

**Fiche Information**  
**Stocks**

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

## 1. Définition.

Dans une chaîne logistique, chaque acteur constitue des stocks pour contrôler l'impact des aléas d'approvisionnement, de production ou de la demande et mieux satisfaire ses clients. Mais maintenir des stocks est coûteux pour l'entreprise qui cherche à minimiser ses coûts (voir par exemple l'ouvrage de référence de V. Giard (GIA03)). L'analyse de la chaîne logistique dans sa globalité permet une autre approche en répartissant les stocks entre les différents partenaires.

Dans cette fiche, l'information à partager est le niveau de stock chez un ou plusieurs acteurs de la chaîne logistique étudiée et on étudie l'impact sur la politique de reapprovisionnement et sur le transport.

## 2. Première modélisation de référence

Le premier travail académique de référence est celui de Moïnzadeh, disponible dans la base documentaire (MOI02). Le choix de cette référence repose sur la simplicité de la politique de gestion de stocks proposée et sur la richesse de l'analyse de l'influence des différents paramètres tels que les coûts unitaires de stockage ou les délais d'approvisionnements.

### 2.1 Structure de la chaîne étudiée : 1-N

La chaîne logistique est constituée d'une entreprise (FO) en amont et de plusieurs entreprises (DO) en aval qu'il convient de considérer comme des distributeurs.

### 2.2 Contexte industriel :

L'entreprise FO travaille avec plusieurs distributeurs DO identiques et indépendants.

Chaque distributeur DO répond à une demande continue aléatoire modélisée par un processus de Poisson de paramètre  $\lambda$ . En particulier la demande moyenne sur un intervalle de temps  $T$  est  $\lambda T$  et il y a indépendance de la demande sur des intervalles de temps disjoints. Les décisions sont prises lorsque nécessaire sans notion de période.

Chaque distributeur DO gère son stock selon une politique  $(Q, R)$ , c'est-à-dire que lorsque son niveau de stock atteint le niveau  $R$ , une commande de  $Q$  unités est faite par le DO auprès du fournisseur FO. Celui-ci livre toute la commande s'il a la quantité nécessaire en stock, sinon il y aura un retard aléatoire. Le temps de transport du FO à chaque DO est constant, noté  $L$ . Les demandes sur le marché final non satisfaites par un DO sont mises en attente et satisfaites dès que possible.

Le fournisseur FO réapprovisionne ses stocks via une source externe, par lot de  $Q$  unités, sans contrainte de capacité (cette source externe peut toujours fournir la quantité commandée par le FO). Les unités commandées arrivent avec un délai d'obtention (*leadtime*) constant noté  $L_0$ .

Il faut remarquer qu'on est alors dans la situation suivante :

- Tous les distributeurs DO sont identiques, c'est une hypothèse classique pour simplifier les calculs et les analyses qui n'a pas d'impact réel sur l'étude faite.
- La taille de lot  $Q$  est donnée et fixée, ce qui est raisonnable si on considère que cette quantité est souvent dictée par les contraintes de conditionnement ou de capacité de transport.

- Le fournisseur FO passe ses commandes à son fournisseur par lots de  $Q$  unités, de même taille que les commandes des DO. Cette hypothèse est plus restrictive, elle correspond à des situations telles que le coût de commande pour le fournisseur FO est petit face au coût de possession. On retrouve cette situation par exemple dans l'électronique, où les coûts de transport sont faibles.

**L'indicateur de performance utilisé est l'espérance du coût total pour la filière par unité de temps**, c'est-à-dire le cumul des coûts de stockage chez chaque distributeur DO et chez le FO, et des coûts des commandes différées (« backorder »). Les paramètres de l'analyse sont

- $h$  et  $h_0$  les coûts de stockage unitaire et par unité de temps chez les DO et chez le FO,
- $\pi$  le coût de retard unitaire (« backorder ») par unité de temps,
- et les « leadtimes » ( $L$  et  $L_0$ ).

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

Dans ce modèle les distributeurs DO font face à une demande continue aléatoire et les décisions sont prises lorsque nécessaire, et non pas par périodes.

Un distributeur DO passe commande à un instant  $t$  dès que son niveau de stock est  $R$ . Si le fournisseur dispose de  $Q$  unités il les livre au DO à l'instant  $t+L$ . Sinon le DO doit attendre que le FO soit réapprovisionné.

Pour répondre aux commandes des DO, le FO s'approvisionne d'une quantité  $Q$  dès que le niveau de stock d'un DO atteint  $R+s$ , notons cet instant  $t_0$ . Si  $s>0$ , on remarque qu'alors il anticipe la commande du DO. Le FO reçoit cette quantité en  $t_0+L_0$ . Mais le FO fournit ses distributeurs selon l'ordre d'arrivée des commandes. La quantité  $Q$  commandée en  $t_0$  peut être affectée pour répondre à une commande d'un DO (pas nécessairement celui qui a déclenché la commande) en un instant aléatoire  $t_0+\tau$ .

- Si  $\tau>L_0$ , la quantité  $Q$  livrée reste en stock chez le FO pendant  $\tau-L_0$  unités de temps,
- Si  $\tau<L_0$ , le DO attend sa livraison avec un retard de  $L_0-\tau$  unités de temps.

On considère le système global : fournisseur plus distributeurs, et l'objectif est de minimiser les coûts globaux du système. C'est le fournisseur FO qui va modifier sa gestion des stocks en fixant  $s$  selon les informations dont il dispose.

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

Si le fournisseur FO a accès aux niveaux de stocks des DO, il peut décider d'anticiper la commande à venir et de s'approvisionner de façon à réduire les temps d'attente pour les DO. S'il n'a pas accès à cette information, il ne peut que constater que le DO lui passe commande (et donc que son niveau de stock est  $R$ ). Il s'approvisionne alors en recevant la commande du DO. En terme de scénarios cela se traduit de la façon suivante :

Si le FO a accès aux niveaux de stocks de ses DO, il peut décider d'anticiper et dans ce cas, il s'approvisionne dès que chez un DO le niveau de stock est égal à  $R+s$  unités, avec  $s$  strictement positif (et inférieur à  $Q-1$ ). Le cas  $s=0$  correspondrait ici au cas où le DO n'utilise pas l'information dont il dispose.

Si le FO n'a pas accès aux niveaux de stocks de ses DO, il s'approvisionne dès que chez un DO le niveau de stock est  $R$ .

Nous pouvons remarquer qu'une même modélisation recouvre les 2 scénarios selon que le paramètre  $s$  est nul (pas de partage d'information) ou strictement positif (le FO a l'information et

P'utilise). Le FO a donc deux paramètres à ajuster : le nombre  $m$  de lots (de  $Q$  unités) dont il dispose en début d'étude et le paramètre  $s$

La performance contrôlée ici est **l'espérance du coût total pour le système par unité de temps**. On prend en compte les coûts de stockage et les coûts de commandes différées (backorder) chez chaque DO ainsi que les coûts de stockage du FO.

Il est à noter que l'étude sans anticipation (cas  $s=0$ ) de la commande du DO est classique (voir Axsater-Rosling 1993 (AR93) et Svoronos-Zipkin 1988 (SZ88)). L'intérêt de cette étude est d'une part d'étudier une politique a priori plus performante et surtout d'analyser l'impact des différents paramètres (coûts unitaires, « leadtimes »).

## 2.5 Méthodologie et résultats.

L'auteur propose une analyse numérique du modèle précédent de façon à mettre en évidence l'impact de différents paramètres :

- Paramètre de la demande  $\lambda$ ,
- Délais (leadtime) :  $L_0$ , délai d'obtention pour le fournisseur FO, et  $L$  temps de transport du FO chez le DO. On fait l'hypothèse que  $L_0$  est supérieur à  $L$ . Pour le distributeur DO le délai d'obtention est au moins  $L$  et au plus  $L+L_0$ , car si la quantité est disponible chez le FO, il livrera immédiatement le DO sans attendre son propre réapprovisionnement.
- Coûts unitaires de stockage par unité de temps :  $h_0$  coût de stockage chez le FO et  $h$  coût de stockage chez les DO. On se place dans la situation où  $h_0 < h$ , le coût de stockage est moins élevé chez le fournisseur.
- Coûts unitaires par commande différées (backorder)  $\pi$ ,
- Niveau de la commande  $Q$ ,
- Nombre de distributeurs  $M$  (valeurs testées de 1 distributeur à 16 distributeurs)

Pour chacune des 600 combinaisons de paramètres analysées, l'auteur détermine numériquement le meilleur choix des paramètres de décision du fournisseur FO. S'il y a partage d'informations sur les niveaux de stock des distributeurs DO, le FO a deux paramètres de décision : le stock initial et le temps d'anticipation  $s$ . S'il n'y a pas partage d'informations, alors le FO doit seulement déterminer son stock initial. L'auteur calcule dans chaque cas l'espérance des coûts globaux supportés par le système. L'écart relatif par rapport à la situation sans partage d'information permet d'évaluer le gain.

De façon globale on peut dire que le partage d'information induit toujours des gains pour le système, avec un gain moyen de 3.2 % et dans certaines configurations les gains peuvent atteindre 34.9 % . Pour une description complète des analyses menées et des résultats, le lecteur peut se référer à l'article (MOI02).

### **i. Impact des délais (« leadtime »)**

**Le gain résultant du partage d'information décroît en fonction de  $L/(L+L_0)$ .** C'est-à-dire que le partage d'information a davantage d'impact lorsque le temps de transport du FO aux DO est petit comparé au délai maximum. En effet lorsque le temps de transport  $L$  est petit, le stock est principalement chez le fournisseur FO qui a les coûts de stockage unitaires les plus faibles, et le partage s'information qui s'accompagne d'une meilleure gestion des stocks du FO, aura un plus grand impact.

### **ii. Impact du nombre de distributeurs DO :**

**Le gain résultant du partage d'information est faible lorsque le nombre de distributeurs est grand** car alors il y a mutualisation des risques (« risk-pooling ») ce qui limite l'impact du partage d'information.

**iii. Impact du niveau de commande Q :**

Le niveau de commande a un gros impact sur le gain réalisé en partageant l'information. Si le niveau de commande  $Q$  est petit, le gain résultant du partage d'informations est petit, en effet le distributeur DO commande souvent, et à chaque commande le fournisseur FO sait que le niveau de stock chez le distributeur est  $Q+R$  (même sans partage d'information) ce qui limite l'impact du partage d'informations. Si le niveau de commande est grand, les commandes sont rares, les stocks sont gros, et les gains relatifs à une meilleure gestion des stocks restent faibles. Pour des valeurs intermédiaires de  $Q$ , le gain peut être important, jusqu'à 20% pour certains paramétrages.

**iv. Impact des coûts de stockage unitaires par unité de temps des DO et du FO :**

Le gain résultant du partage d'information devient très faible lorsque le coût de stockage chez le FO approche celui des distributeurs DO. En effet dans ce cas, le stock sera principalement chez les DO et donc l'information qui permet de mieux gérer les stocks chez le FO aura peu d'impact. De même si le coût de stockage chez le FO est faible (par rapport à celui chez les DO), c'est le FO qui aura un gros stock peu coûteux et là encore le gain lié à une meilleure gestion sera faible. Comme précédemment c'est dans les situations intermédiaires que le gain sera le plus important, de l'ordre de 5%.

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

D'autres travaux de recherche prolongent cette étude. Nous présentons ci-dessous deux articles qui enrichissent le modèle de référence étudié.

Cheung et Lee (CL02) conservent le même contexte industriel, un fournisseur et un réseau de distributeurs. Mais ils analysent un modèle avec équilibrage des stocks par le fournisseur entre les différents distributeurs. L'information à partager est encore le niveau de stocks des distributeurs. Les auteurs font une hypothèse de proximité géographique (tous les distributeurs sont situés dans une même zone géographique), ce qui permet au fournisseur d'effectuer une simple tournée pour livrer ses distributeurs. Le temps de transport  $L$  entre le FO et ses DO peut alors être considéré comme constant. Les gains attendus par une coordination des transports, et/ou par un équilibrage entre les distributeurs sont d'autant plus importants que  $L$  est grand, et que le nombre de distributeurs desservis par le FO est grand. Le gain relatif attendu pour les distributeurs peut être très important selon les paramétrages (jusqu'à 70%) et pour le FO les gains sont plus petits en valeur relative de l'ordre de 15%.

Une autre approche est présentée par Ng, Li et Chakhlevitch (NLC01). Ils considèrent deux fournisseurs (des entrepôts) et deux distributeurs. Le contexte industriel est proche : politique de gestion des stocks ( $Q$ ,  $R$ ), demande continue, commandes non satisfaites différées. A priori chaque distributeur dépend d'un seul fournisseur mais en cas de rupture de stock de celui-ci il peut soit attendre soit commander à l'autre fournisseur mais avec des coûts de transport supérieurs. Grâce à l'information partagée sur les stocks on peut réduire l'espérance des coûts globaux de la chaîne.

Dans ces articles il s'agit moins de comparer deux scénarios selon que l'on dispose ou non de l'information mais plutôt de montrer les gains réalisés par un « bon » usage de l'information. D'autre part, il est à noter qu'il existe aussi des articles relatifs à des secteurs industriels spécifiques mais dont l'approche est plus descriptive. En particulier la grande distribution a été beaucoup étudiée : Wal Mart, Heinenken, Campbell ... (FIS97, FOR97)