r; Q) où les produits ont une durée de vie constante. Le modèle que nous proposons relaxe certaines hypothèses formulées dans les précédents travaux. La deuxième politique considérée est la politiques (T; S) où les produits ont une durée de vie aléatoire. Enfin, nous étudions l'impact des nouvelles technologies de control de fraîcheur des produits périssables sur la gestion des stocks. Nous nous intéressons à la pertinence économique découlant du déploiement des intégrateurs temps températures dans la gestion des stocks.

**Mots clés :** Produits périssables, Intégrateurs Temps-Température, Revue continue, Revue périodique, Processus de Markov, Simulation.

## Thèse de Yann Bouchery soutenue le 27/11/2012

### Sujet :

Supply chain optimization with sustainability criteria: A focus on inventory models

### Composition du jury de thèse:

**Lyes BENYOUCEF**, Professeur à l'Université Aix Marseille, *Rapporteur*

**Yves DALLERY**, Professeur Ecole Centrale Paris, *Directeur de thèse*

**Jan FRANSOO**, Professeur à TU/e Eindhoven, *Rapporteur*

**Asma GHAFARI**, Maître de Conférences, Ecole Centrale Paris, *Co-encadrante de thèse*

**Bernard GRABOT**, Professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, *Président du jury*

**Zied JEMAI**, Maître de Conférences, Ecole Centrale Paris, *Co-encadrant de thèse*

### Résumé :

Les problématiques liées au développement durable modifient fortement les habitudes des consommateurs ainsi que les stratégies des entreprises. Dans ce contexte, l'optimisation de la chaîne logistique avec prise en compte de critères de développement durable devient un défi majeur. Néanmoins, les travaux scientifiques basés sur des modèles quantitatifs sont encore rares. Nous contribuons donc à cette littérature en revisitant des modèles classiques d'optimisation de gestion de stock en prenant en compte des critères de développement durable. Nous sommes convaincus que les différents aspects du développement durable ne devraient pas être réduits à un seul objectif. Nous proposons donc une approche basée sur l'optimisation multiobjectif pour revisiter les modèles de la quantité économique (EOQ) en mono- et multi-échelon. Ces modèles sont ensuite utilisés pour analyser les impacts de la coopération client-fournisseur ou de l'investissement dans des technologies vertes sur les performances de la chaîne logistique. Par ailleurs, les entreprises deviennent de plus en plus proactives vis-à-vis du développement durable. Nous proposons donc d'utiliser des méthodes d'aide multicritère à la décision au lieu de considérer le développement durable comme une contrainte dans les modèles. Dans cette optique, l'entreprise peut fournir des informations sur les compromis désirables entre les dimensions économiques, environnementales et sociales du développement durable afin d'obtenir rapidement une solution satisfaisante.

**Mots clés :** chaîne logistique durable, optimisation multiobjectif, aide multicritère à la décision, optimisation de gestion de stock, coopération client-fournisseur, investissement dans des technologies vertes.

## Thèse de Thibault Hubert soutenue le 30/01/2013

### Sujet :

Prévision de la demande et pilotage des flux en approvisionnement lointain

### Composition du jury de thèse:

**Abdelhakim ARTIBA**, Professeur à l'Université de Valenciennes, *Rapporteur*

**Chengbin CHU**, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, *Directeur de thèse*

**Franck DALBOUSSIERE**, PSA Peugeot Citroën, *Examineur*

**Alexandre DOLGUI**, Professeur à l'Ecole des Mines de Saint Etienne, *Rapporteur*

**Vincent GIARD**, Professeur à l'Université Paris Dauphine, *Président du jury*

**Zied JEMAI**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-Encadrant*

### Résumé :

Le Global Sourcing est aujourd'hui en pleine expansion car il offre aux entreprises une source potentielle de compétitivité dans un environnement de plus en plus concurrentiel. Néanmoins, il génère aussi une complexification des flux et une fragilisation de la Supply Chain Globale. La problématique du Global Sourcing est vaste et touche les différents niveaux de décision de l'entreprise. Pour cela nous nous sommes focalisé dans ce travail sur les aspects tactiques et opérationnels de ce domaine. Nous avons abordé ainsi diverses questions : Quels leviers d'action pour un pilotage efficace des flux en approvisionnement lointain ? Comment sécuriser les approvisionnements lointains dans le contexte industriel actuel ? Les politiques classiques de pilotage de flux sont-elles suffisantes pour les approvisionnements lointains ?

En collaboration avec les partenaires industriels de la Chaire Supply Chain de l'Ecole Centrale Paris, nous avons abordé différentes facettes de cette problématique. Nous nous sommes intéressés tout d'abord à la prévision comme élément nécessaire au pilotage des flux lointains et nous avons proposé une méthodologie de sélection et de mise à jour de méthodes de prévision. Les délais long en approvisionnement lointain font que les erreurs de prévision s'amplifient, ce qui nous amené à étudier l'erreur prévisionnelle. Nous avons proposé dans ce sens une modélisation fine de cette erreur et de son évolution en fonction de l'horizon temporelle de la prévision. Dans la dernière étape de ce travail, nous avons utilisé cette modélisation de l'incertitude pour piloter efficacement les flux lointains. Nous avons montré sur des cas réels issus de l'entreprise PSA l'efficacité de la méthode proposée en termes de respect du niveau de service avec un niveau de stock largement inférieur aux méthodes classiques.

**Mots clés:** Prévision de la demande, incertitude prévisionnelle, approvisionnement lointain.

## Thèse de Guillaume Goudenège soutenue le 30/01/2013

### Sujet :

Développement de modèles d'optimisation de flux en logistique inverse – Applications aux contenants réutilisables –

### Composition du jury de thèse:

**Hamid ALLAOUI**, Professeur à l'Université d'Artois, *Rapporteur*

**Chengbin CHU**, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, *Directeur de thèse*

**Yannick FREIN**, Professeur à l'INP Grenoble, *Président du jury*

**Zied JEMAI**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-Encadrant*

**Nadine MESKENS**, Professeur à l'Université Catholique de Mons, *Rapporteur*

**Nicolas O'REILLY**, Louis Vuitton, *Examineur*

### Résumé :

Dans un monde industriel marqué par un contexte économique difficile, les entreprises se doivent d'étudier toutes les possibilités de réduction de coûts et d'optimisation de leur chaîne logistique. Un des champs récents d'optimisation développé dans la littérature concerne le concept de logistique inverse. Cette logistique représente la gestion des flux traversant une chaîne logistique dans le sens inverse des flux traditionnels. On y retrouve des activités liées au recyclage, à la réparation ou encore à la réutilisation de produits. Au sein de la Chaire Supply Chain, nous nous sommes donc intéressés à l'optimisation de la gestion de ces flux de retours, avec les contenants réutilisables comme objet d'étude intéressant pour nos différents partenaires. Dans ce sens, après avoir passé en revue la littérature sur le concept général de la logistique inverse, nous développons un ensemble de modèles recouvrant les combinaisons mono ou multi niveaux, mono ou multi périodes et mono ou multi contenants afin d'optimiser ces retours au sein de chaînes logistiques déjà définies. Ces modèles sont par la suite appliqués, soit fictivement pour un des modèles mono-période résolu grâce à une heuristique de décomposition développée pour des réseaux logistiques de grande taille, soit réellement chez nos partenaires pour les modèles multi-périodes résolus de façon exacte. Le but de ces applications étant d'utiliser ces modèles théoriques dans un contexte réel d'entreprise et d'en dégager les possibles bénéfices économiques mais également environnementaux grâce à la prise en compte des émissions liées au transport et au cycle de vie de ces contenants.

**Mots clés:** Modélisation linéaire, optimisation, logistique inverse, contenants réutilisables.

## Thèse de Imen Safra soutenue le 06/02/2013

### Sujet :

Vers une approche intégrée de planification de la production et de la distribution : Cas de l'industrie textile

### Composition du jury de thèse:

**Hanan BOUCHRIHA**, Professeur à l'Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tunis, *Co-Encadrante*

**Chengbin CHU**, Professeur à l'Ecole Centrale Paris, *Directeur de thèse*

**Asma GHAFARI**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-Encadrante*

**Vincent GIARD**, Professeur à l'Université Paris Dauphine, *Président du jury*

**Gilles GONCALVES**, Professeur à l'Université d'Artois, *Rapporteur*

**Zied JEMAI**, Maître de Conférences à l'Ecole Centrale Paris, *Co-Encadrant*

**Samir LAMOURI**, Professeur à l'Ecole Nationale des Arts et Métiers, *Rapporteur*

### Résumé :


A travers cette thèse, nous nous intéressons au secteur industriel du textile. Les acteurs de ce secteur doivent s'adapter à une demande dynamique pour des produits de courte durée de vie dans une chaîne logistique internationale. Ces spécificités renforcent la nécessité de s'imposer dans un environnement très concurrentiel par une maîtrise des coûts et des ressources de production et logistique ainsi que par une bonne connaissance du marché auquel il faut savoir sans cesse s'adapter.

Dans cette thèse, en s'inspirant du contexte d'un industriel tunisien du textile, nous nous focalisons sur l'optimisation, par la programmation mathématique, de la planification de la production et de la distribution des produits. Ces décisions reviennent à l'industriel qui fournit des clients nationaux et internationaux. Il s'engage auprès d'eux à répondre à deux types de commandes : (i) des commandes de mise en place des collections à venir, souvent de délais longs et (ii) des commandes de réassort, souvent de délais très courts, pour les collections en cours de vente. Nous proposons une méthode de planification qui optimise, à la fois, les décisions de production et de distribution de produits. Cette méthode se caractérise par une anticipation d'une certaine flexibilité dans le plan de production tactique pour mieux absorber les commandes de réassort dans le plan opérationnel. Grâce aux données fournies par notre partenaire industriel, nous étions en mesure de démontrer qu'une telle approche permet des économies de coûts allant jusqu'à 10% pour le cas étudié.

Nous supposons dans un second temps qu'un accord de partenariat permettait à l'industriel d'avoir accès à l'information sur l'évolution de la demande pour les produits en cours de vente chez ses clients. Il peut alors mobiliser cette information pour établir des modèles de prévision et les utiliser pour anticiper au mieux la flexibilité a priori des plannings de production. Sous cette hypothèse, nous démontrons que l'industriel peut réaliser un gain sur les coûts totaux de 18%.


**Mots clés :** prévision de la demande, partage de l'information, intégration production-distribution, industrie textile-habillement, planification tactique-opérationnel.

## A3 : Fiches de présentation des articles de revues

	<p><b>Title:</b> The Influence of Demand Variability on the performance of a Make to Stock Queue  <b>Authors:</b> Z. Jemai and F. Karaesmen  <b>Journal:</b> European Journal of Operational Research, 2005, 164, pp.195-205</p>
---	--

**Abstract:** Variability, in general, has a deteriorating effect on the performance of stochastic inventory systems. In particular, previous results indicate that demand variability causes a performance degradation in terms of inventory related costs when production capacity is unlimited. In order to investigate the effects of demand variability in capacitated production settings, we analyze a make-to-stock queue with general demand arrival times operated according to a base-stock policy. We show that when demand inter-arrival distributions are ordered in a stochastic sense, increased arrival time variability indeed leads to an augmentation of optimal base-stock levels and to a corresponding increase in optimal inventory related costs. We quantify these effects through several numerical examples.


**Key words:** Production/Inventory, Make-to-Stock; Base stock; Stochastic comparisons; GI/M/1

	<p><b>Title:</b> Improving the Performance of Retail Stores Subject to Execution Errors: Coordination Versus Auto-ID Technology  <b>Authors:</b> Y. Rekik, Z. Jemai, E. Sahin, Y. Dallery  <b>Journal:</b> OR Spectrum. 2007. 29. pp.597-626</p>
---	--

**Abstract:** This paper analyzes a Newsvendor type inventory model in which a manufacturer sells a single product to a retailer store whose inventory is subject to errors stemming from execution problems. Hence, within the store, all of the products are not available on shelf for sales either because


the replenishment of the shelf from the backroom is subject to execution errors that mainly result in products lost in the backroom or products misplaced on the other shelves of the store. We compare two situations: in the first situation, the two supply chain actors are aware of errors and optimize their ordering decisions by taking into account this issue. The second situation deals with the case where an advanced automatic identification system such as the Radio Frequency Identification technology is deployed in order to eliminate errors. Each situation is developed for three scenarios: in the centralized scenario, we consider a single decision-maker who is concerned with maximizing the entire supply chain's profit; in the decentralized uncoordinated scenario, the retailer and the manufacturer act as different parties and do not cooperate. The third scenario is the decentralized coordinated scenario where we give conditions for coordinating the channel by designing a buyback contract.

**Key words:** Newsvendor model · Execution errors · Misplacement · RFID technology · Supply chain coordination

	<p><b>Title:</b> Decentralized Inventory Control in a Two-Stage Capacitated Supply Chain  <b>Authors:</b> Z. Jemai and F. Karaesmen  <b>Journal:</b> <i>IIE Transactions</i>. 2007. 39. pp.501-512</p>
--	--


**Abstract:** This paper investigates a two-stage supply chain consisting of a capacitated supplier and a retailer that faces a stationary random demand. Both the supplier and the retailer employ base stock policies for inventory replenishment. All unsatisfied demand is backlogged and the customer backorder cost is shared between the supplier and the retailer. We investigate the determination of decentralized inventory decisions when the two parties optimize their individual inventory-related costs in a noncooperative manner. We explicitly characterize the Nash equilibrium inventory strategies and identify the causes of inefficiency in the decentralized operation. We then study a set of simple linear contracts to see whether these inefficiencies can be overcome. Finally, we investigate Stackelberg games where one of the parties is assumed to be dominating.

**Key words:** Stochastic production/inventory systems, make-to-stock queue, decentralized inventory management

		<p><b>Title:</b> Execution errors in retail supply chains: analysis of the case of misplaced products  <b>Authors:</b> Y. Rekik, E. Sahin, Z. Jemai, Y. Dallery  <b>Journal:</b> International Journal of Systems Science. 2008. 39 (7). pp.727-740</p>
---	--	---

**Abstract:** This article considers the situation of a supply chain consisting of a manufacturer and a retail store which faces an uncertainty not only in consumer demand but also in inventory records. Among execution errors that induce an uncertainty in inventory records are undetected supplier unreliabilities, unrecorded item movements (either during the receiving process or within the store), theft, damaged products, etc. In our work, we assume that such inventory inaccuracies are introduced by misplacement-type errors that occur within the store, i.e. the whole quantity of products that is received from the manufacturer is not available on shelf to satisfy consumers' demand either because within the store, the replenishment process from the backroom to shelves is prone to errors (e.g. products are lost during this transfer, some of the products are forbidden in the backroom, other products are put on the wrong shelves, etc) or products are moved and put on other shelves by consumers during their visit to the store. The framework we consider to model the misplaced products issue is a decentralised Newsvendor model. Within this setting, we analyse four scenarii. Each scenario can be characterised by (i) whether the manufacturer and the retailer are aware of misplacement errors that occur in the store or not (they are not aware of misplacement errors or even that they know the existence of errors, they choose to ignore them) (ii) whether there is a coordination between actors or not. Based on these scenarii, our aim is to evaluate the benefit of having information on errors and optimising the system by taking this information into account as well as the benefit of coordinating the channel.

**Key words:** newsvendor model, inventory inaccuracy, stochastic misplacement errors, decentralised retail supply chain, coordination


		<p><b>Title:</b> Two-Period Production Planning and Inventory Control  <b>Authors:</b> A. Cheaitou, C. van Delft, Y. Dallery and Z. Jemai  <b>Journal:</b> International Journal of Production Economics. 2009. 118 (1), pp. 118-130</p>
---	--	--

**Abstract:** We study a single product two-period production/inventory model, in which the demands at each period are independent random variables. To optimally satisfy these random demands, quantities




can be produced at the beginning of each period using slow or fast production mode, under capacity constraints. In addition to the usual decision variables for such models, we consider that a certain quantity can be salvaged at the beginning of each period. Such salvage processes are useful if the initial inventory of a period is considered to be too high. The unsatisfied demands for each period are backlogged to be satisfied during the next periods. After the end of the second period, a last quantity is produced in order to satisfy remaining orders and to avoid lost sales. The remaining inventory, if any, is salvaged. We formulate this model using a dynamic programming approach. We prove the concavity of the global objective function and we establish the closed-form expression of the second period optimal policy. Then, via a numerical solution approach, we solve the first period problem and exhibit the structure of the corresponding optimal policy. We provide insights, via numerical examples, that characterize the basic properties of our model and the effect of some significant parameters such as costs, demand variabilities or capacity constraints.

**Key words:** Stochastic production and inventory planning; Capacity constraints; Salvage opportunities; Dynamic programming

	<p><b>Title:</b> A periodic review inventory model subject to shrinkage type errors: impact of RFID  <b>Authors:</b> Y. Rekik and Z. Jemai  <b>Journal:</b> <i>International in Journal of Electronic Business</i>. 2009.7 (1). pp. 68 - 85</p>
--	---


**Abstract:** Various execution errors and factors can create a difference between the expected and the effective physical and information flows within an inventory system. We consider a finite horizon, single-stage, single-product periodic-review inventory in which inventory records are inaccurate. We assume that inventory inaccuracies are introduced by shrinkage type errors that occur within the store. We propose three ways permitting to manage the inventory system based on the information we have on shrinkage errors. The comparison between the three approaches permits us to analyse the impact of shrinkage errors and the value of the Radio Frequency Identification (RFID) technology on the inventory system.

**Key words:** periodic review inventory; inventory record inaccuracy; shrinkage errors; RFID; radio frequency identification; dynamic programming; electronic business; e-business; inventory modelling; inventory management.

	<p><b>Title:</b> Contracting under uncertain capacity: a generalisation  <b>Authors:</b> Jemai, Y. Dallery and N. Erkip  <b>Journal:</b> <b>International Journal of Inventory Research</b>. 2010. 1( 2). pp.125-149</p>
---	--

**Abstract:** In this paper, we develop a two-stage supply chain model consisting of a supplier with uncertain capacity and a retailer facing an uncertain demand. We consider that the payment of the retailer to the supplier has two steps: a prepayment based on the quantity ordered by the retailer and a final payment based on the quantity actually delivered by the supplier. We first consider the centralised version of this model and determine the optimal policy analytically. We investigate the effects of the prepayment and capacity restriction. We then consider a decentralised version and characterise optimal decisions of both the supplier and the retailer in the framework of Stackelberg equilibrium. We analyse the efficiency loss of the described decentralised system compared to the centralised system. We discuss different contracting alternatives and propose a generalised contract structure that enables coordination of the decentralised system to achieve the performance of the centralised one.


**Key words:** capacity uncertainty, contracting, coordination, Stackelberg equilibrium, supply chain management, SCM, supply chain modelling, prepayment, capacity restriction, contract structure, decentralization

	<p><b>Title:</b> Two-stage flexible supply contract with payback and information update  <b>Authors:</b> A. Cheaitou, Z. Jemai, Y. Dallery and C. van Delft  <b>Journal:</b> <b>European Journal of Industrial Engineering</b>. 2010. 4 (4). pp.471-492</p>
---	---

**Abstract:** In this paper, we consider a two-stage supply contract model for advanced reservation of capacity, with payback option at the beginning of the selling season. Between the two decision stages, external information is collected that serves to update the demand forecast and permits to adjust the decisions of the first stage by exercising options or by returning some units to the supplier. The demand occurs during a single selling period. At the


end of the period, the remaining inventory, if any, is sold at a salvage value. During the selling season, any satisfied demand is charged with a unit selling price and any unsatisfied demand is lost. The objective of the model is to determine the quantities to be ordered before the beginning of the selling season which can be interpreted as the amount of capacity to be reserved, in order to satisfy optimally the demand.

**Key words:** supply contracts; forecast updating; stochastic costs; payback; capacity reservations; flexibility; information updates; two-stage contracts; selling season; demand forecasts; decision adjustments; options; unit returns; suppliers; selling periods; inventories; salvage values; satisfied demand; unit selling prices; unsatisfied demand; order quantities; optimal demand; optimisation.

	<p><b>Title:</b> Assessing the impact of perishability and the use of time temperature technologies on inventory management</p> <p><b>Authors:</b> C. Kouki, E. Sahin, Z. Jemai, Y. Dallery</p> <p><b>Journal:</b> <b>International Journal of Production Economics</b>. 2010. In Press, <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.09.032">http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.09.032</a></p>
--	--

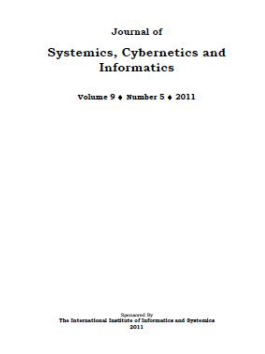
**Abstract:** This paper investigates the impact of product perishability on the known  $(r, Q)$  inventory review policy and the benefits of using Time Temperature integrator technology (TTI) on inventory management. We first formulate an  $(r, Q)$  inventory model for perishables having a fixed lifetime. Then, we derive the operating costs of the inventory system when a TTI technology is used. We consider here two types of TTI technology: TTI type 1 technology which enables to monitor products' freshness and alert when products are no more fresh and TTI type 2 technology which gives an information on products' remaining shelf lives. We develop a numerical analysis to illustrate the advantages of using the proposed policy without TTI compared to the classical  $(r, Q)$  system which ignores the perishability of products. Finally, we study the cost improvement achieved when a TTI technology is deployed.

**Key words:** Inventory control; Continuous review policy; Perishable products; Undershoot; Time temperature integrators

	<p><b>Title:</b> Analysis of order-up-to-level inventory systems with compound Poisson demand  <b>Authors:</b> Z. Babai, Z. Jemai and Y. Dallery  <b>Journal:</b> <b>European Journal of Operational Research</b>. 2011.210. pp.552–558</p>
---	---


**Abstract:** We analyse a single echelon single item inventory system where the demand and the lead time are stochastic. Demand is modelled as a compound Poisson process and the stock is controlled according to a continuous time order-up-to (OUT) level policy. We propose a method for determining the optimal OUT level for cost oriented inventory systems where unfilled demands are backordered. We first establish an analytical characterization of the optimal OUT level. The actual calculation is based on a numerical procedure the accuracy of which can be set as highly as desired. By means of a numerical investigation, we show that the method is very efficient in calculating the optimal OUT level. We compare our results with those obtained using an approximation proposed in the literature and we show that there is a significant difference in accuracy for slow moving items. Our work allows insights to be gained on stock control related issues for both fast and slow moving Stock Keeping Units (SKUs).

**Key words:** Stock control; Compound Poisson; Queuing system; Order-up-to-level; Slow moving items

	<p><b>Title:</b> A Newsvendor Model with Initial Inventory and Two Salvage Opportunities  <b>Authors:</b> A. Cheaitou, C. van Delft, Z. Jemai and Y. Dallery  <b>Journal:</b> <b>Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics</b>. 2011.9 (3). pp.30-36</p>
---	--


**Abstract:** In this paper, we develop an extension of the newsvendor model with initial inventory. In addition to the usual quantity ordered at the beginning of the horizon and the usual quantity salvaged at the end of the horizon, we introduce a new decision variable: a salvage opportunity at the beginning of the horizon, which might be used in the case of high initial inventory level. We develop the expression of the optimal policy for this extended model, for a general demand distribution. The structure of this optimal policy is particular and is characterized by two threshold levels. Some managerial insights are given via numerical examples.

**Key words:** Newsvendor model, initial inventory, lost sales, salvage opportunities, concave optimisation and threshold levels.

	<p><b>Title:</b> Including sustainability criteria into inventory models  <b>Authors:</b> Y. Bouchery, A. Ghaffari, Z. Jemai and Y. Dallery  <b>Journal:</b> <b>European Journal of Operational Research</b>. 2012. 222. pp.229-240</p>
---	---

**Abstract:** Research on sustainability performance has considerably enriched operations management literature in recent years. However, work with quantitative models is still scarce. This paper contributes by revisiting classical inventory methods taking sustainability concerns into account. We believe that reducing all aspects of sustainable development to a single objective is not desirable. We thus reformulate the classical economic order quantity model as a multiobjective problem. We refer to this model as the sustainable order quantity model. Then, a multi-echelon extension of the sustainable order quantity model is studied. For both models, the set of efficient solutions (Pareto optimal solutions) is analytically characterized. These results are used to provide some insights about the effectiveness of different regulatory policies to control carbon emissions. We also use an interactive procedure that allows the decision maker to quickly identify the best option among these solutions. The proposed interactive procedure is a new combination of multi-criteria decision analysis techniques.


**Key words:** Inventory; Sustainable supply chains; Multiobjective optimization; Interactive procedure

	<p><b>Title:</b> Inventory routing problems in a context of vendor managed inventory system with consignment stock and transshipment  <b>Authors:</b> Z. Jemai, Y. Rekik and R. Kalai  <b>Journal:</b> <b>Production Planning and Control</b>. 2012. In press, DOI: 10.1080/09537287.2012.666844</p>
---	--

**Abstract:** The inventory routing problem involves the integration and the coordination of two components of the logistics value chain: the inventory management and the vehicle routing decisions. In fact, the aim is to jointly decide on the distribution tour, from a distribution centre to a set of locations, and on the inventory policy for each location. Although many research investigations show

great interest in policies such as transshipment or dynamic routings on the distribution system performances, these approaches are often criticised in practice as being too restrictive. In this article, we consider the inventory routing framework in a supplier integration context, i.e. a vendor-managed inventory with a consignment stock policy. Under such framework, we show that the transshipment brings more benefits than the classical context. In particular, we consider the case of static routings and we numerically show that transshipment permits to better optimise the distribution tours and to improve the global performance of the supply network.

**Key words:** inventory routing problem, vendor-managed inventory, consignment stock, transshipment

	<p><b>Title:</b> Coalition Formation and Cost Allocation for Joint Replenishment Systems  <b>Authors:</b> A. Elomri, A. Ghaffari, Z. Jemai and Y. Dallery  <b>Journal:</b> <b>Production and Operations Management</b>. 2012. <b>21</b>(6): 1015-1027</p>
---	---

**Abstract:** This paper focuses on the issues of coalition formation and cost allocation in a joint replenishment system involving a set of independent and freely interacting retailers purchasing an item from one supplier to meet a deterministic demand. The papers dealing with this problem are mainly focused on superadditive games, where the cost savings associated with a coalition increase with the number of players in the coalition. The most relevant question addressed then is how to allocate the savings to the players. In this paper, we propose to go further by dealing with a non-superadditive game, where a set of independent retailers have the common understanding to share the cost savings according to the cost-based proportional rule. In this setting, the global cost optimization is no longer a relevant approach to identify appealing coalitions for any retailer. Here, we provide an iterative procedure to form the so-called efficient coalition structure and we show that this coalition structure has the nice properties of being (i) weakly stable in the sense of the coalition structure core and (ii) strongly stable under a given assumption. An exact fractional programming based solution is also given to generate such efficient coalitions.

**Key words:** joint replenishment; cooperative game theory; proportional allocations; coalition formation; coalition structure core; fractional programming

# A4 : Fiches de présentation des principaux cours

## Supply Chain Management

**Responsables du cours :** Zied Jemai et Evren Sahin

**Volume horaire :** 30 heures

**Public :** Option GI et master recherche OSIL

**Objectifs du cours :**

Comprendre les enjeux et les problématiques du domaine du SCM dans les entreprises industrielles et de service. Ce cours abordera en particulier :

- Les dimensions organisation et processus du SCM ;
- Les approches et méthodes qualitatives et quantitatives permettant d'optimiser ces processus ;
- La mise en œuvre de ces approches en insistant sur les aspects faisabilité, adaptation et limites.

Ce cours permettra par ailleurs d'ouvrir sur les différents cours proposés dans le parcours SCM de l'option GI.

**Programme de l'enseignement et concepts-clés abordés :**

- Introduction générale au SCM (1h30)
- Présentation de la Supply Chain PSA (1h30)
- Présentation de Vallourec sur la Supply chain et stratégie de l'entreprise (3h)
- Planification industrielle et commerciale (S&OP) – prévisions de la demande (3h)
- Pilotage de flux (3h)
- Collaboration dans la Supply chain et témoignage de Carrefour (3h)
- Étude de cas Michelin (12h) sous forme d'un séjour de 2 jours à Clermont Ferrand avec des visites des différents maillons de la SC Michelin + présentation de l'étude de cas
- Restitution de l'étude de cas (3h)

**Modes pédagogiques (selon la grille définie par ECP) :**

- Mise en situation concrète : Plusieurs mini-cas et une étude de cas réelle à traiter en classe ;
- Confrontation au flou et à l'incertain ;
- Confrontation aux enjeux du 21ème siècle;
- Interdisciplinarité : L'interdisciplinarité sera abordée en mettant en évidence le lien de la Supply Chain aux différentes fonctions de l'entreprise et le lien entre les problématiques étudiées et les outils et disciplines de résolution de ces problématiques ;
- Développement de l'innovation, de la créativité et du leadership : L'étude de cas permet de développer la créativité des étudiants en analysant la Supply chain existante et proposer des pistes de transformation de la Supply Chain pour qu'elle soit plus performante.

**Modalités du contrôle :**

Étude de cas proposée par Michelin : Rapport intermédiaire (40%) + présentation finale (60%).

## Management de la chaine logistique

**Responsables du cours :** Zied Jemai

**Volume horaire :** 24 heures

**Public :** Mastère spécialisé MIPSC

**Objectifs du cours :**

Comprendre les enjeux et les problématiques du domaine du SCM dans les entreprises industrielles et de service. Ce cours abordera en particulier :

- Les dimensions organisation et processus du SCM ;
- Les approches et méthodes qualitatives et quantitatives pertinentes permettant d'optimiser ces processus ;
- La mise en oeuvre de ces approches en insistant sur les aspects faisabilité, adaptation et limites.

Ce cours permettra par ailleurs d'ouvrir sur les différents cours proposés dans le parcours SCM de l'option GI.

**Programme de l'enseignement et concepts-clés abordés :**

- Introduction aux concepts de la Supply Chain (3h)
- Problèmes de conception de la Supply Chain (3h)
- Problèmes de planification de la Supply Chain (3h)
- Management de la distribution (3h)
- Pilotage de flux et gestion des stocks (9h)
- Collaboration dans la Supply Chain (3h)

**Modes pédagogiques :** Cours interactif avec plusieurs mini-cas à traiter par groupe et quelques témoignages d'industriels.

**Modalités du contrôle :** L'évaluation de ce module sur une partie de l'étude de cas proposée par Michelin et consiste à faire la cartographie de la Supply Chain aval de Michelin en Europe.



## Modèles stochastiques et applications

**Responsable du cours :** Zied Jemai

**Volume horaire :** 24 heures

**Public :** Option GI et master recherche OSIL

**Objectifs du cours :**

- Développer une compréhension aussi intuitive que possible du comportement des systèmes stochastiques ;
- Maîtriser quelques outils de base d'analyse de ces systèmes à savoir les chaînes de Markov et les files d'attente ;
- Modéliser ces systèmes afin d'en évaluer les performances ;
- Voir les applications de ces outils dans différents domaines : systèmes de production, fiabilité, centres d'appels.

**Programme de l'enseignement et concepts-clés abordés :**

- Introduction (1h30): modèles stochastiques et aide à la décision ; notions de probabilité et processus stochastiques
- Chaînes de Markov à Temps Discret (3h) : Définition ; représentation graphique et classification des états ; analyse du régime transitoire ; analyse du régime permanent ; exercices
- Processus de décision markovien (3h)
- Chaînes de Markov à Temps Continu (3h) : Définition ; représentation graphique et classification des états ; analyse du régime transitoire ; analyse du régime permanent ; exercices
- Files d'attentes simples (4h30): Caractérisation d'une file simple ; paramètres de performance ; étude de quelques files simples ; notions sur les approximations ; exercices
- Réseaux de files d'attente (1h30): définition et analyse du réseau de Jackson ouvert.

Plusieurs applications dans les systèmes de la production, la fiabilité et les centres d'appels.

**Modes pédagogiques :** Cours interactif avec plusieurs applications issues du monde industriel ou d'articles de recherche.

**Modalités du contrôle :** Examen individuel + mini-projet par groupe sur des cas d'application des modèles stochastiques.

## Simulation des systèmes de production

**Responsables du cours :** Zied Jemai et Oualid Jouini

**Volume horaire :** 24 heures

**Public :** Option GI, master recherche OSIL et mastère spécialisé MIPSC

**Objectifs du cours :**

- Découvrir la simulation de flux dans le domaine de la production/logistique ;
- Prendre conscience que la simulation est un outil performant, à condition de savoir limiter son utilisation à des cas non exploitables par des méthodes directes ;
- Acquérir une approche structurée de la modélisation et de la simulation, à partir du logiciel de simulation de flux ARENA.

**Programme de l'enseignement et concepts-clés abordés :**

- Introduction (1h30) : Définition et domaines d'application de la simulation ; modélisation et évaluation de performances ; simulation à évènement discret
- Étude de cas 1 (1h30) : Modélisation et simulation d'une station de contrôle ;
- Étude de cas 2 (3h) : Modélisation et simulation d'un atelier flexible ;
- Étude de cas 3 (3h) : Modélisation et simulation d'un atelier de montage ;
- Étude de cas 4 (3h) : Pilotage de flux des produits périssables ;
- Étude de cas 5 (3h) : évaluation des performances d'un centre d'appels ;
- Utilisation du Process analyser (3h) : Notions de base sur plans d'expériences ;
- Utilisation de l'Input analyser et de l'Output analyser (3h).

**Modes pédagogiques :** apprentissage progressif du logiciel Arena à travers des études de cas de complexité croissante.

**Modalités du contrôle :**

- Projet 1 par groupe : Analyse d'un modèle de simulation existant
- Projet 2 par groupe : Développement d'un modèle de simulation pour l'analyse des performances d'une

## Pilotage des flux et gestion des stocks

**Responsables du cours :** Zied Jemai et Evren Sahin

**Volume horaire :** 36 heures

**Public :** 2<sup>ème</sup> année du tronc commun à l'Ecole Centrale Paris

**Objectifs du cours :**

- Analyser les différentes problématiques de pilotage de flux dans les chaînes logistiques ;
- Présenter les méthodes et approches adaptées ;
- Développer un certain nombre de modèles quantitatifs (déterministes et stochastiques) permettant de comprendre les impacts des paramètres de pilotage de flux sur les performances des chaînes logistiques et optimiser ces paramètres ;
- Comprendre le lien avec les autres classes de décisions en supply chain management.

**Programme de l'enseignement et concepts-clés abordés :**

- Introduction au pilotage de flux (3h)
- Plan Industriel et Commercial- Plan de Production (3h)
- Gestion de stocks mono-période (3h)
- Gestion des stocks multi-périodes (9h)
- Introduction à la prévision- gestion de stock sur prévision (3h)
- Méthode Kanban et extensions (3h)
- Méthodes de pilotage par les besoins futurs comme MRP (3h)
- Pilotage de flux multi-échelons (3h)
- Pilotage de flux multi-acteurs (3h)

**Modes pédagogiques :** Cours intercatif avec plusieurs mini-cas à traiter en groupe dont un vrai cas industriel sur le PIC animé par Michelin.

**Modalités du contrôle :** examen individuel + cas industriel sur le PDP proposé par Michelin à traiter par groupe.

# Bibliographie

---

- Acar, Y., Y. Kadipasaoglu et P. Schipperijn (2010). "A decision support framework for global supply chain modelling: an assessment of the impact of demand, supply and lead-time uncertainties on performance." International Journal of Production Research **48**(11): 3245–3268.
- Anily, S. et M. Haviv (2007). "The cost allocation problem for the first order interaction joint replenishment model." Operations Research **55**(2): 292-302.
- Anupindi, R. et Y. Bassok (1999). Supply contracts with quantity commitments and stochastic demand. in Quantitative models for supply chain management. R. Ganeshan M. Magazine and S. Tayur (eds.). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 301-336.
- Arda, Y. (2008). Politiques d'approvisionnement dans les systèmes à plusieurs fournisseurs et Optimisation des décisions dans les chaînes logistiques décentralisées. Thesis. Toulouse, Institut Nationale des Sciences Appliquées de Toulouse.
- Arda, Y. et J.-C. Hennet (2006). "Inventory control in a multi-supplier system." International Journal of Production Economics **104**(2): 249-259.
- Arshinder, S., A. Kanda et S. G. Deshmukh (2008). "Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions." International Journal of Production Economics **115**(2): 316-335.
- Atali, A., H. L. Lee et Ö. Özer (2009). If the inventory manager knew: value of visibility and RFID under imperfect inventory information. Working Paper. Stanford, CA, Stanford University
- Aumann, R. J. et J. H. Dreze (1974). "Cooperative games with coalition structures." International Journal of Game Theory **3**(4): 217-237.
- Axsäter, S. (2006). Inventory control. 2nd Revised edition. New York, Springer Verlag.
- Babai, M. Z. et Y. Dallery (2009). "Dynamic versus static control policies in single stage production-inventory systems." International Journal of Production Research **47**(2): 415-433.
- Babai, M. Z., Z. Jemai et Y. Dallery (2011). "Analysis of order-up-to-level inventory systems with compound Poisson demand." European Journal of Operational Research **210**(3): 552-558.
- Bahinipati, B. K. et S. G. Deshmukh (2012). "Vertical collaboration in the semiconductor industry: A decision framework for supply chain relationships." Computers & Industrial Engineering **62**(2): 504-526.
- Bakal, I. S., N. Erkip et R. Güllü (2011). "Value of supplier's capacity information in a two-echelon supply chain." Annals of Operations Research **191**(1): 115-135.
- Bakker, M., J. Riezebos et R. H. Teunter (2012). "Review of inventory systems with deterioration since 2001." European Journal of Operational Research **221**(2): 275-284.
- BearingPoint (2010). Green Supply Chain: from Awareness to Action. 4th Supply Chain Monitor
- Bello, D. C., R. Lohtia et V. Sangtani (2004). "An institutional analysis of supply chain innovations in global marketing channels." Industrial Marketing Management **33**(1): 57-64.
- Benjaafar, S., E. Elahi et K. L. Donohue (2007). "Outsourcing via service competition." Management Science **53**(2): 241-259.
- Bernstein, F. et A. Federgruen (2004). "Dynamic inventory and pricing models for competing retailers." Naval Research Logistics **51**(2): 258-274.
- Bernstein, F. et A. Federgruen (2005). "Decentralized supply chains with competing retailers under demand uncertainty." Management Science **51**(1): 18-29.

- Bertrand, J. W. M. (2003). Supply Chain Design: Flexibility Considerations. In Handbooks in Operations Research and Management Science, S. C. Graves and A. G. de Kok (eds). Elsevier. **Volume 11**: 133-198.
- Bitran, G. R., E. A. Haas et A. C. Hax (1982). "Hierarchical Production Planning: A Two-Stage System." Operations Research **30**: 232-251.
- Borm, P., H. Hamers et R. Hendrickx (2001). "Operations Research Games: A survey." Discussion Paper Tilburg University (No. 2001-45): ISSN 0924-7815.
- Botta-Genoulaz, V., J.-P. Campagne, D. Llerena et C. Pellegrin (2010). Supply Chain Performance: Collaboration, Alignment, and Coordination, ISTE Ltd and John Wiley & Sons Inc.
- Bouchery, Y., A. Ghaffari et Z. Jemai (2010). Key Performance Indicators for sustainable distribution supply chains: Set building methodology and application. International Conference on Advances in Production Management Systems (APMS). Como. Italy.
- Boylan, J. E. (1997). The Centralisation of Inventory and the Modelling of Demand. Thesis. UK, University of Warwick.
- Boysen, N. et M. Fliedner (2010). "Cross dock scheduling: Classification, literature review and research agenda." Omega-International Journal of Management Science **38**(6): 413-422.
- Bozarth, C., R. Handfield et A. Das (1998). "Stages of global sourcing strategy evolution: an exploratory study." Journal of Operations Management **16**: 241-255.
- Brandenburger, A. M. et B. J. Nalebuff (1998). Co-opetition. First Edition. USA, Currency Doubleday.
- Buzacott, J. A. et J. G. Shanthikumar (1994). "Safety stock versus safety time in MRP controlled production systems." Management Science **40**(12): 1678-1689.
- Cachon, G. P. (1999). Competitive and Cooperative Inventory Management in a two-Echelon Supply Chain with Lost Sales. Working Paper. University of Pennsylvania
- Cachon, G. P. (2001). "Stock wars: Inventory competition in a two-echelon supply chain with multiple retailers." Operations Research **49**(5): 658-674.
- Cachon, G. P. (2003). Supply Chain Coordination with Contracts. In Handbooks in Operations Research and Management Science. S. C. Graves and A. G. de Kok (eds), Elsevier. **Volume 11**: 227-339.
- Cachon, G. P. (2004). "The allocation of inventory risk in a supply chain: Push, pull, and advance-purchase discount contracts." Management Science **50**(2): 222-238.
- Cachon, G. P. et P. T. Harker (2002). "Competition and outsourcing with scale economies." Management Science **48**(10): 1314-1333.
- Cachon, G. P. et M. A. Lariviere (1999). "Capacity choice and allocation: Strategic behavior and supply chain performance." Management Science **45**(8): 1091-1108.
- Cachon, G. P. et M. A. Lariviere (1999). "An equilibrium analysis of linear, proportional and uniform allocation of scarce capacity." IIE Transactions **31**(9): 835-849.
- Cachon, G. P. et S. Netessine (2004). Game theory in Supply Chain Analysis. In Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era. David SIMCHI-LEVI, S. Davis WU and Zuo-Jun (MAX) SHEN (Eds), Kluwer Academic Publishers: 13-66.
- Cachon, G. P. et F. Zhang (2007). "Obtaining fast service in a queueing system via performance-based allocation of demand." Management Science **53**(3): 408-420.
- Cachon, G. P. et F. Q. Zhang (2006). "Procuring fast delivery: Sole sourcing with information asymmetry." Management Science **52**(6): 881-896.
- Cachon, G. P. et P. H. Zipkin (1999). "Competitive and cooperative inventory policies in a two-stage supply chain." Management Science **45**(7): 936-953.
- Cagliano, R., F. Caniato, R. Golini, M. Kalchschmidt et G. Spina (2008). "Supply chain configurations in a global environment: A longitudinal perspective." Operations Management Research **1**: 86-94.

- Caldentey, R. et L. M. Wein (2003). "Analysis of a Decentralized Production-Inventory System." Manufacturing & Service Operations Management **5**(1): 1-17.
- Callioni, G., X. de Montgros, R. Slagmulder, L. N. Van Wassenhove et L. Wright (2005). "Inventory-Driven Costs." Harvard Business Review mars 2005: 135-141.
- Camdereli, A. Z. et J. M. Swaminathan (2010). "Misplaced Inventory and Radio-Frequency Identification (RFID) Technology: Information and Coordination." Production and Operations Management **19**(1): 1-18.
- Carter, C. R. et P. L. Easton (2011). "Sustainable supply chain management: evolution and future directions." International Journal of Physical Distribution & Logistics Management **41**(1): 46-62.
- Carter, J. R. et S. K. Vickery (1988). "Managing volatile exchange rates in international purchasing." Journal of Purchasing and Materials Management **24**(4): 13-20.
- Carter, J. R. et S. K. Vickery (1989). "Currency Exchange Rates: Their Impact on Global Sourcing." The Journal of Purchasing and Materials Management **25**(3): 19-25.
- Cetinkaya, S. et C. Y. Lee (2000). "Stock replenishment and shipment scheduling for vendor-managed inventory systems." Management Science **46**(2): 217-232.
- Chang, T.-S. (2008). "Best routes selection in international intermodal networks." Computers & Operations Research **35**(9): 2877-2891.
- Cheaitou, A., Z. Jemai, Y. Dallery et C. van Delft (2010). "Two-stage flexible supply contract with payback and information update." European Journal of Industrial Engineering **4**(4): 471-492.
- Cheaitou, A., C. van Delft, Y. Dallery et Z. Jemai (2009). "Two-period production planning and inventory control." International Journal of Production Economics **118**(1): 118-130.
- Cheaitou, A., C. van Delft, Z. Jemai et Y. Dallery (2011). "A newsvendor model with initial inventory and two salvage opportunities." Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics **9**(3): 30-36.
- Chen, F. R., A. Federgruen et Y. S. Zheng (2001). "Coordination mechanisms for a distribution system with one supplier and multiple retailers." Management Science **47**(5): 693-708.
- Chen, Y.-Y. (2010). "An Analytical Framework for Multi-Site Supply Chain Planning Problems." World Academy of Science, Engineering and Technology **65**: 1135-1141.
- Chen, Z.-L. (2010). "Integrated Production and Outbound Distribution Scheduling: Review and Extensions." Operations Research **58**(1): 130-148.
- Chern, C.-C., A. I. K. Leng, L.-L. Wu et L.-C. Kung (2010). "Designing a decision-support system for new product sales forecasting." Expert Systems with Applications **37**(2): 1654-1665.
- Chevalier, P. et J.-C. Van den Schrieck (2008). "Optimizing the staffing and routing of small-size hierarchical call centers." Production and Operations Management **17**(3): 306-319.
- Chiu, H. N. (1995). "An approximation to the continuous-review inventory model with perishable items and lead times." European Journal of Operational Research **87**(1): 93-108.
- Chiu, H. N. (1999). "A good approximation of the inventory level in a (Q, r) perishable inventory system." Rairo-Recherche Operationnelle-Operations Research **33**(1): 29-45.
- Christopher, M. (2005). Logistics and Supply Chain Management: Creating Value-Adding Networks. 3rd Edition. Harlow, Prentice-Hall.
- Christopher, M., C. Mena, O. Khan et O. Yurt (2011). "Approaches to managing global sourcing risk." Supply Chain Management-an International Journal **16**(2): 67-81.
- Ciarallo, F. W., R. Akella et T. E. Morton (1994). "A periodic review, production planning-model with uncertain demand - Optimality of extended myopic policies." Management Science **40**(3): 320-332.
- Comelli, M., M. Gourgand et D. Lemoine (2008). "A review of tactical planning models." Journal of Systems Science and Systems Engineering **17**(2): 204-229.
- Crainic, T. G. et K. H. Kim (2007). Intermodal Transportation. In Transportation. C. Barnhart and G. Laporte (Eds). Amsterdam. **14**: 467-537.

- Dankbaar, B. (2007). "Global sourcing and innovation: The consequences of losing both organizational and geographical proximity." European Planning Studies **15**(2): 271-288.
- Das, A., R. Narasimhan et S. Talluri (2006). "Supplier integration - Finding an optimal configuration." Journal of Operations Management **24**(5): 563-582.
- Datta, P. P. et M. G. Christopher (2011). "Information sharing and coordination mechanisms for managing uncertainty in supply chains: a simulation study." International Journal of Production Research **49**(3): 765-803.
- De Brito, M. P., S. D. Flapper et R. Dekker (2002). Reverse logistics: a review of case studies. Economic Institute Report. EI 2002.21.
- de Koster, R., T. Le-Duc et K. J. Roodbergen (2007). "Design and control of warehouse order picking: A literature review." European Journal of Operational Research **182**(2): 481-501.
- De Toni, A. et S. Tonchia (2001). "Performance measurement systems - Models, characteristics and measures." International Journal of Operations & Production Management **21**(1-2): 46-70.
- Debreu, G. (1952). "A social equilibrium existence theorem." Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America **38**(10): 886-893.
- Dolgui, A. et C. Prodhon (2007). "Supply planning under uncertainties in MRP environments: A state of the art." Annual Reviews in Control **31**(2): 269-279.
- Dornier, P. P., R. Ernst, M. Fender et P. Kouvelis (1998). Global Operations and Logistics: Text and Cases. New York, John Wiley & Sons.
- Dror, M. et B. C. Hartman (2007). "Shipment consolidation: Who pays for it and how much?" Management Science **53**(1): 78-87.
- El Omri, A., A. Ghaffari, Z. Jemai et Y. Dallery (2012). "Coalition formation and cost allocation for joint replenishment systems." Production and Operations Management **21**(6): 1015-1027.
- Erhun, F., P. Goncalves et J. Hopman (2007). "The art of managing new product transitions." Mit Sloan Management Review **48**(3): 73-80.
- Eruguz, S., Z. Jemai, E. Sahin et Y. Dallery (2012). A Review of the Guaranteed-Service Model for Multi-echelon Inventory Systems. 14th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing (INCOM). Bucharest, Romania.
- Feng, Y., S. D'Amours et R. Beauregard (2010). "Simulation and performance evaluation of partially and fully integrated sales and operations planning." International Journal of Production Research **48**(19): 5859-5883.
- Feng, Y. et S. Viswanathan (2007). "Impact of demand uncertainty on coordinating supply chain inventories through common replenishment epochs." Journal of the Operational Research Society **58**(7): 964-971.
- Ferguson, M. et M. E. Ketzenberg (2006). "Information sharing to improve retail product freshness of perishables." Production and Operations Management **15**(1): 57-73.
- Fildes, R. et B. Kingsman (2011). "Incorporating demand uncertainty and forecast error in supply chain planning models." Journal of the Operational Research Society **62**(3): 483-500.
- Finch, P. (2004). "Supply chain risk management." Supply Chain Management-an International Journal **9**(2): 183-196.
- Fleischmann, M., P. Beullens, J. M. Bloemhof-Ruwaard et L. N. Van Wassenhove (2001). "The impact of product recovery on logistics network design." Production and Operations Management **10**(2): 156-173.
- Frear, C. R., L. E. Metcalf et M. S. Alguire (1992). "Offshore sourcing: its nature and scope." International Journal of Purchasing and Materials Management **28**(5): 2-11.
- Fries, B. E. (1975). "Optimal Ordering Policy for a Perishable Commodity with Fixed Lifetime." Operations Research **23**(1): 46-61.
- Fudenberg, D. et J. Tirole (2002). Game Theory USA, The MIT Press.
- Gallois, P. M. (2012). Lean Supply Chain: quelles perspectives? 21<sup>e</sup> congrès FAPICS. Paris.

- Gaukler, G. M., R. W. Seifert et W. H. Hausman (2007). "Item-level RFID in the retail supply chain." Production and Operations Management **16**(1): 65-76.
- GCI (2008). Future Supply Chain 2016. Report. Global Commerce Initiative and Capgemini.
- Gereffi, G., J. Humphrey et T. Sturgeon (2005). "The governance of global value chains." Review of International Political Economy **12**(1): 78-104.
- Germain, R., C. Claycomb et C. Droge (2008). "Supply chain variability, organizational structure, and performance: The moderating effect of demand unpredictability." Journal of Operations Management **26**(5): 557-570.
- Ghodsypour, S. H. et C. O'Brien (2001). "The total cost of logistics in supplier selection, under conditions of multiple sourcing, multiple criteria and capacity constraint." International Journal of Production Economics **73**(1): 15-27.
- Gillies, D. (1959). Solutions to General Non-zero Sum Games. Contributions to the Theory of Games. A.W. Tucker and R.D. Luce (eds). Princeton, Princeton U. Press. **Vol. 4**: 47-86.
- Gimenez, C., T. van der Vaart et D. P. van Donk (2012). "Supply chain integration and performance: the moderating effect of supply complexity." International Journal of Operations & Production Management **32**(5-6): 583-610.
- Golini, R. et M. Kalchschmidt (2011). "Moderating the impact of global sourcing on inventories through supply chain management." International Journal of Production Economics **133**(1): 86-94.
- Goyal, S. K. et B. C. Giri (2001). "Recent trends in modeling of deteriorating inventory." European Journal of Operational Research **134**(1): 1-16.
- Goyal, S. K. et A. T. Satir (1989). "Joint replenishment inventory control - Deterministic and stochastic - models." European Journal of Operational Research **38**(1): 2-13.
- Graves, S. C. et S. P. Willems (2000). "Optimizing strategic safety stock placement in supply chains." Manufacturing Service Operations Management **2**(1): 68-83.
- Graves, S. C. et S. P. Willems (2008). "Strategic inventory placement in supply chains: Nonstationary demand." Manufacturing & Service Operations Management **10**(2): 278-287.
- Graves, S. C. and S. P. Willems (2003). Supply Chain Design: Safety Stock Placement and Supply Chain Configuration. In Handbooks in Operations Research and Management Science, S. C. Graves and A. G. de Kok (Eds) Elsevier. **Volume 11**: 95-132.
- Green, K. W., Jr., P. J. Zelbst, J. Meacham et V. S. Bhaduria (2012). "Green supply chain management practices: impact on performance." Supply Chain Management-an International Journal **17**(3): 290-305.
- Gu, J., M. Goetschalckx et L. F. McGinnis (2007). "Research on warehouse operation: A comprehensive review." European Journal of Operational Research **177**(1): 1-21.
- Guardiola, L. A., A. Meca et J. Puerto (2009). "Production-inventory games: A new class of totally balanced combinatorial optimization games." Games and Economic Behavior **65**(1): 205-219.
- Guardiola, L. A., A. Meca et J. Timmer (2007). "Cooperation and profit allocation in distribution chains." Decision Support Systems **44**(1): 17-27.
- Gumus, A. T. et A. N. Guneri (2009). "A multi-echelon inventory management framework for stochastic and fuzzy supply chains." Expert Systems with Applications **36**(3): 5565-5575.
- Gunasekaran, A. et B. Kobu (2007). "Performance measures and metrics in logistics and supply chain management: a review of recent literature (1995-2004) for research and applications." International Journal of Production Research **45**(12): 2819-2840.
- Gunasekaran, A., C. Patel et E. Tirtiroglu (2001). "Performance measures and metrics in a supply chain environment." International Journal of Operations & Production Management **21**(1-2): 71-87.
- Gupta, A. et C. D. Maranas (2003). "Managing demand uncertainty in supply chain planning." Computers & Chemical Engineering **27**(8-9): 1219-1227.



- Gupta, D. et W. Weerawat (2006). "Supplier-manufacturer coordination in capacitated two-stage supply chains." European Journal of Operational Research **175**(1): 67-89.
- Gurnani, H. et C. S. Tang (1999). "Note: Optimal ordering decisions with uncertain cost and demand forecast updating." Management Science **45**(10): 1456-1462.
- Hamad, R. et N. D. Fares Gualda (2008). "Model for Facilities or Vendors Location in a Global Scale Considering Several Echelons in the Chain." Networks and Spatial Economics **8**(2-3): 297-307.
- Hartman, B. C., M. Dror et M. Shaked (2000). "Cores of inventory centralization games." Games and Economic Behavior **31**(1): 26-49.
- Heese, H. S. (2007). "Inventory Record Inaccuracy, Double Marginalization, and RFID Adoption." Production and Operations Management **16**(5): 542-553.
- Hillier, F. S. et G. J. Lieberman (2001). Introduction to Operations Research. 5th edition. McGraw-Hill.
- Ho, W., X. Xu et P. K. Dey (2010). "Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review." European Journal of Operational Research **202**(1): 16-24.
- Holweg, M., A. Reichhart et E. Hong (2011). "On risk and cost in global sourcing." International Journal of Production Economics **131**(1): 333-341.
- Hua, Z. S., S. J. Li et L. Liang (2006). "Impact of demand uncertainty on supply chain cooperation of single-period products." International Journal of Production Economics **100**(2): 268-284.
- Hulsmann, M., J. Grapp et Y. Li (2008). "Strategic adaptivity in global supply chains - Competitive advantage by autonomous cooperation." International Journal of Production Economics **114**(1): 14-26.
- Hultman, J., T. Johnsen, R. Johnsen et S. Hertz (2012). "An interaction approach to global sourcing: A case study of IKEA." Journal of Purchasing and Supply Management **18**(1): 9-21.
- Humair, S. et S. P. Willems (2011). "Optimizing Strategic Safety Stock Placement in General Acyclic Networks." Operations Research **59**(3): 781-787.
- Huo, B. (2012). "The impact of supply chain integration on company performance: an organizational capability perspective." Supply Chain Management: An International Journal **17**(6): 596 - 610.
- Jain, K. et E. A. Silver (1995). "The single period procurement problem where dedicated supplier capacity can be reserved." Naval Research Logistics **42**(6): 915-934.
- Jemai, Z. (2003). Modèles stochastiques pour l'aide au pilotage des chaînes logistiques: impact de la décentralisation. Thesis. Chatenay Malabry. Laboratoire Genie Industriel, Ecole Centrale Paris.
- Jemai, Z., Y. Dallery et N. Erkip (2010). "Contracting under uncertain capacity: a generalisation." International journal of Inventory Research **1**(2): 125-149.
- Jemai, Z. et F. Karaesmen (2005). "The influence of demand variability on the performance of a make-to-stock queue." European Journal of Operational Research **164**(1): 195-205.
- Jemai, Z. et F. Karaesmen (2007). "Decentralized inventory control in a two-stage capacitated supply chain." IIE Transactions **39**(5): 501-512.
- Jouini, O. (2006). Stochastic modeling in call centers operations management. Thesis. Chatenay Malabry, Laboratoire Genie Industriel, Ecole Centrale Paris.
- Kalpakam, S. et K. P. Sapna (1994). "Continuous review (s, S) inventory system with random lifetimes and positive leadtimes." Operations Research Letters **16**(2): 115-119.
- Kalpakam, S. et S. Shanthi (2006). "A continuous review perishable system with renewal demands." Annals of Operations Research **143**(1): 211-225.
- Kamann, D. et V. van Nieulande (2010). "A Four-Filter Method for Outsourcing to Low-Cost Countries." Journal of Supply Chain Management **46**(2): 64-79.
- Kapuscinski, R., R. Q. Zhang, P. Carbonneau, R. Moore et B. Reeves (2004). "Inventory decisions in Dell's supply chain." Interfaces **34**(3): 191-205.

- Karaesmen, F., J. A. Buzacott et Y. Dallery (2002). "Integrating advance order information in make-to-stock production systems." IIE Transactions **34**(8): 649-662.
- Karaesmen, I. Z., A. Scheller-Wolf et B. Deniz (2011). Managing Perishable and Aging Inventories: Review and Future Research Directions. In Planning Production and Inventories in the Extended Enterprise, International Series in Operations Research & Management Science Springer US. **151**: 393-436.
- Ketchen, D. J., Jr., W. Rebarick, G. T. M. Hutt et D. Meyer (2008). "Best value supply chains: A key competitive weapon for the 21st century." Business Horizons **51**(3): 235-243.
- Khouja, M. (1999). "The single-period (news-vendor) problem: literature review and suggestions for future research." Omega-International Journal of Management Science **27**(5): 537-553.
- Khouja, M. et S. Goyal (2007). "A review of the joint replenishment problem literature: 1989-2005." European Journal of Operational Research **186**(1): 1-16.
- Kouki, C. (2010). Perishable Items Inventory Management and the Use of Time Temperature Integrators Technology. Thesis. Chatenay Malabry. Laboratoire Genie Industriel, Ecole Centrale Paris.
- Kouki, C., E. Sahin, Z. Jemai et Y. Dallery (2010). "Assessing the impact of perishability and the use of time temperature technologies on inventory management." International Journal of Production Economics **In Press**.
- Krikke, H. R. (1998). Recovery strategies and reverse logistic network design. Enschede, The Netherlands., University of Twente.
- Kumar, S., S. Teichman et T. Timpernagel (2012). "A green supply chain is a requirement for profitability." International Journal of Production Research **50**(5): 1278-1296.
- Kusaba, K., R. Moser et A. M. Rodrigues (2011). "Low-cost country sourcing competence: a conceptual framework and empirical analysis." Journal of Supply Chain Management **47**(4): 73-93.
- Kwak, J. K. et S. Gavirneni (2011). "Retailer policy, uncertainty reduction, and supply chain performance." International Journal of Production Economics **132**(2): 271-278.
- Lakri, S. (2011). Mesure et animation de la performance de la Supply Chain. Rapport de stage de Master Recherche. Chatenay Malabry. Laboratoire Génie Industriel, Ecole Centrale Paris.
- Lambert, S. et D. Riopel (2003). Logistique inverse : revue de littérature. Les Cahiers du GERAD. Ecole Polytechnique de Montréal
- Lariviere, M. A. (1999). Supply Chain contracting and coordination with stochastic demand. In Quantitative models for supply chain management. R. Ganeshan, M. Magazine and S. Tayur (eds). Dordrecht, Kluwer Academic Publishers: 301-336.
- Lau, A. et H. Lau (1988). "The newsboy problem with price-dependent demand distribution." IIE Transactions **20**: 168-175.
- Lau, A. H. L. et H. S. Lau (1998). "Decision models for single-period products with two ordering opportunities." International Journal of Production Economics **55**(1): 57-70.
- Lau, H. S. et A. H. L. Lau (1997). "A semi-analytical solution for a newsboy problem with mid-period replenishment." Journal of the Operational Research Society **48**(12): 1245-1253.
- Lee, H. L. and S. Nahmias (1993). Single-Product, single-Location models. In Handbooks in Operations Research and Management Science, S.C Graves, A. H. G. Rinnooy Kan and P. H. Zipkin (Eds). Elsevier. **Volume 4**: 3-55.
- Lee, H. L., V. Padmanabhan et S. J. Whang (1997). "Information distortion in a supply chain: The bullwhip effect." Management Science **43**(4): 546-558.
- Lee, Y. H., J. W. Jung et K. M. Lee (2006). "Vehicle routing scheduling for cross-docking in the supply chain." Computers & Industrial Engineering **51**(2): 247-256.
- Lee, Y. J. et P. Zipkin (1992). "Tandem queues with planned inventories." Operations Research **40**(5): 936-947.

- Li, Z. et L. Gao (2008). "The effects of sharing upstream information on product rollover." Production and Operations Management **17**(5): 522-531.
- Lim, W. S. et C. S. Tang (2006). "Optimal product rollover strategies." European Journal of Operational Research **174**(2): 905-922.
- Liu, M. L. et N. V. Sahinidis (1997). "Process planning in a fuzzy environment." European Journal of Operational Research **100**(1): 142-169.
- MacCarthy, B. L. et W. Atthirawong (2003). "Factors affecting location decisions in international operations - a Delphi study." International Journal of Operations & Production Management **23**(7-8): 794-818.
- Mahajan, S. et G. van Ryzin (2001). "Inventory competition under dynamic consumer choice." Operations Research **49**(5): 646-657.
- Maloni, M. J. et W. C. Benton (1997). "Supply chain partnerships: Opportunities for operations research." European Journal of Operational Research **101**(3): 419-429.
- Manuj, I. et J. T. Mentzer (2008). "Global supply chain risk management." Journal of Business Logistics **29**(1): 133-+.
- Marle, F. (2011). Aide à la gestion des risques et vulnérabilités induits par la complexité. Mémoire d'Habilitation à Diriger des recherches, Université de Nantes.
- McKinsey (2008). Managing Global Supply Chain. McKinsey Global Survey Results
- Meca, A. (2007). "A core-allocation family for generalized holding cost games." Mathematical Methods of Operations Research **65**(3): 499-517.
- Meca, A., I. Garcia-Jurado et P. Borm (2003). "Cooperation and competition in inventory games." Mathematical Methods of Operations Research **57**(3): 481-493.
- Meca, A., J. Timmer, I. Garcia-Jurado et P. Borm (2004). "Inventory games." European Journal of Operational Research **156**(1): 127-139.
- Meixell, M. J. et V. B. Gargeya (2005). "Global supply chain design: A literature review and critique." Transportation Research Part E-Logistics and Transportation Review **41**(6): 531-550.
- Melo, M. T., S. Nickel et F. Saldanha-da-Gama (2009). "Facility location and supply chain management - A review." European Journal of Operational Research **196**(2): 401-412.
- Mendoza, A. et J. A. Ventura (2012). "Analytical models for supplier selection and order quantity allocation." Applied Mathematical Modelling **36**(8): 3826-3835.
- Merschmann, U. et U. W. Thonemann (2011). "Supply chain flexibility, uncertainty and firm performance: An empirical analysis of German manufacturing firms." International Journal of Production Economics **130**(1): 43-53.
- Minner, S. (2003). "Multiple-supplier inventory models in supply chain management: A review." International Journal of Production Economics **81-2**: 265-279.
- Mirzapour, S. M. J., H. Malekly et M. B. Aryanezhad (2011). "A multi-objective robust optimization model for multi-product multi-site aggregate production planning in a supply chain under uncertainty." International Journal of Production Economics **134**(1): 28-42.
- Moon, K. K.-L., C. Y. Yi et E. W. T. Ngai (2012). "An instrument for measuring supply chain flexibility for the textile and clothing companies." European Journal of Operational Research **222**(2): 191-203.
- Morrison, J. (1996). "How to use diffusion models in new product forecasting." The Journal of Business Forecasting Methods & Systems **15**(2): 6-9.
- Morton, T. E. et D. W. Pentico (1995). "The finite-horizon nonstationary stochastic inventory problem - Near - Myopic bounds, heuristics, testing." Management Science **41**(2): 334-343.
- Mula, J., D. Peidro, M. Diaz-Madronero et E. Vicens (2010). "Mathematical programming models for supply chain production and transport planning." European Journal of Operational Research **204**(3): 377-390.
- Mula, J., R. Poler, J. P. Garcia-Sabater et F. C. Lario (2006). "Models for production planning under uncertainty: A review." International Journal of Production Economics **103**(1): 271-285.

- Muriel, A. and D. Simchi-Levi (2003). Supply Chain Design and Planning and Applications of Optimization Techniques for Strategic and Tactical Models. In Handbooks in Operations Research and Management Science, S. C. Graves and A. G. de Kok (Eds). Elsevier. **Volume 11**: 15-93.
- Nagarajan, M. et G. Sobic (2008). "Game-theoretic analysis of cooperation among supply chain agents: Review and extensions." European Journal of Operational Research **187**(3): 719-745.
- Nahmias, S. (1975). "Optimal order policies for perishable inventory." Operations Research **23**(4): 735-749.
- Nassimbeni, G. (2001). "Technology, innovation capacity, and the export attitude of small manufacturing firms: a logit/tobit model." Research Policy **30**(2): 245-262.
- NBCUS. (2009). "The 2009 National Blood Collection and Utilisation Survey report." Retrieved 05/11/2012, from <http://www.aabb.org/program/biovigilance/nbcus/pages/default.aspx>.
- Neslin, S. A. et V. Shankar (2009). "Key Issues in Multichannel Customer Management: Current Knowledge and Future Directions." Journal of Interactive Marketing **23**(1): 70-81.
- Owen, S. H. et M. S. Daskin (1998). "Strategic facility location: A review." European Journal of Operational Research **111**(3): 423-447.
- Peidro, D., J. Mula, M. Jimenez et M. del Mar Botella (2010). "A fuzzy linear programming based approach for tactical supply chain planning in an uncertainty environment." European Journal of Operational Research **205**(1): 65-80.
- Peidro, D., J. Mula, R. Poler et F.-C. Lario (2009). "Quantitative models for supply chain planning under uncertainty: a review." International Journal of Advanced Manufacturing Technology **43**(3-4): 400-420.
- Peleg, B. et P. Sudholter (2003). Introduction to the Theory of Cooperative Games. 1st edition. Boston, Kluwer Academic Publishers.
- Pince, C. et R. Dekker (2011). "An inventory model for slow moving items subject to obsolescence." European Journal of Operational Research **213**(1): 83-95.
- Porteus, E. L. (1990). Stochastic inventory theory. In Handbooks in Operations Research and Management Science, D.P. Heyman and M.J. Sobel (Eds). Elsevier. **Volume 2**: 605-652.
- Power, D. (2005). "Supply chain management integration and implementation: a literature review." Supply Chain Management-an International Journal **10**(3-4): 252-263.
- Puterman, M. L. (1994). Markov Decision Processes: Discrete Stochastic Dynamic Programming. New York, John Wiley and Sons.
- Qin, Y., R. Wang, A. J. Vakharia, Y. Chen et M. M. H. Seref (2011). "The newsvendor problem: Review and directions for future research." European Journal of Operational Research **213**(2): 361-374.
- Raman, A., N. DeHoratius et Z. Ton (2001). "Execution: The missing link in retail operations." California Management Review **43**(3): 136-152.
- Rekik, Y. et Z. Jemai (2009). "A periodic review inventory model subject to shrinkage type errors: impact of RFID." International in Journal of Electronic Business **7**(1): 68-85.
- Rekik, Y., Z. Jemai, E. Sahin et Y. Dallery (2007). "Improving the performance of retail stores subject to execution errors: coordination versus RFID technology." Or Spectrum **29**(4): 597-626.
- Rekik, Y., E. Sahin et Y. Dallery (2008). "Analysis of the impact of the RFID technology on reducing product misplacement errors at retail stores." International Journal of Production Economics **112**(1): 264-278.
- Rekik, Y., E. Sahin, Z. Jemai et Y. Dallery (2008). "Execution errors in retail supply chains: analysis of the case of misplaced products." International Journal of Systems Science **39**(7): 727-740.
- Roberti, M. (2005). "RFID Will Help Keep Perishables Fresh." RFID Journal **August 2005**.
- Robinson, L. W., J. R. Bradley et L. J. Thomas (2001). "Consequences of Order Crossover Under Order-Up-To Inventory Policies." Manufacturing & Service Operations Management **3**: 175-188.

- Rogers, D. S. et R. S. Tibben-Lembke (2001). "An examination of reverse logistics practices." Journal of Business Logistics **22**(2): 129 - 148.
- Rojas, J. P. S. et Y. Frein (2008). "Coordination and demand uncertainty in supply chains." Production Planning & Control **19**(7): 712-721.
- Rondinelli, D. et M. Berry (2000). "Multimodal transportation, logistics, and the environment: managing interactions in a global economy." European Management Journal **18**(4): 398-410.
- Roth, A. V., A. A. Tsay, M. E. Pullman et J. V. Gray (2008). "Unraveling the Food Supply Chain: Strategic Insights from China and the 2007 Recalls." Journal of Supply Chain Management **44**(1): 22-39.
- Ruamsook, K., D. Russell et E. Thomchick (2007). "U.S. Sourcing from Low-Cost Countries: A Comparative Analysis of Supplier Performance." Journal of Supply Chain Management, **43**(4): 16-30.
- Sahin, E. (2004). A qualitative and quantitative analysis of the impact of the Auto ID technology on the performance of supply chains. Thesis. Chatenay Malabry; Laboratoire Genie Industriel, Ecole Centrale Paris.
- Sani, B. et B. G. Kingsman (1997). "Selecting the best periodic inventory control and demand forecasting methods for low demand items." Journal of the Operational Research Society **48**(7): 700-713.
- Santoso, T., S. Ahmed, M. Goetschalckx et A. Shapiro (2005). "A stochastic programming approach for supply chain network design under uncertainty." European Journal of Operational Research **167**(1): 96-115.
- Schmidt, C. P. et S. Nahmias (1985). "(S-1,S) Policies for perishable inventory." Management Science **31**(6): 719-728.
- Schramm-Klein, H., G. Wagner, S. Steinmann et D. Morschett (2011). "Cross-channel integration – is it valued by customers?" The International Review of Retail, Distribution and Consumer Research **21**(5): 501-511.
- Schutz, P. et A. Tomasgard (2011). "The impact of flexibility on operational supply chain planning." International Journal of Production Economics **134**(2): 300-311.
- Sethi, S. P., H. Yan et H. Zhang (2001). "Peeling layers of an onion: Inventory model with multiple delivery modes and forecast updates." Journal of Optimization Theory and Applications **108**(2): 253-281.
- Sethi, S. P., H. Yan et H. Zhang (2005). Inventory and Supply Chain Management with Forecast Updates. 1st edition. Springer's.
- Seuring, S. et M. Mueller (2008). "From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management." Journal of Cleaner Production **16**(15): 1699-1710.
- Shapley, L. (1953). A value for n-person games. Contributions to the Theory of Games. H. T. Kuhn, A.W. (Eds). Princeton, New Jersey, Princeton University Press. **Vol. 2**: 307-313.
- Shapley, L. S. (1967). "On balanced sets and cores." Naval Research Logistics Quarterly **14**(4): 453-460.
- Shen, Z.-J. M. et L. Qi (2007). "Incorporating inventory and routing costs in strategic location models." European Journal of Operational Research **179**(2): 372-389.
- Silver, E. A., D. F. Pyke et R. Peterson (1998). Inventory Management and Production Planning and Scheduling. 3rd Edition. John Wiley & Sons.
- Simatupang, T. M. et R. Sridharan (2002). "The Collaborative Supply Chain." International Journal of Logistics Management **13**(1): 15 - 30.
- Snyder, L. V. (2006). "Facility location under uncertainty: a review." IIE Transactions **38**(7): 537-554.
- Sodhi, M. S., B.-G. Son et C. S. Tang (2012). "Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management." Production and Operations Management **21**(1): 1-13.

- Sodhi, M. S. et C. S. Tang (2009). "Modeling supply-chain planning under demand uncertainty using stochastic programming: A survey motivated by asset-liability management." International Journal of Production Economics **121**(2): 728-738.
- Sourirajan, K., L. Ozsen et R. Uzsoy (2008). "A single product network design model with lead time and safety stock considerations (vol 39, pg 411, 2007)." IIE Transactions **40**(8): 795-797.
- Swaminathan, J. M. and H. L. Lee (2003). Design for Postponement. In Handbooks in Operations Research and Management Science, S. C. Graves and A. G. de Kok (Eds). Elsevier. **Volume 11**: 199-226.
- Swaminathan, J. M. and S. R. Tayur (2003). Tactical Planning Models for Supply Chain Management. In Handbooks in Operations Research and Management Science, S. C. Graves and A. G. de Kok (Eds). Elsevier. **Volume 11**: 423-454.
- Syntetos, A. A., M. Z. Babai, D. Lengu et N. Altay (2011). Distributional Assumptions for Parametric Forecasting of Intermittent Demand. In Service Parts Management: Demand Forecasting and Inventory Control. Altay, N. and Litteral, L.A. (Eds). New York, Springer Verlag: 31-52.
- Tang, C. S. (2006). "Perspectives in supply chain risk management." International Journal of Production Economics **103**(2): 451-488.
- Taratynava, N. (2009). Modélisation par la théorie des jeux des échanges de prévisions dans un réseau d'entreprises. Thesis. Saint Etienne, Ecole Nationale Supérieure des Mines.
- Tavares Thomé, A. M., L. F. Scavarda, N. S. Fernandez et A. J. Scavarda (2012). "Sales and operations planning: A research synthesis." International Journal of Production Economics **138**(1): 1-13.
- TCGF (2011). Future Value Chain 2020. Report. The Consumer Goods Forum and Capgemini.
- Teunter, R. H., A. A. Syntetos et M. Z. Babai (2010). "Determining order-up-to levels under periodic review for compound binomial (intermittent) demand." European Journal of Operational Research **203**(3): 619-624.
- Thomas, D. J. et P. M. Griffin (1996). "Coordinated supply chain management." European Journal of Operational Research **94**(1): 1-15.
- Tijs, S., A. Meca et M. A. Lopez (2005). "Benefit sharing in holding situations." European Journal of Operational Research **162**(1): 251-269.
- Ton, Z. et A. Raman (2010). "The Effect of Product Variety and Inventory Levels on Retail Store Sales: A Longitudinal Study." Production and Operations Management **19**(5): 546-560.
- Topkis, D. M. (1998). Supermodularity and complementarity, Princeton University Press.
- Trent, R. J. et R. M. Monczka (2005). "Achieving excellence in global sourcing." Mit Sloan Management Review **47**(1): 24-32.
- Tsay, A. A. (1999). "The quantity flexibility contract and supplier-customer incentives." Management Science **45**(10): 1339-1358.
- Vanteddu, G., R. B. Chinnam, K. Yang et O. Gushikin (2007). "Supply chain focus dependent safety stock placement." International Journal of Flexible Manufacturing Systems **19**(4): 463-485.
- Wallace, D. W., J. L. Johnson et U. N. Umesh (2009). "Multichannels Strategy Implementation: The Role of Channel Alignment Capabilities." Decision Sciences **40**(4): 869-900.
- Webb, A. (2006). "Ripeness Sticker Takes the Guesswork Out of Picking and Eating " ABQ Journal Mai 2006.
- Weerawat, W. (2002). Coordination of Inventory Decisions in Two-Stage Capacitated Supply Chains With Lead-Time Sensitive Revenues. USA, University of Minnesota.
- Wong, H., D. Cattrysse et D. Van Oudheusden (2005). "Inventory pooling of repairable spare parts with non-zero lateral transshipment time and delayed lateral transshipments." European Journal of Operational Research **165**: 207-218.
- Yang, B. et N. Burns (2003). "Implications of postponement for the supply chain." International Journal of Production Research **41**(9): 2075-2090.

- Yeung, W. K., T. M. Choi et T. C. E. Cheng (2011). "Supply chain scheduling and coordination with dual delivery modes and inventory storage cost." International Journal of Production Economics **132**(2): 223-229.
- Zeng, A. Z. (2000). "A synthetic study of sourcing strategies." Industrial Management & Data Systems **100**(5-6): 219-226.
- Zeng, A. Z. et C. Rossetti (2003). "Developing a framework for evaluating the logistics costs in global sourcing processes: An implementation and insights." International Journal of Physical Distribution & Logistics Management **33**(9): 785 - 803.
- Zhang, J. (2009). "Cost Allocation for Joint Replenishment Models." Operations Research **57**(1): 146-156.
- Zhang, V. L. (1996). "Ordering policies for an inventory system with three supply modes." Naval Research Logistics **43**(5): 691-708.

# Résumé

---

Avec l'évolution des paysages économique et industriel, les défis auxquels doivent faire face les Supply Chain managers ne cessent de croître et de se complexifier. Ils peuvent être résumés sous la forme de quatre axes majeurs qui sont:

- La mesure de la performance de la Supply Chain ne peut plus se limiter à des critères économiques.
- Le management de la Supply Chain nécessite une vision plus globale du fait de l'expansion multidimensionnelle de la chaîne logistique.
- Le nombre d'acteurs dans la Supply Chain ne cesse d'augmenter, et chacun a des objectifs différents à prendre en considération dans l'optimisation.
- L'incertitude doit désormais faire partie intégrante des données du problème.

Les travaux présentés dans le cadre de cette habilitation à diriger des recherches s'inscrivent dans les quatre axes cités ci-dessus. Pour chacune des problématiques étudiées, nous avons développé des méthodes analytiques ou numériques faisant appel à différents outils d'aide à la décision comme la théorie des jeux et les modèles stochastiques. La plupart de ces méthodes sont applicables et faciles à implémenter dans un contexte industriel, certaines ont d'ailleurs été implémentées dans les entreprises de la Chaire Supply Chain de l'Ecole Centrale Paris dont je suis membre.

La dernière partie de ce mémoire de HDR est consacrée au développement des perspectives à court et moyen termes de mes recherches, à la fois dans le domaine du Supply Chain Management et dans d'autres domaines comme la santé et les services.