

DEFINITION DE REGLES DE PILOTAGE D'UN SYSTEME DE STOCK DONT LES DONNEES SONT IMPRECISES

Evren SAHIN*, Yves DALLERY, Fikri KARAESMEN

Laboratoire Génie Industriel
Ecole Centrale Paris
Grande Voie des Vignes
92295 Chatenay Malabry
* mél : evren@lgi.ecp.fr

RESUME : *Une hypothèse implicite considérée dans la plupart des travaux sur la gestion de stock suppose que les données qui sont utilisées pour piloter un système de distribution sont intégrées, i.e. pour un produit donné, la quantité disponible indiquée par le système d'information correspond exactement à la quantité physique disponible en stock. Or, différents facteurs peuvent perturber l'évolution synchronisée de ces valeurs.*

Cet article traite du problème d'inexactitude des données stocks indiquées par le système d'information ; dans un premier temps, nous exposons le problème et évaluons les conséquences de cette imprécision. Dans la seconde partie de l'article, nous modélisons le problème.

MOTS-CLES : *imprécision des données stock, modèle mono période*

1. INTRODUCTION

L'implantation de systèmes d'information performants est vue par de nombreuses entreprises comme étant la solution à de nombreuses défaillances dans une organisation. Cependant, une fois l'implantation complétée, le système peut ne pas satisfaire aux performances attendues en raison de divers problèmes liés principalement à un manque de formation du personnel, à une utilisation incorrecte du système ou encore à une imprécision des données qui sont utilisées par le système. Bien que l'efficacité des échanges entre les différents maillons de la chaîne d'approvisionnement repose sur la qualité et la précision des données, [3] reporte que 30% des données essentielles pour les opérations – telles que des données de nomenclature, la quantité de stock en main, les bons de commandes- sont erronées dans les entreprises.

Dans le cadre du projet de recherche que nous menons en collaboration avec le Laboratoire de la Technologie d'Identification Automatique (Auto ID Center, *Massachusetts Institute of Technology*) nous nous intéressons particulièrement à quantifier les bénéfices que peut atteindre une entreprise par l'élimination des erreurs dans ses données stocks.

La précision des données relatives aux produits disponibles dans un emplacement de stockage (un entrepôt de distribution, une étagère d'un rayon de supermarché, ..) et aux quantités qui leur sont associées joue un rôle clé dans le pilotage des stocks de la chaîne d'approvisionnement. D'après [5], un inventaire physique effectué dans les 37 magasins d'un distributeur important montre que pour 65% des 370 000 unités de

produit comptées, il existe une différence entre la quantité réelle de produits disponibles et la quantité indiquée par le système d'information du magasin. Deux analyses sont faites dans cette étude : la première s'intéresse aux facteurs qui impactent la probabilité qu'une information enregistrée dans le système d'information soit exacte. Pour un produit donné, le prix de vente, le volume de vente annuel et la source de livraison (i.e. est ce que le produit provient directement du producteur ou d'un centre de distribution) sont parmi les paramètres identifiés.

La deuxième analyse est faite au niveau de chaque magasin séparément et s'intéresse à la valeur moyenne absolue des erreurs par article. Parmi les facteurs qui impactent cette grandeur figurent la densité de stockage du magasin (i.e. le nombre d'articles/m²), les caractéristiques de l'assortiment produit proposé par le magasin et la fréquence des inventaires physiques réalisés.

Dans un souci d'analyse de l'impact de l'imprécision des données stock sur les décisions prises dans une entreprise, des modèles mathématiques ont également été proposés. Iglehart et Morey recommandent des modifications aux politiques de stock existantes[6]. Porteus montre comment l'incertitude sur les quantités stockées peut être intégrée dans la fonction coût[8]. Ernst et al. développent une approche pour faire le suivi de la précision de l'enregistrement des données stock [1].

Des organismes de standardisation internationaux comme European Article Numbering et Global Commerce Initiative mènent aussi des travaux à ce sujet en s'intéressant d'avantage à la définition de standards

d'échange et à l'analyse du processus d'implémentation (étude de faisabilité, dimensionnement des surfaces de stockage, etc..) d'une nouvelle technologie d'identification automatique pouvant être utilisée pour améliorer la précision des données stock[4].

2. L'IMPRECISION DES DONNEES STOCK: LES CAUSES ET LES CONSEQUENCES

La précision des données stock indiquées par le système d'information d'un entrepôt concernant la quantité de produits disponibles dans un emplacement donné peut être perturbée par différentes sources d' « erreurs » telles que ;

- Un manque d'ordre dans l'entrepôt, des produits mal rangés ou déplacés sans que le système d'information soit remis à jour,
- Un comptage de stock inadéquat, i.e. l'occurrence d'une erreur de scanning, de comptage ou de saisie durant le processus d'identification des produits et/ou des emplacements venant fausser les données,
- Des produits volés ou consommés sans être signalés dû essentiellement à un manque de contrôle sur l'accessibilité des lieux,
- Des produits périmés ou endommagés qui diminuent le niveau du stock physique et dont la valeur enregistrée dans le système d'information ne peut être remise à jour de façon automatique
- Des données non enregistrées en raison de défaillances techniques provenant de l'outil d'identification et de capture de données utilisé [9]

Cette typologie d' « erreur » ou de « perte » (inventory shrinkage en anglais) varie d'une entreprise à une autre mais selon [7] en moyenne, 42% des pertes d'un magasin sont liées au vol commis par les employés, 32 % sont liées au vol commis par les clients et 26 % à des problèmes de système ou d'erreurs humaines.

L'inexactitude de l'information concernant les niveaux de stock peut entraîner :

- Des pertes de temps et des retards de livraison liés à la recherche de marchandises qui ne se trouvent pas à un endroit et/ou dont la quantité ne correspond pas à celle indiquée par le système
- Des pertes de vente parce que le système indique qu'un article est disponible alors qu'il ne l'est pas
- Des conséquences négatives sur les autres systèmes et processus de l'entreprise et une dégradation de la qualité des échanges entre les différents maillons de la chaîne d'approvisionnement
- Des coûts opérationnels supplémentaires pour compenser les erreurs tels que :

- Des coûts d'inventaires physiques ou cycliques
- Des coûts administratifs liés à la nécessité de faire des régularisations de fin d'exercice afin que le système de finance et le système d'inventaire soient en accord
- Des coûts d'utilisation de produits substitués
- Des coûts liés à la détection tardive des pièces désuètes
- Des coûts de livraison supplémentaire pour le matériel urgent et autres coûts occasionnés par les « surprises » de dernière minute
- Des coûts de rupture de stock
- Des coûts d'immobilisation de produits

Avec les pressions des marchés qui forcent les entreprises à réduire constamment leurs investissements et leurs coûts d'exploitation, le niveau de précision des données stocks devient de plus en plus important. La synchronisation du flux physique et de l'information enregistrée dans le système d'information qui lui correspond est vitale pour la gestion des stocks d'un entrepôt. Le système code à barres est utilisé à cet effet pour identifier les produits et remettre à jour l'information. Cependant, la remise à jour des données stock peut être réalisée de façon inexacte, incomplète et/ou décalée dans le temps en raison des défaillances en provenance du système code à barres [9], si bien qu'aujourd'hui, de nouvelles démarches sont entreprises afin de s'assurer de l'exactitude des données. Ces mécanismes, décrits dans [6], consistent essentiellement en une augmentation de la fréquence des inventaires physiques (l'exactitude des données stocks peut être vérifiée par deux méthodes de base, l'inventaire physique ou cyclique, qui consistent à compter la totalité ou une partie des items en stock, comparer les résultats avec les données enregistrées dans le système d'information et réconcilier les différences en ajustant les données afin de bien représenter la réalité), une augmentation des stocks de sécurité et la mise en oeuvre d'actions de prévention d'erreurs pouvant se produire dans les processus de réception, stockage, préparation de commande et de livraison.

Cet article se situe dans le cadre de la quantification des bénéfices par la diminution voire l'élimination des erreurs et l'atteinte d'un plus haut niveau de précision dans ses données stocks en utilisant une nouvelle technologie d'identification et de capture de données, la "RFID", acronyme du terme anglais Radio Frequency IDentification, qui est, contrairement au système code à barres, une technologie permettant de capturer de l'information concernant le mouvement des produits de façon automatisée, i.e. sans intervention humaine.

A cet effet, nous nous proposons de développer un modèle qui représente le système perturbé où l'aspect aléatoire de l'erreur, i.e. la différence entre la quantité de

stock enregistrée et la quantité de stock physique, est pris en compte dans la définition des règles de gestion de stock. La comparaison de ce modèle et du modèle sans erreur apportera des éléments de réponse à la quantification du gain potentiel.

3. MODELE PROPOSE

3.1. Notations

Q_0 : quantité à commander dans le système de référence (le modèle 0)

$Co(Q)$: coût total associé au modèle 0

Q_0^* : valeur optimale de Q_0

Q_ϕ : quantité physique disponible en stock dans le modèle 1 où une probabilité d'occurrence d'erreurs est prise en compte

Q_{IS} : quantité indiquée par le système d'information

$C_1(Q)$: coût total associé au modèle 1

h : coût par unité de produit en surplus (overage cost)

u_1 : coût par unité de produit manquant (underage cost). Le premier composant du coût de rupture de stock (cas où la demande est supérieure à la quantité de produits disponible indiquée par le système d'information) sera calculé à l'aide de ce paramètre.

u_2 : coût par unité de produit manquant. Le deuxième composant du coût de rupture de stock (cas où la quantité de produits physiques disponibles ne permet pas de satisfaire totalement la quantité initialement promise aux clients) sera calculé à l'aide de ce paramètre.

x : variable aléatoire représentant la demande

$f(x)$: fonction de probabilité de x

U_x : borne supérieure de la variable aléatoire x si celle ci est bornée

L_x : borne inférieure de la variable aléatoire x si celle ci est bornée

p : variable aléatoire représentant l'erreur

$g(p)$: fonction de probabilité de p

U_p : borne supérieure de la variable aléatoire p si celle ci est bornée

L_p : borne inférieure de la variable aléatoire p si celle ci est bornée

3.2. Référentiel : le Modèle 0

Le modèle 0 considéré est un modèle à une période (modèle newsboy) dont la fonction coût est obtenue par :

$$E[\text{Cout}_0(Q)] = h \int_0^Q (Q-x)f(x)dx + u_1 \int_Q^\infty (x-Q)f(x)dx$$

En particulier, lorsque la loi de distribution de la demande est uniforme, l'expression du coût optimal et de la quantité optimale sont respectivement données par :

$$Q_0^* = L_x + \frac{u_1(U_x - L_x)}{u_1 + h}$$

$$\text{Cout}_0(Q_0^*) = \frac{u_1 h (U_x - L_x)}{2(u_1 + h)} = \sigma \sqrt{3} \frac{u_1 h}{2(u_1 + h)}$$

3.3. Le Modèle 1

3.3.1. Description

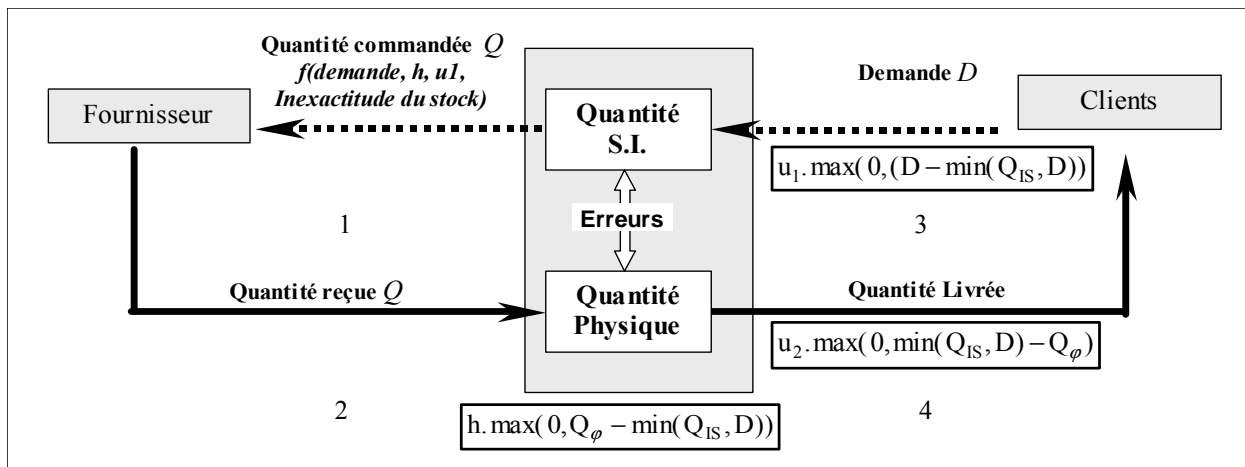


Figure 1. Description du Système 1

Afin de satisfaire la demande, une quantité Q est commandée au fournisseur. La quantité reçue dans le stock (Q_ϕ) est égale à la quantité commandée : Nous supposons qu'il n'y a pas de différence entre la quantité commandée au fournisseur et la quantité reçue, i.e. le fournisseur est entièrement fiable.

Cependant, la quantité observée dans le système d'information peut différer de cette quantité physique (en raison d'erreurs de scanning, vol etc.)

La satisfaction de la demande réelle se fait en deux étapes :

-Un engagement sur la quantité à livrer selon la quantité observée dans le système d'information

-La livraison effective selon la quantité disponible en stock

L'optimisation du modèle consiste à déterminer la quantité à commander au fournisseur qui minimise les coûts d'immobilisation et les coûts de rupture qui sont dus d'une part à un engagement d'une honoration partielle de la demande (cas où $D > Q_{IS}$) et d'autre part, à une réalisation partielle de cet engagement (cas où quantité disponible < quantité promise).

Dans la suite de l'article, la quantité observée dans le système d'information associée à une quantité physique Q sera représentée par $p \cdot Q$, p étant une variable aléatoire représentant l'impact des « erreurs » évoquées ci dessus.

3.3.2. Caractérisation de l'erreur

- $p < 1$: Les situations où la quantité physique est plus importante que celle que l'on observe dans

le système d'information, i.e. la quantité que l'on pense avoir dans l'entrepôt, seront modélisées par des valeurs de p inférieures à 1.

- $p > 1$: De même que les situations où la quantité physique de produits disponible est inférieure à celle que l'on pense avoir dans l'entrepôt, seront modélisées par des valeurs de p supérieures à 1.

3.3.3. Fonction Coût

Le tableau 1 présente l'ensemble des situations qui décrivent le système 1 en fonction de la relation qui existe entre Q_ϕ , Q_{IS} et la demande ainsi que le coût associé à chaque situation et la différence de coût par rapport au système 0.

L'expression du coût total du système perturbé est obtenue en considérant la somme des différents coûts décrits.

Cas		Coût associé au modèle 1	Δ_{C1-C0}
1	$Q_{IS} \leq Q\phi \leq x$	$u_1 \int_{p=L_p}^1 \int_{x=Q}^\infty (x-pQ)f(x)dxg(p)dp + h \int_{p=L_p}^1 \int_{x=Q}^\infty (Q-pQ)f(x)dxg(p)dp$	$(u_1+h).Q.(1-p)$
2	$Q\phi \leq Q_{IS} \leq x$	$u_1 \int_{p=1}^{U_p} \int_{x=p^*Q}^\infty (x-pQ)f(x)dxg(p)dp + u_2 \int_{p=1}^{U_p} \int_{x=p^*Q}^\infty (pQ-Q)f(x)dxg(p)dp$	$(u_2-u_1).Q.(p-1)$
3	$Q_{IS} \leq x \leq Q\phi$	$u_1 \int_{p=L_p}^1 \int_{x=p^*Q}^Q (x-pQ)f(x)dxg(p)dp + h \int_{p=L_p}^1 \int_{x=p^*Q}^Q (Q-pQ)f(x)dxg(p)dp$	$u_1.(x-pQ) + h.Q.(1-p)$
4	$Q\phi \leq x \leq Q_{IS}$	$u_2 \int_{p=1}^{U_p} \int_{x=Q}^{p^*Q} (x-Q)f(x)dxg(p)dp$	$u_2.(x-Q)$
5	$x \leq Q\phi \leq Q_{IS}$	$h \int_{p=1}^{U_p} \int_{x=0}^Q (Q-x)f(x)dxg(p)dp$	0
6	$x \leq Q_{IS} \leq Q\phi$	$h \int_{p=L_p}^1 \int_{x=0}^{p^*Q} (Q-x)f(x)dxg(p)dp$	0

Tableau 1. Comparaison des deux systèmes

4. COMPARAISON ENTRE LES COÛTS DU MODELE 0 ET DU MODELE 1

Quelque soient les caractéristiques de l'erreur, le coût optimal associé au système perturbé est supérieur au coût optimal du système sans erreurs :

1/ Le coût supplémentaire généré par le système 1 provient des coûts additionnels de rupture de stock (cas 2 et 4) et de l'effet combiné des coûts additionnels de rupture et des coûts d'immobilisation (cas 1 et 3).

2/ Pour les cas 5 et 6, la différence de coûts entre les deux systèmes est nulle.

4.1. Exemple d'application

Considérons un exemple où la demande et l'erreur ont une distribution uniforme, i.e., leurs lois de distribution sont données respectivement par,

$$f(x) = \begin{cases} 1/16, & 0 < x < 16 \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

$$g(p) = \begin{cases} 1, & 0.56 < p < 1.43 \\ 0, & \text{sinon} \end{cases}$$

Valeurs des Paramètres

$U_x = 16$

$L_x = 0$

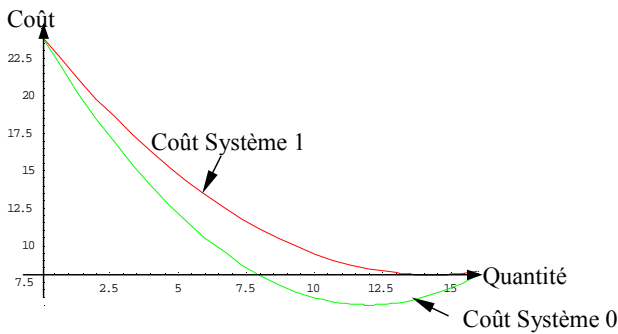
$h = 1$

$u_1 = 3$

$u_2 = 6$

$\mu_p = 1$

$\sigma_p = 0.25$



Résultats	Coût optimal	Quantité optimale
Système 0	6	12
Système 1	8.01	14.26

Pour les paramètres choisis, la valeur optimale de la quantité à commander dans un système avec erreurs et le coût qui lui est associé sont respectivement 14.26 unités et 8.01 unités coût.

Si ce système était piloté de façon à ce que les erreurs ne soient pas prises en compte, la quantité qui aurait été commandée serait de 12 unités et le coût associé à cette commande serait de $C_1(Q=12) = 8.41$ unités coût. Ceci correspond à une pénalité de $(8.41 - 8.01) = 0.4$ unités coût, i.e. le coût total augmente de 4.7 % si le système est piloté sans prise en compte des erreurs.

5. CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons élaboré un modèle mathématique pour permettre de mieux comprendre l'impact d'une perturbation due à des erreurs sur le pilotage d'un système de distribution. L'intérêt du modèle que nous proposons est de faire une première évaluation des gains qu'une entreprise peut atteindre en diminuant les facteurs qui contribuent à l'apparition d'une différence entre la quantité de produits stockés et la quantité indiquée par le système d'information.

Le modèle élaboré présente certaines limites. D'une part, la complexité de la fonction coût crée des difficultés de résolution et d'obtention d'une solution analytique pour certaines caractéristiques de l'erreur. Pour ces cas là, nous adoptons une démarche de résolution numérique.

D'autre part, en vue de traiter la problématique d'imprécision des données stock dans le cadre d'un modèle de gestion de stock à plusieurs périodes, nous capitaliserons sur les enseignements du modèle mono période.

REFERENCES

[1] R. Ernst, J.L. Guerrero, A. Roshwalb, "A quality control approach for monitoring inventory stock levels", Journal of Operational Research Society, Vol. 44, no.11, 1993.

[2] H.S. Lau, "Simple Formulas for the expected costs in the newsboy problem: An educational Note", European Journal of Operational Research, no.100, 1996.

[3] I. Gauvin, "La précision des inventaires", La Chaîne d'Approvisionnement, Ed. Groupe Createch.

[4] "Travaux sur le développement de l'identification automatique par Radio Fréquence en France", Gencod EAN France, 2000.

[5] N. de Horatius, A. Raman, Z. Ton, "Execution: the missing link in retail operations", California Management Review, Vol. 43, No 3, Spring 2001.

[6] D. Iglehart, R.C. Morey, "Inventory systems with imperfect asset information", Management Science, Vol. 18, No 8, 1972.

[7] P.M. Johnson, CMC and R.F. Outcalt, CMC Principals, "Inventory Shrinkage: Where Do The Missing Profits Go? ", Outcalt & Johnson: Retail Strategists, LLC.

[8] E. Porteus, "Stochastic Inventory Theory", Chapitre 12 du Heyman and Sobel eds. Stochastic Models v.2 of Handbooks in Operations Research and Management Science.

[9] E. Sahin, "Inaccuracy in inventory data", Rapport Technique, Laboratoire Génie Industriel, Ecole Centrale Paris, 2002.