

ETUDE DE L'INFORMATION AVANCEE AVEC FENÊTRE DE TEMPS

Zied JEMAI^{1,2}, Khaled HADJ YOUSSEF² et Fikri KARAESMEN³

¹Modélisation et Génie des Systèmes Industriels ; IUT de Montreuil
140, rue de la nouvelle France
94130 Montreuil
Mél : jemai@lgi.ecp.fr

²Laboratoire Génie Industriel ; Ecole Centrale Paris
Grande Voie des vignes
92295 Chatenay Malabry, France
Mél : khaled@lgi.ecp.fr

³Department of Industrial Engineering
Koc University
34450, Sariyer, Istanbul, TURKEY
E-mail: fkaraesmen@ku.edu.tr

RESUME : *Dans la chaîne logistique, l'information avancée est disponible sous différentes formes : ordres à l'avance, prévisions, information partagée, engagements... L'utilisation correcte de cette information avancée aboutit à l'amélioration de performance de la chaîne logistique. Intuitivement, une meilleure information sur la demande future conduit à une baisse des niveaux de stock pour un même taux de service.*

Plusieurs travaux qui se sont intéressés à des modèles à capacité finie ont confirmé ce résultat. A travers de ces travaux, nous distinguons deux approches :

- *Le client n'accepte pas les livraisons antérieures à la date d'échéance.*
- *Le client accepte les livraisons antérieures à la date d'échéance.*

Dans un contexte de production par anticipation, mono-étage, modélisé par des files d'attente de type M/M/1, nous montrons que ces deux approches sont des cas particuliers d'une approche plus générale d'information avancée avec fenêtre de temps et nous calculons analytiquement les performances de ce modèle. Nous enrichissons ce travail par des exemples numériques.

MOTS-CLES : *Stock nominal ; Modèles stochastiques ; M/M/1 ; Fenêtre de temps ; Information avancée*

1. INTRODUCTION

Les différentes études menées sur le pilotage des chaînes logistiques distinguent deux approches différentes : le pilotage à flux tiré qui répond à la demande en temps réel et le pilotage à flux poussé qui planifie la production en se basant sur les prévisions de la demande.

D'autre part, l'incertitude sur la demande pousse les entreprises à posséder des systèmes de production flexibles et l'essor des systèmes d'information leur permet de travailler sur des horizons courts de planification. Dans un tel environnement, la distinction entre flux poussé et flux tiré devient de plus en plus difficile de plus que les prévisions comportent de plus en plus d'informations sur les commandes actuelles. De ce

fait, l'information avancée s'avère disponible sous différentes formes : ordres à l'avance, prévisions, information partagée, engagements...

L'utilisation correcte de cette information avancée aboutit à l'amélioration de performance de la chaîne logistique. Intuitivement, une meilleure information sur la demande future conduit à une baisse des niveaux de stock pour un même taux de service. D'autre part, la nature de l'interaction information/stock est généralement difficile à cerner, en particulier dans les systèmes de production car la capacité de production influence cette interaction.

Dans ce travail, nous nous intéressons au rôle de l'information avancée dans l'amélioration des

performances des systèmes de production par anticipation, mono-étage, modélisés par des files d'attente de type M/M/1. Nous entendons par information avancée des commandes fermes ni modifiables ni annulables arrivant avec un délai de livraison constant τ . Pour cette définition de l'information avancée, plusieurs modèles mono-étage de production par anticipation qui diffèrent par leur structure de coût ont été étudiés dans la littérature. Nous présentons dans la section 2 un état de l'art de ces travaux. Nous décrivons ensuite le modèle étudié. Dans la section 4, nous exposons les résultats obtenus lors de ce travail. Dans la dernière partie, nous présentons quelques exemples numériques.

2. ETAT DE L'ART

La littérature se rapportant à l'information avancée a bénéficié d'un enrichissement considérable dans la dernière décennie et les modèles qui ont été traités dans ces travaux sont très variés.

Dans ce paragraphe, nous nous intéressons en particulier à ceux qui ont opté pour la politique de stock nominal comme choix de pilotage à flux tiré (nous mentionnons brièvement d'autres politiques). Nous considérons l'information avancée comme étant une commande ferme dont le délai de livraison est connu avec certitude et ne peut pas être modifié. Si la réalité est plus complexe avec tout ce qu'elle peut présenter de variantes tels que la modification des commandes et leur annulation, cette vision n'est pas si loin de la réalité où on voit de plus en plus de contrats pénalisant ce genre de comportement.

Parmi ces travaux, nous distinguons deux grandes classes : ceux qui se sont intéressés aux systèmes de stockage et ceux qui ont introduit la notion de capacité en considérant des systèmes de production/stockage. Dans la première catégorie, nous citons (Hariharan et Zipkin; 1995) qui ont traité un système mono-étage à temps continu avec des délais de livraison constants et une demande aléatoire suivant un processus de Poisson, ils montrent que l'information avancée réduit considérablement les niveaux de stock optimal et les coûts associés (coûts de stockage + coût de rupture). (Gallego et Özer; 2001) trouvent une politique optimale sur un horizon fini pour un système de stockage à temps discret et revue périodique avec une information avancée sous forme de commande ferme τ_n unités de temps à l'avance (τ_n dépend du client) et aboutissent à des réductions de coût considérables. (Chen; 2001) étudie des systèmes similaires avec une segmentation du marché où chaque classe de clients bénéficie de réduction de prix en fonction de l'information avancée qu'elle offre. D'autres modèles plus complexes tels que le modèle à deux étages étudié par (Bourland et al.; 1996) et le modèle avec plusieurs détaillants de (Güllü; 1996) ont confirmé l'apport de l'information avancée pour la réduction des coûts de la chaîne logistique.

Dans un contexte de production, (Milgrom et Roberts; 1988) étudient un système de production par anticipation mono-période et montrent l'équivalence entre stock et information. (Özer et Wei; 2001) proposent une politique optimale pour un système périodique. (Buzacott et Shanthikumar; 1993) ont présenté une analyse détaillée d'un système mono-étage de production/stockage modélisé par une file d'attente de production par anticipation avec une information avancée sous forme de commandes fermes placées τ unités de temps à l'avance. (Güllü; 1996), (Toktay et Wein; 2001) ont étudié un étage de production/stockage à temps discret en introduisant la notion de prévision de la demande. Ils montrent que cette information permet de réduire le stock de sécurité et les coûts associés.

(Karaesmen et al.; 2002 et 2003) se sont intéressés à un système de production par anticipation mono-étage où chaque commande est caractérisée par un délai de livraison δ_n et une quantité q_n . Ils introduisent la notion de coût de l'information avancée et déterminent la quantité optimale d'information pour des fonctions de coût particulières. (Karaesmen et al.; 1999 et 2002) proposent par la suite pour un modèle similaire à temps discret et avec des demandes unitaires une politique à deux paramètres (S,L) désignée par BSADI ou S et le niveau de stock nominal et L un paramètre de délai. Ils montrent que cette politique est très proche de la politique optimale.

A partir de ces travaux sur les modèles à capacité finie, nous distinguons deux approches :

- Le client n'accepte pas les livraisons antérieures à la date d'échéance.
- Le client accepte les livraisons antérieures à la date d'échéance.

Dans la première approche, nous retrouvons les travaux de (Buzacott et Shanthikumar; 1993 et 1994) qui ont étudié la variation du niveau de stock nominal en fonction de l'échéance de la demande. (Karaesmen et al.; 2003) ont exploité cette étude et ont proposé la politique BSADI proche de la politique optimale pour des modèles de production par anticipation à temps discret.

(Karaesmen et al.; 2002) ont développé le deuxième cas et ont calculé analytiquement les différents coûts qui rentrent en jeu et ont montré que ce cas est plus avantageux que le premier.

Si ces deux approches ont bien montré l'apport de l'information avancée dans l'amélioration de performance des chaînes logistiques, elles sont restrictives et nous pensons que la généralisation de ces approches est possible dans le cadre de l'information avancée avec fenêtre de temps.

3. MODELES ET NOTATIONS

Les deux cas présentés ci-dessus s'appliquent dans des contextes différents. Le modèle sans livraisons antérieures à la date d'échéance est utilisé surtout dans un contexte industriel dans lequel le client impose au fournisseur des temps de livraison précis afin d'alimenter sa chaîne de production ou de montage à des instants précis et éviter de garder du stock. Le deuxième cas est généralement celui d'un client final qui accepte volontiers la réception de sa commande avant les délais fixés.

Dans ce travail, nous nous intéressons à un système de production par anticipation avec fenêtre de temps $[\tau_1, \tau_2]$ modélisé par une file d'attente. Chaque client arrive avec une commande ferme pour un délai de demande τ_2 . Les arrivées sont indépendantes et identiquement distribuées et le temps d'inter-arrivées suit une loi exponentielle. Soit T_N le temps entre l'arrivée N et $N+1$, $\lambda = 1/E[T_N]$ le taux d'arrivée, μ le taux de service et $\rho = \lambda / \mu$ le taux d'utilisation.

Le stock est géré par une politique de stock nominal (voir (Buzacott et Shanthikumar, 1993)). Cette politique peut être décrite par un système de files d'attentes. Dans la figure 1, les stocks P_0 et P_1 présentent respectivement le stock de matière première et le stock de produits finis. À l'état initial S_s^* éléments sont présents dans le stock $X(t)$. Lorsqu'une demande arrive dans le système, elle génère un ordre de fabrication dans la file d'attente du serveur. Le client génère une entité dans la file $Y(t)$ après τ_1 unités de temps. Si le stock X est non vide, le client quitte le système et génère une réduction de une unité du niveau de stock. Chaque entité de X génère un coût de stockage h_s par unité de temps alors que le client génère un coût de rupture b par unité de temps passée dans Y à partir de $\tau = \tau_2 - \tau_1$. (figure 1)

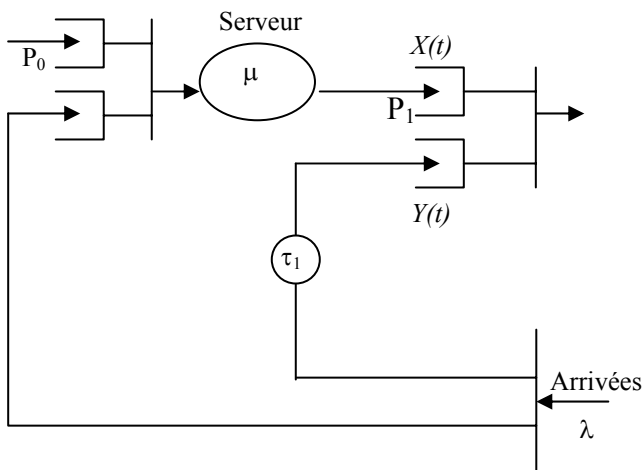


Figure 1. Modèle étudié

4. TRAVAIL EFFECTUE

4.1. Rappel des résultats obtenus :

Pour un modèle similaire au notre où le client n'accepte pas les livraisons antérieures à la date d'échéance ($\tau_1 = \tau_2$), (Buzacott et Shanthikumar ; 1993) déterminent le stock moyen $E[X]$ et le niveau moyen de rupture $E[Y]$:

$$E[X] = S + \lambda \tau_2 - \frac{\rho(1 - \rho^S e^{-\mu \tau_2(1-\rho)})}{1 - \rho} \quad (1)$$

$$E[Y] = \frac{\rho^{S+1}}{1 - \rho} e^{-\mu \tau_2(1-\rho)} \quad (2)$$

Ils calculent le stock nominal pour un τ_2 donné :

$$S_b^* = \left\lceil \frac{\text{Log} \frac{h_s}{h_s + b} + \frac{\mu \tau_2(1-\rho)}{\text{Log} \rho}}{\text{Log} \rho} \right\rceil \quad (3)$$

Nous désignons par $\lfloor x \rfloor$ la valeur entière de x .

Dans un modèle similaire où le client accepte les livraisons antérieures à la date d'échéance ($\tau_1 = 0$), (Karaesmen et al. ; 2002) déterminent le stock moyen $E[X]$ et niveau moyen de rupture pénalisé par des coûts de rupture $E[B]$:

$$E[X] = S - \frac{\rho(1 - \rho^S)}{1 - \rho} \quad (4)$$

$$E[B] = \frac{\rho^{S+1}}{1 - \rho} e^{-\mu \tau_2(1-\rho)} \quad (5)$$

Le stock nominal pour un τ_2 donné est :

$$S_k^* = \left\lceil \frac{\text{Log} \frac{h_s}{h_s + b \times e^{-\mu \tau_2(1-\rho)}}}{\text{Log} \rho} \right\rceil \quad (6)$$

4.2. Optimisation :

Le modèle proposé ci-dessus est une généralisation des deux modèles précédents. En effet, pour $\tau = 0$ le fenêtre de temps est de largeur nul et donc le fournisseur subit les coûts de rupture dès que le délai client est atteint ce qui correspond bien au modèle de Buzacott et Shanthikumar alors que pour $\tau = \tau_2$ le client peut être livré à partir du moment où il a passé sa commande ce qui coïncide avec le modèle de Karaesmen et al. De même, le modèle de production par anticipation classique sans information avancée est un cas particulier du modèle avec fenêtre de temps pour $\tau = \tau_2 = 0$.

L'optimisation du modèle décrit ci-dessus peut se faire à partir d'analogies le reliant aux modèles précédents comme le montre les résultats ci-dessous

Lemme 1 :

Pour un niveau de stock nominal S fixé, le niveau moyen de rupture pénalisé par un coût de rupture dans le modèle avec fenêtre de temps s'écrit comme suit :

$$E[B] = \frac{\rho^{S+1}}{1-\rho} e^{-\mu\tau_2(1-\rho)} \quad (7)$$

Démonstration : Considérons les deux modèles (de Buzacott et Shanthikumar et avec fenêtre de temps) avec les mêmes paramètres (λ , μ , h et b). Dans les deux modèles chaque entité génère un coût de rupture après un délai τ_2 passé dans le système. Ceci correspond au nombre moyen $E[Y]$ dans la file Y pour le premier modèle (car l'entité n'est placée dans cette file qu'après un délai τ_2) et au niveau moyen de rupture pénalisé $E[B]$ dans le deuxième modèle parce que le temps passé entre τ_1 et τ_2 dans Y n'est pas pénalisé. Donc, pour le même niveau S donné dans les deux modèles on a $E[Y]=E[B]$, d'où l'expression de $E[B]$ dans le lemme \square

Lemme 2 :

Pour un niveau de stock nominal S fixé, le niveau moyen de stock du modèle avec fenêtre de temps est égal à :

$$E[X] = S + \lambda(\tau_2 - \tau) - \frac{\rho(1-\rho^S e^{-\mu(\tau_2-\tau)(1-\rho)})}{1-\rho} \quad (8)$$

Démonstration : Considérons les deux modèles (de Buzacott et Shanthikumar et avec fenêtre de temps) avec les mêmes paramètres (λ , μ , h et b). Dans les deux modèles chaque demande qui arrive lance immédiatement un ordre de fabrication qui, après le temps de service, est stocké dans la file X . Pour le premier modèle une demande n'est satisfaite (diminution d'une entité dans le stock X) qu'à partir d'un délai τ_2 passé dans le système alors que pour le deuxième modèle, elle peut être satisfaite à partir d'un délai τ_1 . Donc le niveau $E[X]$ dans le modèle avec fenêtre de temps est équivalent à celui du modèle de Buzacott et Shanthikumar pour un délai $\tau_2=\tau_1$ d'où l'expression de $E[X]$ dans le lemme (nous avons remplacé τ_1 par $\tau_2-\tau$) \square

Proposition 1 :

Le coût moyen du système s'écrit de la façon suivante :

$$C_j(S, \tau, \tau_2) = h_s \left(S + \lambda(\tau_2 - \tau) - \frac{\rho(1-\rho^S e^{-\mu(\tau_2-\tau)(1-\rho)})}{1-\rho} \right) + b \left(\frac{\rho^{S+1}}{1-\rho} e^{-\mu\tau_2(1-\rho)} \right)$$

Démonstration : Puisque $E[B]$ est le nombre moyen des attentes pénalisées par le coût de rupture, le coût total est :

$$C_j(S, \tau, \tau_2) = h_s.E[X] + b.E[B] \quad \square$$

Proposition 2 :

Pour τ et τ_2 fixes, le niveau de stock nominal S_j^* s'écrit comme suit :

$$S_j^* = \left\lfloor \frac{\text{Log} \frac{h_s}{h_s e^{\mu\tau(1-\rho)} + b} + \frac{\mu\tau_2(1-\rho)}{\text{Log} \rho}}{\text{Log} \rho} \right\rfloor \quad (9)$$

Démonstration : Nous calculons \tilde{S}_j^* qui satisfait l'équation :

$$C_j(S, \tau, \tau_2) - C_j(S-1, \tau, \tau_2) = 0$$

Par suite, $S_j^* = \lfloor \tilde{S}_j^* \rfloor \quad \square$

Pour la relaxation continue, le coût optimal s'écrit comme suit :

$$C_j(\tilde{S}_j^*, \tau, \tau_2) = h_s(\tilde{S}_j^* + \lambda(\tau_2 - \tau)).$$

4.3. Propriétés :

La comparaison des différents modèles étudiés montre quelques propriétés sur les niveaux de stock et les coûts qui lui sont associés.

Corollaire 1 :

Le niveau de stock optimal du modèle avec fenêtre de temps est compris entre les niveaux de stock nominaux des deux autres modèles dans l'ordre suivant :

$$S_b^* \leq S_j^* \leq S_k^*$$

Démonstration : Considérons les trois modèles décrits ci-dessus avec les mêmes paramètres (λ , μ , h , b et τ_2). L'inégalité du corollaire s'obtient en comparant les niveaux de stock optimaux dans chaque modèle à partir des expressions (3), (6) et (9) \square

Ce résultat s'explique par le fait que le coût moyen de stockage est ordonné dans le sens inverse des niveaux de stock optimaux et donc en passant du modèle de (Buzacott et Shanthikumar ; 1993) à celui de (Karaesmen et al. ; 2002) on peut se permettre de garder plus de stock.

Corollaire 2 :

Les coûts associés aux niveaux des stocks nominaux sont ordonnés comme suit :

$$C_k(S_k^*) \leq C_j(S_j^*) \leq C_b(S_b^*)$$

Démonstration : Rappelons que les expressions des coûts des différents modèles s'écrivent comme suit :

$$C_b(S) = h_s \left(S + \lambda \tau_2 - \frac{\rho(1-\rho^S e^{-\mu\tau_2(1-\rho)})}{1-\rho} \right) + b \left(\frac{\rho^{S+1}}{1-\rho} e^{-\mu\tau_2(1-\rho)} \right) \quad (10)$$

$$C_k(S) = h_s \left(S - \frac{\rho(1-\rho^S)}{1-\rho} \right) + b \left(\frac{\rho^{S+1}}{1-\rho} e^{-\mu\tau_2(1-\rho)} \right) \quad (11)$$

$$C_j(S, \tau, \tau_2) = h_s \left(S + \lambda(\tau_2 - \tau) - \frac{\rho(1-\rho^S e^{-\mu(\tau_2-\tau)(1-\rho)})}{1-\rho} \right) + b \left(\frac{\rho^{S+1}}{1-\rho} e^{-\mu\tau_2(1-\rho)} \right) \quad (12)$$

Pour des paramètres identiques (λ, μ, h_s, b et τ_2), nous montrons que pour un niveau de stock S donné et pour tout τ :

$$C_k(S) \leq C_j(S) \leq C_b(S)$$

Nous nous contentons de la démonstration de la première inégalité, la deuxième se fait de la même façon.

Pour des paramètres identiques et pour un niveau S donné, les coûts de rupture dans (10), (11) et (12) sont identiques, donc il suffit de comparer les coûts de stockage :

$$C_j(S) - C_k(S) = h_s \left(\lambda(\tau_2 - \tau) - \frac{\rho^{S+1}(e^{-\mu(\tau_2-\tau)(1-\rho)} - 1)}{1-\rho} \right)$$

Soit $F(\tau_2) = C_j(S) - C_k(S)$, alors $F'(0) = 0$ (car $\tau \leq \tau_2$ donc $\tau = 0$) et

$$F'(\tau_2) = h_s \left(\lambda - \mu \rho^{S+1} e^{-\mu(\tau_2-\tau)(1-\rho)} \right)$$

$$F'(\tau_2) \geq 0 \text{ car } 1 \geq \rho^S e^{-\mu(\tau_2-\tau)(1-\rho)},$$

par suite $F(\tau_2)$ est positive pour tout τ et τ_2 ,

d'où $C_j(S) \geq C_k(S)$.

D'autre part, $C_k(S)$ est décroissante sur $[0, S_k^*]$ donc

$$C_k(S_j^*) \geq C_k(S_k^*) \text{ car } S_j^* \leq S_k^*$$

Or $C_j(S) \geq C_k(S)$ en particulier pour $S = S_j^*$, donc

$$C_j(S_j^*) \geq C_k(S_k^*)$$

D'où la première inégalité du corollaire \square

Nous constatons par ailleurs que la relaxation continue \tilde{S}_j^* du niveau de stock nominal S_j^* et le coût qui lui est associé $C_j(\tilde{S}_j^*)$ sont linéaires et décroissantes en fonction de τ_2 et admettent comme pentes respectives :

$$\mu(1-\rho)/\text{Log } \rho \text{ et } h_s \mu(1-\rho + \text{Log } \rho) / \text{Log } \rho$$

Notons que ces pentes sont les mêmes que celles du modèle de (Buzacott, Price et al. 1993), ainsi, le modèle avec fenêtre de temps est similaire à celui de (Buzacott et al.; 1993) du fait que plus d'information avancée est bénéfique pour le système jusqu'à une certaine limite τ_{2C} à partir de laquelle le système atteint son optimum global et fonctionne à la commande.

Corollaire 3 :

Pour un τ donné, Le modèle avec fenêtre de temps est optimal pour $S_j^* = 0$ et $\tau_2 > \tau_{2C}^*$.

$$\tau_{2C}^* = \frac{\text{Log } \rho - \text{Log } \frac{h_s}{h_s e^{\mu\tau(1-\rho)} + b}}{\mu(1-\rho)}$$

Démonstration :

$$C_j(\tilde{S}_j^*, \tau, \tau_2) = h_s(\tilde{S}_j^* + \lambda(\tau_2 - \tau))$$

Or, pour τ donné, S_j^* est linéaire est décroissante en fonction de τ_2 , donc $C_j(\tilde{S}_j^*, \tau, \tau_2)$ est linéaire et décroissante en fonction de τ_2 jusqu'à $S_j^* = 0$.

D'autre part, $S_j^* = 0$ quand \tilde{S}_j^* , la relaxation continue de S_j^* dans l'équation (4), est inférieure à 1. τ_{2C}^* est la valeur de τ_2 qui permet d'avoir $\tilde{S}_j^* = 1$, d'où le corollaire 3 ci-dessus \square

Cependant dans le reste de ce travail, nous considérons comme limite de l'information avancée la valeur de τ_{2C} ci-dessous.

$$\tau_{2C} = - \frac{\text{Log } \frac{h_s}{h_s e^{\mu\tau(1-\rho)} + b}}{\mu(1-\rho)} \quad (13)$$

Nous avons déterminé la valeur de τ_{2C} en prenant l'approximation continue \tilde{S}_j^* du stock nominal $S_j^* = \lfloor \tilde{S}_j^* \rfloor$ comme étant égale à 0. Si nous avons opté pour cette valeur de τ_{2C} , c'est parce que les différents travaux s'intéressant à ce paramètre ont fait pareil (en particulier (Buzacott et Shanthikumar; 1993)), ce qui nous permettra de pouvoir comparer nos résultats avec ceux des autres travaux. En plus, pour les mêmes données, la différence entre les deux valeurs de τ_{2C} ne varie pas en fonction du modèle étudié, ce qui préserve la pertinence des résultats obtenus.

Parmi ces résultats, nous constatons que τ_{2C} est supérieure à celle du modèle de (Buzacott et Shanthikumar ; 1993), donc, le modèle avec fenêtre de temps permet d'exploiter davantage d'information avancée.

Par ailleurs, pour un niveau de stock nominal donné, l'influence de la largeur de la fenêtre de temps τ ou de la quantité d'information avancée τ_2 sur les coûts du système est prévisible. En effet, pour S et τ_2 fixes, le coût global du système diminue en fonction de τ puisque les coûts de stocks diminuent jusqu'à $\tau = \tau_{max} = \tau_2$ (modèle de (Karaesmen et al. ; 2002)). De même, pour S et τ_1 fixes, l'augmentation de τ_2 diminue le coût global du système jusqu'à τ_{2C} .

Néanmoins, même si le coût diminue en augmentant l'un ou l'autre des paramètres étudiés, il ne se comporte pas de la même manière vis à vis de τ_1 et de τ_2 et la diminution est plus sensible en fonction de τ_1 (donc de τ) que de τ_2 , critère encore renforcé par le fait que τ_2 ne peut pas varier indéfiniment puisqu'elle est limitée par τ_{2C} . Ainsi, un fournisseur ayant le choix de négocier entre l'élargissement de la fenêtre de temps τ et l'acquisition de plus d'information avancée τ_2 sera meilleurs en optant pour la première option.

Ces propriétés seront illustrées dans la section suivante à travers des exemples numériques.

5. Applications numériques

Vu le comportement similaire du modèle étudié par rapport aux paramètres du système, et que notre objectif n'est pas de tester l'influence de ces paramètres sur le comportement du système, nous nous contentons d'un exemple précis avec les paramètres suivants : $h_s=1$, $b=10$, $\lambda=0.9$ et $\mu=1$ et nous faisons varier les paramètres de décision S , τ et τ_2 . Pour ces valeurs, $S^*=22$ (modèle sans information avancée) et $\tau_{2C}=23.98$ (modèle de Buzacott et Shanthikumar).

Les figures 2 et 3 montrent l'évolution du niveau de stock nominal et du coût associé en fonction de la quantité d'information avancée disponible pour le modèle de Buzacott et Shanthikumar (fig.2) et le modèle

de Karaesmen et al. (fig.3) alors que la figure 4 permet de comparer les deux modèles. Dans la figure 3, les courbes de S_k^* et $C_k(S_k^*)$ sont confondues du fait de la valeur de h_s ($h_s=1$).

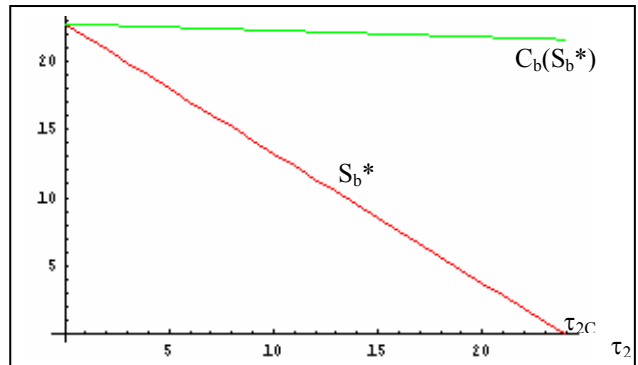


Figure 2. S_b^* et $C_b(S_b^*)$ en fonction de τ_2

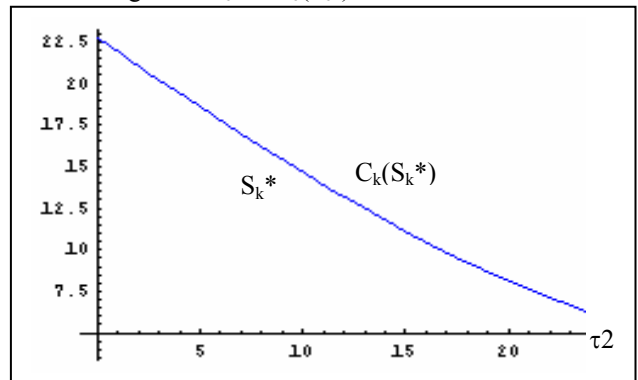


Figure 3. S_k^* et $C_k(S_k^*)$ en fonction de τ_2

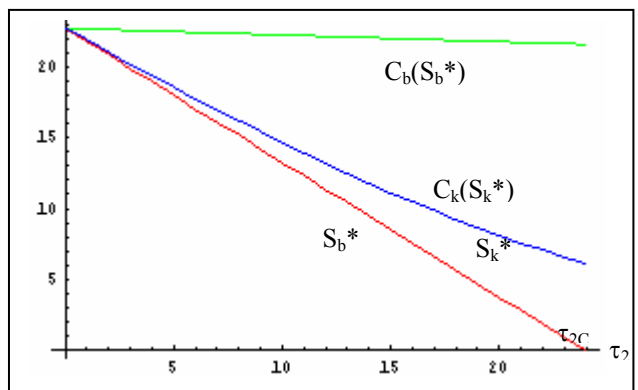


Figure 4. Comparaison des deux modèles

La comparaison des deux modèles montre bien que le niveau du stock nominal dans le modèle de Buzacott et Shanthikumar est toujours inférieur à celui de Karaesmen et al. et que les coûts à l'optimum sont ordonnés dans le sens inverse.

Dans la figure 5, nous traitons le modèle avec fenêtre de temps pour différentes valeurs de τ .

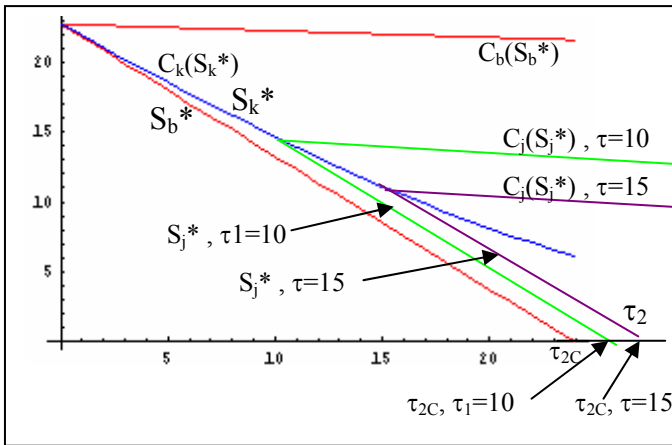


Figure 5. S_j^* et $C_j(S_j^*)$ en fonction de τ_2 pour différentes valeurs de τ

Une analyse minutieuse de ce graphe nous conduit aux différentes propriétés dégagées lors de l'étude analytique. En effet, supposons qu'un fournisseur, fonctionnant avec une stratégie de livraison avec une fenêtre de temps [8,18] (point F de la figure 6), négocie la possibilité de modifier ses paramètres de livraison. Dans quel sens est-il préférable d'élargir sa fenêtre de temps : [8,19] ou [7,18] ? Comme le montre la figure 6, garder un τ_2 constant, donc opter pour le choix [7,18], est plus bénéfique pour la chaîne logistique.

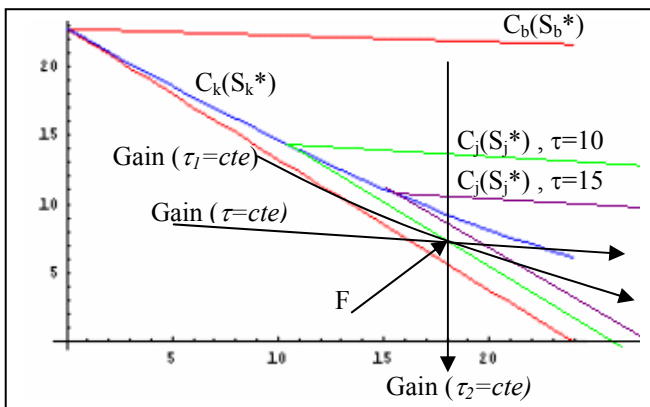


Figure 6. Evolution des performances du système en fonction des paramètres de l'information avancée

6. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Plusieurs études ont montré l'apport de l'information avancée dans l'amélioration des performances des chaînes logistiques. Parmi ces études, nous avons distingué deux approches différentes : le modèle de (Buzacott et Shanthikumar; 1993) qui ne tolère pas des livraisons à l'avance et le modèle de (Karaesmen et al.; 2002) qui permet les livraisons à l'avance. Après avoir examiné ces deux modèles, nous avons proposé un modèle d'information avancée avec fenêtre de temps qui généralise ces deux approches (fig.7). Nous avons calculé analytiquement les différents paramètres qui

entrent en jeu, ce qui nous a permis de déterminer les performances du modèle et de le comparer aux deux modèles précédents.

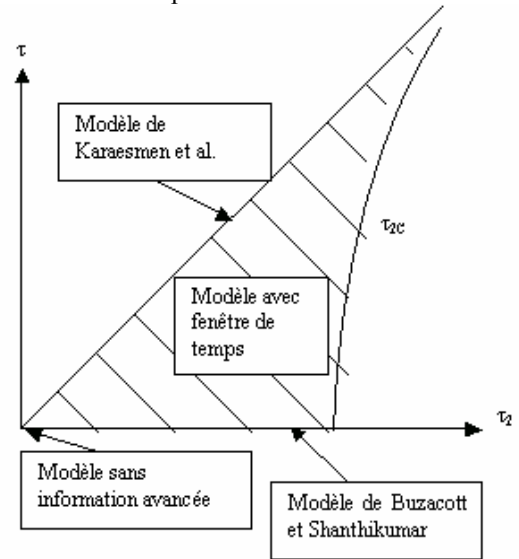


Figure 7. Récapitulatif des modèles étudiés

Comme perspective de ce travail, le paramètre fenêtre de temps introduit dans cette étude peut être appliqué à un contexte décentralisé et jouer le rôle d'un paramètre de compétition entre les acteurs.

REFERENCES

- Bourland, K. E., S. G. Powell, et D. F. Pyke (1996). "Exploiting Timely Demand Information to Reduce Inventories." *European Journal of Operational Research* **92**: 239-253.
- Buzacott, J. A. and J. G. Shanthikumar (1993). *Stochastic Models of Manufacturing Systems*. New Jersey, Prentice Hall.
- Buzacott, J. A. and J. G. Shanthikumar (1994). "Safety Stock versus safety Time in MRP Controlled Production Systems." *Management Science* **40**(12): 1678-1689.
- Buzacott, J. A., S. M. Price, and J. G. Shanthikumar (1993). *Service Levels in Multi-Stage MRP and Base Stock Control Systems*. New York, Springer.
- Chen, F. (2001). "Market Segmentation, Advanced Demand Information, and Supply Chain Performance." *Manufacturing & Service Operations Management* **3**(1): 53-67.
- Gallego, G. and O. Özer (2001). "Integrating Replenishment Decisions with Advance Demand Information." *Management Science* **47**(10): 1344-1360.
- Güllü, R. (1996). "On the Value of Information in Dynamic Production/Inventory Problems under Forecast Evolution." *Naval Research Logistics* **43**: 289-303.
- Hariharan, R. and P. Zipkin (1995). "Customer-Order Information, Leadtimes, and Inventories." *Management Science* **41**(10): 1599-1607.

- Karaesmen, F., J. Buzacott, et Y. Dallery. (1999). "Pull Type Control Mechanisms and Advanced Information on Customer Orders." .
- Karaesmen, F., J. Buzacott, et Y. Dallery. (2002). "Integrating Advance Order Information in Make-to-Stock Production Systems." IIE Transactions **34**(8): 649-662.
- Karaesmen, F., G. Liberopoulos, et Y. Dallery. (2002). "The Value of Advance Demand Information in Production/Inventory Systems." to appear in Annals of Operations Research.
- Karaesmen, F., G. Liberopoulos, et Y. Dallery. (2003). Production/Inventory Control with Advance Demand Information. Stochastic Modelling and Optimization of Manufacturing Systems and Supply Chains. D. D. Yao, W. H. M. Zijm and J. G. Shanthikumar. Boston, Kluwer Academic Publishers. **63**.
- Milgrom, P. and J. Roberts (1988). "Communication and Inventory as Substitutes in Organizing Production." Scand. J. of Economics **90**(3): 154-179.
- Özer, Ö. and W. Wei (2001). "Inventory Control with Limited Capacity and Advance Demand Information." Working Paper; Stanford University.
- Toktay, L. B. and M. Wein (2001). "Analysis of a Forecasting-Production-Inventory System with Stationary Demand." Management Science **47**: 1268-1281.