

Fiche Information
Demande

Définition, Modélisation de référence, Prolongements et/ou Compléments

1. Définition.

Par "information sur la demande", il est courant de désigner la demande réelle du client, i.e. le nombre de produits qu'il demande pour la ou les périodes suivantes. Toutefois, la demande peut, dans certains cas, désigner les prévisions de demande pour les périodes à venir. En règle générale, on entend la demande d'un ou plusieurs clients (clients finaux ou donneurs d'ordres) qui est utilisé par un ou plusieurs fournisseurs dans sa planification de production.

2. Première modélisation de référence

Le premier travail académique de référence est celui de Lee-So-Tang (LST00). 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 : 1-1

La chaîne logistique est constituée d'une entreprise (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 pour un seul type de produit. Cette demande est auto-corrélée, c'est-à-dire que la demande D_t à une période donnée est fonction de la demande à la période précédente D_{t-1} . La demande s'exprime de la façon suivante :

$$D_t = d + \rho D_{t-1} + \varepsilon_t$$

Où d est une constante positive, ρ le coefficient de corrélation et ε_t des variables aléatoires suivant une loi normale de moyenne nulle, et de variance σ^2 indépendantes et identiquement distribuées.

A chaque période, le DO et le FO commandent des produits pour compléter leurs stocks. Les produits commandés (ou une partie en cas de rupture) arrivent avec un délai d'obtention (*leadtime*) de L pour FO et de l pour DO.

L'indicateur de performance utilisé par les deux entreprises est le coût des stocks, comprenant les coûts de stockage (H et h par unité stocké par période respectivement pour FO et DO) et les coûts de rupture (P et p par unité manquante par période respectivement pour FO et DO).

La demande réalisée représente l'information susceptible d'être partagée entre l'entreprise DO et l'entreprise FO. Elle peut être transmise à FO dès qu'elle est connue par DO, en plus des commandes que DO passe à FO.

2.3 Séquence des décisions et comportements des entreprises.

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

1. l'entreprise DO reçoit la demande à satisfaire à t (D_t) et toute ou partie de la commande qu'elle avait passé à la période $t-1$. Les demandes non satisfaites sont reportées à la période $t+1$,
2. l'entreprise DO place sa commande (Y_t) au fournisseur FO,
3. l'entreprise FO reçoit la commande de DO et envoie celle-ci (qui sera reçu à la période $t+l+1$). Si FO ne peut satisfaire la commande avec ses stocks, il fait appel à une source

- d'approvisionnement secondaire qu'il devra réapprovisionner plus tard, payant ainsi un coût pour ces produits équivalent à un coût de rupture,
4. l'entreprise FO commande ses produits qu'elle recevra à la période $t+L+1$.

Les seules variables d'action considérées dans cette modélisation de référence sont les commandes passées à chaque période par l'entreprise DO auprès de FO, et par FO auprès de son fournisseur. **La politique d'approvisionnement de DO et FO est déterminée sur la base de la minimisation des coûts de stockage et de rupture.**

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

En fonction du niveau de stock de début de période t , des commandes passées dans les l dernières périodes et de la demande reçue D_t , l'entreprise DO est capable de déterminer analytiquement la valeur de sa commande, celle minimisant l'espérance de la somme des coûts de stockage et rupture pour les périodes suivantes. Pour les précisions techniques sur le calcul de Y_t , le lecteur peut se référer à (LST00).

Principes généraux de la politique optimale de l'entreprises FO:

La politique optimale que doit suivre l'entreprise FO repose sur un principe de reapprovisionnement de stock. Pour cela, elle calcule la valeur du niveau de reapprovisionnement T_t . Cette valeur peut être déduite analytiquement à partir du niveau de stock de FO et des valeurs des commandes précédentes de l'entreprise DO, dans le cas où DO ne partage pas l'information sur les demandes réalisées. Dans le cas du partage, l'entreprise FO calcule sa valeur optimale de réapprovisionnement (toujours analytiquement) en tenant compte de cette information supplémentaire.

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

Deux scénarios sont analysés :

1. Aucun partage d'information n'a lieu entre l'entreprise DO et l'entreprises FO (**Modèle I**) : l'entreprise DO détermine sa politique optimale d'approvisionnement sans transmettre l'information sur les demandes réelles auxquelles elle a du répondre. L'entreprise FO détermine sa politique optimale sur la base des commandes que DO lui a transmises, sans connaître la demande finale.
2. Le partage d'information a lieu entre l'entreprise DO et l'entreprise FO (**Modèle II**) : l'entreprise DO transmet la demande réalisée en même temps que sa commande. L'entreprise FO optimise ses commandes en fonction de ces informations.

Les mesures de performances utilisées sont les mêmes pour les deux entreprises. Il s'agit, pour chacune, de minimiser la somme des coûts de stockage et rupture.

2.5 Méthodologie et résultats.

Les politiques optimales sont obtenues dans les deux cas de façon analytique. Pour des choix de valeurs des paramètres, les auteurs analysent quantitativement le gain que peut apporter un partage d'information. Pour une description complète des analyses menées et des résultats, le lecteur peut se référer à l'article (LST00).

Résultats de la comparaison entre Modèle I et Modèle II :

i. Coût total pour l'entreprise DO :

Le principe de fonctionnement de cette chaîne logistique est tel, que le partage ou non de l'information sur la demande ne modifie pas le comportement de l'entreprise DO, ni ses coûts de stockage. En effet, ses demandes en produits sont satisfaites exactement par l'entreprise FO, directement depuis ses stocks ou depuis sa source d'approvisionnement secondaire.

ii. Impact sur le niveau des stocks de l'entreprise FO :

Le calcul exact du niveau moyen des stocks n'est pas possible dans ce modèle, mais une approximation est possible. Dans le cas du partage d'information, on peut noter une réduction du niveau moyen de stock de FO, tout particulièrement lorsque la demande est hautement corrélée ou hautement variable. C'est également vrai lorsque le temps de mise à disposition est long. En revanche, le niveau moyen des stocks ne change pas lorsque la corrélation est nulle. La réduction des stocks peut aller jusqu'à 40% lorsque la corrélation est de 0,9. Pour une corrélation donnée de 0,7, la réduction est comprise entre 12% et 25%, 12% pour une variance faible de la demande et 25% pour une variance forte.

iii. Impact sur les coûts de stockage et de rupture de l'entreprise DO :

Un calcul analytique permet de déterminer le gain sur les coûts entre le partage et le non partage de l'information sur la demande. Comme pour le niveau moyen des stocks, le gain sur le coût moyen est d'autant plus important que la corrélation des demandes est forte. Pour une corrélation de 0,9, les auteurs montrent un exemple avec un gain de l'ordre de 40%. Lorsque la corrélation des demandes est fixe, le gain sur les coûts augmente quand la variance des demandes augmente. Pour une corrélation de 0,7, le gain peut aller jusqu'à 30%.

Cette étude montre bien comment un partage d'information sur la demande permet des gains sur la chaîne logistique. Il est toutefois intéressant de noter que ces gains, dans le cas précis, ne profitent pas à tous les acteurs de la chaîne. En effet, l'entreprise DO ne gagne rien à partager l'information, car seule l'entreprise FO peut l'utiliser pour réduire son niveau de stock moyen et son coût moyen de stockage et de rupture. Il paraîtrait donc naturelle que l'entreprise DO fournisse cette information si elle peut elle-même en retirer un avantage.

3. Modélisation de référence

Le deuxième travail académique de référence est celui de Cachon-Fisher (CF 00). Le choix de cette référence repose sur des considérations de représentativité de la littérature scientifique et de son intérêt pour le milieu professionnel.

3.1 Structure de la chaîne étudiée : 1-N

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

3.2 Contexte industriel :

Les N entreprises DO opèrent sur un marché final caractérisé par une demande aléatoire stationnaire par période dont les caractéristiques de la loi de probabilité sont connues. La demande suit une loi discrète.

Les DO ont une seule source d'approvisionnement FO pour le produit qu'elles diffusent. A chaque période, les DO commandent à FO des produits par multiple d'une taille de lot Q_r pour compléter leurs stocks. Les produits commandés (ou une partie en cas de rupture) arrivent avec un délai d'obtention (*leadtime*) de L_r (constant). FO commande également à chaque période un certain nombre de lots de taille Q_s , livré L_s unités de temps plus tard et cette livraison correspond précisément à la demande formulée.

L'indicateur de performance utilisé par les N+1 entreprises est le coût des stocks, comprenant les coûts de stockage (H et h par unité stocké par période respectivement pour FO et DO) et les coûts de rupture (P et p par unité manquante par période respectivement pour FO et DO).

La demande réalisée représente l'information susceptible d'être partagée entre l'entreprise DO et l'entreprise FO. Elle peut être transmise à FO dès qu'elle est connue par DO, en plus des commandes que DO passe à FO.

3.3 Séquence des décisions et comportements des entreprises.

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

1. les entreprises DO envoient leur commande au fournisseur FO,
2. le fournisseur FO envoie ses commandes à son propre fournisseur,
3. les livraisons sont reçues les états de stocks sont faits,
4. la demande se réalise pour chaque entreprise DO,
5. les coûts de stockage et de rupture sont calculés.

Les seules variables d'action considérées dans cette modélisation de référence sont les commandes passées à chaque période par les entreprises DO auprès de FO, et par FO auprès de son fournisseur, Quand FO ne peut satisfaire la demande de tous les DO à une période donnée, il doit choisir comment il attribue les quantités disponibles. **La politique d'approvisionnement de DO et FO est déterminée sur la base de la minimisation des coûts de stockage et de rupture.**

Principes généraux des politiques des entreprises DO:

Les entreprises DO utilisent une politique d'approvisionnement de type point de commande (R_r, nQ_r). Le principe est qu'à chaque fois que le niveau du stock (en fait le stock réel plus la prise en compte de ce qui devrait arriver en stock) tombe en dessous du niveau R_r , n lots de taille Q_r sont commandés.

Principes généraux de la politique de l'entreprises FO:

L'entreprise FO utilise la même politique de gestion de ses stocks, mais bien sûr avec des paramètres différents de ceux utilisés par les entreprises DO.

3.4 Scénarios de partage d'information et mesures de la performance

Deux scénarios sont analysés :

3. Aucun partage d'information n'a lieu entre les entreprises DO et l'entreprises FO (**Modèle I**) : les entreprises DO déterminent leur politique d'approvisionnement sans transmettre l'information sur les demandes réelles auxquelles elles ont du répondre. L'entreprise FO détermine sa politique optimale sur la base des commandes que les DO lui ont transmises, sans connaître la demande finale.
4. Un partage d'information total a lieu entre les entreprises DO et l'entreprise FO (**Modèle II**) : les entreprises DO transmettent la demande réalisée et leur niveau de stock en même temps que leur commande. L'entreprise FO optimise ses commandes et sa politique d'attribution des quantités à livrer aux DO en fonction de ces informations.

Les mesures de performances utilisées sont les mêmes pour les deux entreprises. Il s'agit, pour chacune, de minimiser la somme des coûts de stockage et rupture.

3.5 Méthodologie et résultats.

Des bornes inférieures sont obtenues dans les deux cas pour mesurer l'espérance des coûts. Le calcul analytique ne semblant pas calculable dans ce contexte. Pour des choix de valeurs des paramètres, les auteurs analysent quantitativement (sur 768 scénarios) le gain que peut apporter un partage d'information. Pour une description complète des analyses menées et des résultats, le lecteur peut se référer à l'article (CF00).

Résultats de la comparaison entre Modèle I et Modèle II :

i. Coût total pour la chaîne logistique :

Les résultats sur l'ensemble des scénarios montrent un gain de 2,2% en moyenne, entre le fonctionnement sans partage et le fonctionnement avec un partage complet. Dans le meilleur des cas, ce gain peut atteindre 12,1%. Dans 95% des cas, les gains espérés sont inférieurs à 5,6%.

ii. Évaluation des gains par rapport à une réduction du *leadtime* :

Les auteurs de l'article testent ensuite ce que peut apporter une réduction du *leadtime*, en conservant le mode de fonctionnement sans partage, considérant que l'accroissement de la vitesse de transmission et de traitement de la commande peut être dû à un partage d'information. Pour des réductions du *leadtime* de 3 à 1, 5 à 3, et 5 à 1, le gain minimum sur les coûts de la chaîne varie de 4% au minimum à 71% au maximum avec des moyennes de 20 à 40% selon les scénarios.

iii. Évaluation des gains par rapport à une réduction de la taille des lots de commande :

Sur le même principe que précédemment, les auteurs proposent une réduction de la taille des lots de commande de moitié. Selon la taille de lot initiale, les gains vont de 1% à 49% avec des moyennes entre 10% et 36 % selon les scénarios testés.

Cette étude montre bien comment un partage d'information sur la demande et les niveaux de stocks permet des gains sur la chaîne logistique. Dans cet article, toutefois, il est difficile de voir qui entre le fournisseur FO et les entreprises DO gagne à partager. On constate également que les gains peuvent être intéressants, mais bien au dessous de ceux que l'on pourrait obtenir en agissant sur d'autres paramètres du problème. Il semblerait donc que le partage d'information, même s'il est souhaitable, ne constitue pas une priorité.

4. Prolongements et compléments

D'autres travaux de recherche se sont intéressés à l'étude du partage des informations sur la demande pour optimiser les coûts dans les chaînes logistiques. Les lignes qui suivent synthétisent quelques travaux parmi les plus importants.

Le partage de l'information sur la demande et son effet sur les coûts de stockage et rupture.

Les articles de Lee-So-Tang (LST00) et de Cachon-Fisher (CF00), développés dans les paragraphes précédents relèvent de cette partie.

Chen (CHE98) étudie l'influence du partage d'information sur les demandes du client final sur les coûts de stockage dans une chaîne logistique constituée de N stocks en série. Il étudie le cas où les décisions de commande sont locales (basées sur un point de commande), puis le cas où l'ensemble des partenaires de la chaîne connaît la demande finale. Il note un gain moyen sur le coût total de 1,75% avec un pic à 9% pour certaines instances du problème. La valeur de l'information semble augmenter quand le nombre d'étage dans la chaîne (N), ou le *leadtime* (considéré comme constant dans l'étude). En revanche, la valeur de l'information diminue lorsque le ratio écart type de la demande finale sur moyenne de la demande finale augmente. Pour finir, la valeur de l'information est la plus importante pour des valeurs extrêmes du coût de rupture en produits finis (faible et haute valeurs dans ses expérimentations). Ces conclusions sont tirées sachant que le processus d'arrivée des demandes suit une loi de Poisson, et que les valeurs de la demande sont indépendantes du processus d'arrivée, identiquement distribuées.

Gavimani-Kapuscinski-Tayur (GKT99) étudient l'influence du partage d'information sur la demande dans une chaîne à deux échelons (un fournisseur et un vendeur) sur les coûts de stockage et de rupture. Le vendeur est face à des demandes successives indépendantes et identiquement distribuées. Plusieurs lois sont utilisées dans l'étude expérimentale (normale, uniforme, erlang, etc.). Le vendeur utilise une politique de gestion des stocks (s,S). Trois scénarios sont testés. Dans le premier aucune information n'est échangée, et le fournisseur ne connaît donc que les commandes passées du vendeur. Dans le deuxième, le fournisseur connaît la politique de commande du vendeur et la loi de distribution de la demande. Enfin, dans le dernier scénario, le fournisseur connaît tout. Les auteurs montrent tout d'abord que la politique de gestion des stocks choisie reste optimale pour les deux derniers modèles. Ensuite, ils expérimentent les

différentes politiques et en concluent que les coûts générés dans le dernier modèle sont plus faible que dans le deuxième, eux-mêmes plus faible que dans le premier. Le partage d'information est donc profitable. Les gains entre le premier et le deuxième modèle sont entre 10% et 90%, avec une moyenne à 50%. Le gain est d'autant plus important que la capacité de production est grande et que les coûts de stockage sont grands. Les gains entre le deuxième et le troisième modèle vont de 1% à 35%. Le gain est important quand la capacité de production est grande, et nul quand la capacité est réduite. Le ratio entre le coût de rupture et le coût de possession n'a pas d'influence sur le gain. Quand l'écart-type de la demande est nul, il n'y a pas de gain, mais celui-ci augmente lorsqu'augmente l'écart-type.

Le partage de l'information sur la demande et l'effet *bullwhip*.

Chen-Drezner-Ryan,-Simchi-Levi (CDRSL00) quantifie l'effet *bullwhip* dans une chaîne logistique en série. Pour cela, ils étudient une chaîne simple, avec un producteur et un distributeur répondant à la demande finale. Ils montrent que le partage d'information sur la demande finale réduit l'effet *bullwhip* mais ne le supprime pas complètement. Pour obtenir ces résultats, les auteurs considèrent une demande finale auto-corrélée (la même que dans l'article (LST00)).

Incitation au partage de l'information sur les prévisions de demande.

Cachon-Lariviere (CL01) étudie comment établir un contrat entre un producteur et un fournisseur de façon à ce que le producteur donne des prévisions de demande correctes à son fournisseur pour que celui réserve des capacités de production. Cet article ne porte pas vraiment sur la valeur de l'information échangée, mais considère qu'il y a un intérêt à l'échange, et que l'objectif est la mise en place effective d'un contrat favorisant l'échange. L'idée est ici de faire avouer au producteur la prévision de demande réelle (*signaling*) pour que cette information soit utilisable par le fournisseur.

Le partage de l'information sur la demande et le niveau de stock et son effet sur les coûts de stockage et rupture.

Moinzadeh (MOI02) étudie l'influence du partage d'information sur la demande et le niveau des stocks sur les coûts de rupture et stockage. Son étude est faite sur une chaîne logistique composée d'un fournisseur (devant lui-même s'approvisionner à un stock de capacité infini avec un *leadtime* fixe) approvisionnant N distributeurs faisant face à une demande aléatoire, suivant une loi de Poisson. Les distributeurs et le fournisseur adoptent une stratégie de réapprovisionnement par point de commande. Dans un cas, le fournisseur de connaît que les ordres arrivant des distributeurs, alors que dans l'autre cas, il connaît également la demande et le niveau des stocks. L'auteur conclut que les gains sont importants quand le *leadtime* du fournisseur est beaucoup plus grand que ceux des distributeurs, ou quand le nombre de distributeur est faible, ou quand la quantité de commande est soit très petite, soit très grande, ou enfin quand le ratio entre le coût de possession du fournisseur et celui des distributeurs n'est ni trop grand, ni trop petit. Les gains peuvent aller jusqu'à 20% dans des cas extrêmes.

Le partage de l'information sur les capacités de production, les coûts les demandes et les plannings et son impact sur le coût total de fonctionnement de la chaîne (coût de transport, de stockage et de production).

Gaonkar-Viswanadham (GV01) étudie une chaîne logistique à quatre niveaux composée d'un donneur d'ordres, d'un producteur, de plusieurs producteurs de sous-ensembles, et de plusieurs fournisseurs. Ils comparent deux cas extrêmes. Dans le premier, la chaîne fonctionne sans partage d'information, les différents partenaires adoptant une stratégie de production pour stock, en fonction des demandes qu'ils reçoivent du partenaire aval. Dans le deuxième cas, les auteurs considèrent que toutes les informations sont partagées dans une plateforme commune. Il s'agit des différents coûts (production, transport, stockage), des demandes, des capacités de production et des plannings de production. Les informations sont déterministes et le modèle utilisé est un programme linéaire. Les résultats de leurs expériences montrent des gains allant jusqu'à 40%. Le gain est d'autant plus important que la demande est forte, et donc que les capacités de production sont saturées.