

**Fiche Information**  
**CAPACITE DE PRODUCTION**

*Définition, Modélisation de référence, Prolongements et/ou Compléments*

### **1. Définition.**

Par "information sur la capacité de production", il est courant de désigner les ressources productives qui peuvent être mobilisées par une entreprise dans le cadre d'une relation industrielle avec ses partenaires. En règle générale, on entend la capacité de production d'un ou plusieurs fournisseurs (entreprises en amont) qui est mobilisée pour une entreprise cliente (entreprise aval).

A noter que ce n'est pas tant la capacité totale de production du fournisseur qui peut faire l'objet d'un échange d'information que la proportion de cette capacité que le fournisseur va allouer à l'entreprise cliente. Dans le premier cas, il s'agit d'une information utile pour le choix par une entreprise en aval d'un fournisseur parmi un ensemble d'entreprises, alors que dans le second cas, l'information est utile pour la gestion opérationnelle des approvisionnements de l'entreprise en aval vis-à-vis du(des) fournisseur(s).

### **2. Modélisation de référence**

Le travail académique de référence est celui de Swaninathan-Sadeh-Smith (SSS97). Le choix de cette référence repose sur des considérations de représentativité de la littérature scientifique et de son intérêt pour le milieu professionnel.

#### **2.1 Structure de la chaîne étudiée : 2-1**

La chaîne logistique est constituée de deux entreprises (FO) en amont et d'une entreprise (DO) en aval.

#### **2.2 Contexte industriel :**

L'entreprise DO opère sur un marché final caractérisé par une demande aléatoire par période dont les caractéristiques de la loi de probabilité sont connues. Le produit final est vendu aux consommateurs à un prix donné et fixe pour toutes les périodes.

Le DO peut utiliser deux sources d'approvisionnement pour sa matière première auprès de deux FO qui diffèrent en prix de vente et en capacité de production allouée à l'entreprise aval. Les prix de ventes et les capacités allouées sont fixées librement par les entreprises FO et fixes pour toutes les périodes. Ces deux entreprises FO peuvent produire et livrer les produits commandés instantanément dans la période considérée, sous réserve que leurs capacités allouées à l'entreprise aval soient respectées.

Afin d'optimiser ses ventes sur le marché, l'entreprise DO doit gérer à chaque période ses approvisionnements auprès des deux fournisseurs, compte tenu :

- des coûts de stockage en cas d'inventu pour la période considérée,
- des coûts de rupture en cas de stocks insuffisants pour la période considérée,
- des prix de ventes proposés par les deux entreprises FO,
- du niveau de stock de matière première disponible en début de période,
- des capacités allouées par les deux fournisseurs.

**Les capacités allouées représentent l'information susceptible d'être partagée entre les entreprises FO et l'entreprise DO.** Elles sont déterminées par les FO en fonction des commandes reçues d'autres entreprises clientes selon des procédures inconnues par l'entreprise DO. En l'absence d'échange d'information, ces capacités allouées sont considérées par l'entreprise DO comme des variables aléatoires et font l'objet d'anticipations.

### 2.3 Séquence des décisions et comportements des entreprises.

Pour chaque période, la séquence des décisions est la suivante :

1. les fournisseurs déterminent leurs capacités allouées pour l'entreprise DO,
2. l'entreprise DO place ses commandes aux fournisseurs,
3. les entreprises FO livrent les quantités commandées selon leurs capacités,
4. l'entreprise DO rémunère les entreprises FO et réalise sa production,
5. la demande finale de la période est réalisée et l'entreprise DO vend ses produits finaux.

Les seules variables d'action considérées dans cette modélisation de référence sont les commandes passées à chaque période par l'entreprise DO auprès de deux entreprises FO. **La politique d'approvisionnement est déterminée sur la base de la minimisation des coûts d'achat des matières premières et de gestion des stocks de l'entreprise DO.**

La politique optimale d'approvisionnement<sup>1</sup> repose sur :

- \* deux seuils de stock de matière première disponible en début de période :  $S_t^a$  et  $S_t^b$ , avec  $S_t^a > S_t^b$ .
- \* deux niveaux de commande dans le cas où l'entreprise DO s'approvisionne simultanément auprès des fournisseurs,
- \* un niveau de commande dans le cas où l'entreprise DO s'approvisionne uniquement auprès d'un seul fournisseur.

#### **Principes généraux de la politique optimale de l'entreprise DO:**

En fonction du niveau de stock de début de période, noté  $x$ , l'entreprise DO détermine si elle s'approvisionne ou non, et si elle s'adresse à une ou les deux entreprises FO :

- si  $x > S_t^a$ , son niveau de stock initial est largement suffisant pour répondre à la demande finale anticipée de la période. L'entreprise DO ne passe aucune commande.
- si  $S_t^a > x > S_t^b$ , son niveau de stock initial n'est pas suffisant pour répondre à la demande finale anticipée. Elle s'adresse uniquement à l'entreprise FO la moins chère.
- si  $x < S_t^b$ , son niveau de stock initial est largement insuffisant pour répondre à la demande finale de la période. L'entreprise DO doit donc s'approvisionner auprès de deux entreprises DO compte tenu des contraintes de capacités allouées par l'entreprise FO qui a le prix le plus faible.

Les seuils de stock  $S_t^a$  et  $S_t^b$  dépendent des coûts de stockage et de rupture de l'entreprise DO, des caractéristiques de la loi de demande finale, et pour le seuil  $S_t^b$  de la capacité allouée par l'entreprise la moins chère.

Les quantités optimales à commander dépendent également des coûts de stockage et de rupture, des caractéristiques de la loi de demande finale, ainsi que des capacités allouées par les entreprises FO.

Selon le scénario de partage d'information envisagé, l'entreprise DO détermine les valeurs prises par les variables de décision soit sur la base d'anticipation des capacités allouées par les entreprises FO (s'il n'y pas de partage d'information) soit sur la base des valeurs communiquées (s'il y a partage d'information).

#### **Principes généraux des politiques de production des entreprises FO:**

Les deux entreprises FO produisent à hauteur de la capacité qu'elles ont allouée à l'entreprise DO. Si la commande de cette dernière est inférieure, elle fournit la quantité commandée. Sinon, elles ne fournissent que la quantité correspond à leur capacité allouée.

Les entreprises FO supportent des coûts de production et de gestion des stocks. Toutefois, seuls les coûts imputables à la relation avec l'entreprise DO sont considérés dans le calcul de la performance des entreprises FO.

---

<sup>1</sup> Nous renvoyons le lecteur au document de référence (SSS97) pour les expressions exactes des formules quantitatives définissant la politique optimale.

## 2.4 Scénarios de partage d'information et mesures de la performance

Trois scénarios sont analysés :

1. Aucun partage d'information n'a lieu entre l'entreprise DO et les deux entreprises FO (**Modèle I**) : l'entreprise DO détermine sa politique optimale d'approvisionnement sur la base d'anticipation des capacités allouées par les deux entreprises FO. Ces anticipations consistent pour l'entreprise DO à considérer ces capacités comme des variables aléatoires de moyennes données et fixes pour toutes les périodes, avec une distribution caractérisée par une variance plus grande pour l'entreprise la moins chère. Ces valeurs moyennes sont utilisées pour la détermination des seuils de stock et des commandes effectuées par l'entreprise DO.
2. Le partage d'information a lieu entre les deux entreprises FO et l'entreprise DO (**Modèle II**) : l'entreprise DO détermine sa politique optimale d'approvisionnement en connaissant les capacités allouées par ces deux fournisseurs. On suppose que ce partage d'information est parfait : sans distorsion dans la transmission ni manipulation stratégique par les acteurs.
3. Le partage d'information a lieu uniquement entre l'entreprise FO la moins chère et l'entreprise DO (**Modèle III**) : l'entreprise DO détermine sa politique optimale d'approvisionnement en mixant anticipations et information.

Les mesures de performances utilisées sont :

- i. **le coût total de la chaîne logistique,**
- ii. **la qualité de service auprès des consommateurs finaux,**
- iii. **le coût d'approvisionnement et de gestion des stocks de l'entreprise DO,**
- iv. **les profits réalisés par les deux entreprises FO.**

Il s'agit, pour chacun de ces critères de performance, de mesurer les écarts de valeurs entre les différents scénarios présentés ci-dessus.

Par ailleurs, ces écarts de performances entre scénarios sont également analysés en faisant varier les valeurs prises par les paramètres de la modélisation, plus particulièrement l'incertitude pesant sur la demande finale et l'incertitude pesant sur les capacités allouées par les entreprises DO dans le cas où il n'y pas de partage d'information.

## 2.5 Méthodologie et résultats.

Les résultats quantitatifs pour les différents scénarios et pour les différentes valeurs prises par les paramètres sont obtenus sur la base d'une simulation d'une série de 100 périodes consécutives.

A chaque période de la série, une demande finale est tirée aléatoirement à partir d'une loi normale. L'incertitude pesant sur cette demande finale est mesurée par un coefficient standard de variance ( $csv = \text{écart type} / \text{moyenne}$ ). Les incertitudes pesant sur les capacités allouées par les deux entreprises FO sont également mesurées par des coefficients standards de variance. Pour l'entreprise FO la moins chère, les valeurs prises par le csv sont comprise entre 0,15 et 0,35, alors que pour l'entreprise FO la plus chère il reste fixé à 0,125.

Les valeurs des autres paramètres utilisés pour toutes les simulations sont données dans le tableau ci-dessous (repris de SSS97) :

	<i>Mean Demand = 80</i>			
	Mean Capacity	Holding Cost	Penalty Cost	Price of Goods
Manufacturer	-	\$ 3.0	\$ 15.0	\$ 50.0
Supplier <sub>1</sub>	40	\$ 0.45	\$ 0.60	\$ 4.5
Supplier <sub>2</sub>	40	\$ 0.55	\$ 0.90	\$ 5.5

Table 1: Cost and capacity values used in simulation.

## **Résultats de la comparaison entre Modèle I et Modèle II :**

### **i. Coût total de la chaîne logistique :**

- Pour une incertitude donnée de la capacité allouée par le FO le moins chère, un accroissement de l'incertitude pesant sur la demande finale accroît le coût total de la chaîne logistique.
- Pour une incertitude donnée de la demande finale, un accroissement de l'incertitude pesant sur la capacité allouée par le FO accroît le coût total de la chaîne logistique.

**- Le coût total de la chaîne logistique lorsqu'il y a partage complet d'information est inférieur au coût total de la chaîne lorsqu'il n'y a pas de partage d'information. Cet écart peut aller de 10 à 14,8% selon les valeurs prises par l'incertitude pesant sur la capacité allouée par l'entreprise FO la moins chère.**

### **ii. Qualité de service (% de la demande finale satisfaite dans la période) :**

- Pour une incertitude donnée de la capacité allouée par le FO le moins chère, un accroissement de l'incertitude pesant sur la demande finale dégrade la qualité de service sur le marché final.
- Pour une incertitude donnée de la demande finale, un accroissement de l'incertitude pesant sur la capacité allouée par le FO dégrade la qualité de service sur le marché final.

**- La qualité de service sur le marché final lorsqu'il y a partage complet d'information est supérieure à la qualité de service lorsqu'il n'y a pas de partage d'information. Cet écart peut aller de 0,8 à 2,6% selon les valeurs prises par l'incertitude pesant sur la capacité allouée par l'entreprise FO la moins chère.**

### **iii. Les coûts d'approvisionnement et de gestion des stocks de l'entreprise DO :**

- Pour une incertitude donnée de la capacité allouée par le FO le moins chère, un accroissement de l'incertitude pesant sur la demande finale accroît le coût de l'entreprise DO.
- Pour une incertitude donnée de la demande finale, un accroissement de l'incertitude pesant sur la capacité allouée par le FO accroît le coût de l'entreprise DO.

**- Le coût de l'entreprise DO lorsqu'il y a partage complet d'information est inférieur au coût lorsqu'il n'y a pas de partage d'information. Cet écart peut aller de 2,2 à 5% selon les valeurs prises par l'incertitude pesant sur la capacité allouée par l'entreprise FO la moins chère.**

### **iv. Les profits des entreprises FO :**

- Les profits réalisés par l'entreprise la moins chère sont plus importants lorsqu'il y a partage d'information. Selon l'importance de l'incertitude pesant sur sa capacité allouée, l'écart entre les deux scénarios va de 10,1 à 15%.
- Les profits réalisés par l'entreprise la plus chère sont moins importants lorsqu'il y a partage d'information. Selon l'importance de l'incertitude pesant sur la capacité allouée par l'entreprise la moins chère, l'écart entre les deux scénarios va de 12 à 18,1%.

**- Si le partage de l'information par tous les acteurs est bénéfique pour la chaîne logistique dans son ensemble, il ne profite pas à tous. Pour le fournisseur le plus cher, on constate une perte de profit. Ceci s'explique par le fait que le DO passe ses commandes en priorité au fournisseur le moins cher, puis si nécessaire au second fournisseur. Une amélioration de la relation entre le fournisseur le moins cher conduit donc à une baisse des commandes pour le fournisseur le plus cher.**

### **Résultats de la comparaison entre Modèle II et Modèle III :**

Il s'agit ici de comparer les scénarios "partage complet de l'information avec les 2 entreprises FO" et "partage partiel de l'information avec l'entreprise FO la moins chère".

Les principaux résultats sont :

- Le coût total supporté dans la chaîne logistique est plus important s'il y a un partage partiel d'information que s'il y a un partage complet de l'information, la différence de coût étant inférieure à 3%.
- La qualité de service avec un partage partiel d'information est moindre par rapport à la situation d'un partage complet, la baisse de qualité étant de moins de 0,5% de la demande totale.
- Le coût supporté par l'entreprise DO est plus important dans le cas d'un partage complet d'information par rapport à un partage partiel. Mais cette différence est marginale et ne dépasse pas 0,1%.
- Le profit de l'entreprise FO la moins chère est identique dans les deux scénarios, alors que le profit de l'entreprise la plus chère est moins important lorsqu'il y a un partage partiel de l'information.

En fin de compte, le modèle III aboutit à des résultats dégradés par rapport au modèle II, y compris pour l'entreprise FO la plus chère.

### **3. Prolongements et compléments**

Il existe peu de travaux dans la littérature qui traitent directement du partage d'information sur la capacité elle-même. Par contre, le rôle joué par cette variable est souligné dans de nombreux travaux portant sur le partage d'autres informations. Par exemple, on peut citer le travail de Gavirneni (GAV01) qui analyse les bénéfices de la coopération dans un réseau de distribution composé de  $N$  distributeurs et qui est alimenté par un fournisseur à capacité limitée. Trois systèmes mécanismes d'allocation des capacités – représentant différents degrés de "coopération" – sont examinés : les commandes des distributeurs sont traitées selon une séquence prédéterminée, les commandes des distributeurs sont traitées en tenant compte des niveaux de stocks en magasins, et les commandes sont traitées en tenant compte des transferts potentiels de produits entre les distributeurs. Les résultats analytiques et des simulations montrent que les bénéfices de la coopération dans cet environnement diminuent avec l'accroissement de la capacité du fournisseur, augmentent avec le nombre des distributeurs du réseau, diminuent avec la variance de la demande finale des consommateurs. Ce travail résume assez bien les recherches menées en logistique où les capacités de production des uns et des autres impactent directement les performances des entreprises – même si l'échange d'information ne porte pas sur cette variable.

Dans les lignes qui suivent nous présentons succinctement un travail faisant référence aux capacités de production.

#### **La capacité de production dans un environnement de juste-à-temps.**

Zimmer (ZIM02) étudie une relation verticale entre un producteur et son fournisseur. Ce dernier est caractérisé par une capacité de production limitée et aléatoire. L'aléa sur cette capacité provient du fait que ce fournisseur est inséré dans plusieurs réseaux et que - s'il dispose bien d'une capacité finie de production - la part qu'il compte réserver au producteur n'est pas déterminée au moment de la passation de la commande. Cette incertitude est donc commune aux deux entreprises dans le modèle, seule la distribution de probabilité de l'aléa est donnée aux deux entreprises.

Par ailleurs, le fournisseur a la possibilité d'implanter une capacité supplémentaire spécifique et totalement dédiée au producteur. Naturellement, seul le fournisseur dispose de cette information au moment de la prise de décision du producteur. La séquence de décision est la suivante :

- la demande sur le marché final pour la période en cours est révélée au producteur,
- ce dernier passe alors une commande,
- avant de connaître la proportion de sa capacité qu'il pourra allouer à cette commande, le fournisseur décide de la capacité supplémentaire qu'il compte mettre en œuvre pour ce producteur,
- la capacité initiale disponible est révélée,
- la commande du producteur est plus ou moins satisfaite en fonction de la capacité initiale disponible et de la capacité supplémentaire implantée par le fournisseur (si ce dernier a pris cette décision).

La résolution de ce modèle d'approvisionnement est réalisée selon deux scénarii : 1) le producteur détermine son approvisionnement sans connaître la décision du fournisseur et sans prendre en compte l'aléa pesant sur la capacité de production initiale, tandis que le fournisseur – en anticipant ce comportement – détermine la capacité de production supplémentaire, 2) la politique d'approvisionnement est calculé de manière globale avec l'ensemble des informations disponibles et des comportements anticipés. Ce deuxième scénario représente en réalité une coopération totale entre les deux entreprises avec un partage complet des informations – sans pour autant négliger les comportements de minimisation des coûts individuels. Les résultats analytiques et les simulations à l'aide d'un jeu de paramètres<sup>2</sup> montrent que d'un scénario à l'autre, les coûts espérés de l'ensemble de la chaîne logistique diminuent de 44,58%.

Si ces résultats sont très optimistes, ils soulignent surtout que des gains importants – selon les contextes et les valeurs des paramètres – peuvent être réalisés par un échange d'information sur les capacités de production et les décisions s'y référant.

A noter que ce travail de Zimmer est complété par une analyse du partage des gains obtenus par un partage total des informations, via des mécanismes des pénalités et de bonus qui – calculés de manière appropriée – permettent d'atteindre une solution équitable pour les deux entreprises. Ainsi, la solution optimale pour l'ensemble de la chaîne logistique pour être implémentée économiquement.

---

<sup>2</sup> Demande finale de 100 unités, prix unitaire d'échange de 10\$, coûts de stockage du producteur 3\$, coûts de rupture du producteur de 60\$, capacité initiale de 100 unités et aléa distribué uniformément entre 0,7 et 1, coût unitaire de la capacité supplémentaire du fournisseur 3\$ et coût de stockage chez le fournisseur de 1\$.