الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الابراهيمي – برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi- B.B.A.
Faculté Mathématique et informatique

Domaine : Mathématique
Spécialité : Recherche opérationnelle

Mémoire

OPTIMISATION PAR SIMULATION DE LA GESTION DE STOCKS EN AVENIR ALÉATOIRE

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Présenté par :

- **Larrasse Imane**
- **Houamed Kenza**

Encadré par :

Mr. Fillali Farhat

Devant le jury :

- **Mr : Benmalek Mounir**
- **Mr : Maache Salah**
- **Mr : Maza Sofiane**

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Au terme de ce travail

Nous remercions, Dieu le tout puissant de nous avoir donné le courage et la volonté pour réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier vivement

Mr Fillali.F

Pour nous avoir fait l'honneur d'accepter, de diriger ce travail et avoir le soutenir. Pour votre encadrement, votre enseignement, et vos précieux conseils. Pour votre disponibilité, votre confiance, pour les connaissances que vous nous avez apportées

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents : DJaafar ,Belaid et Lynda ,

En témoignant de ma grande affection et ma vive reconnaissance, pour tout ce que vous avez fait pour mon bonheur et ma réussite. Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je vous dois pour vos encouragements et vos sacrifices.

A ma chère sœur Meriem, sarah.et Nedjma.

A toute ma famille.

A tous mes amis(es).

Larrasse .I

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes chers parents : Ferhat et Wardia,

En témoignant de ma grande affection et ma vive reconnaissance, pour tout ce que vous avez fait pour bonheur et ma réussite. Nulle dédicace ne peut exprimer ce que je vous dois pour votre encouragement et vos sacrifices.

A ma chère sœur Nawal et Zahwa.

A toute ma famille.

A tous mes amis(es).

Houamed.K

Tables de matières

Tables de matières :	Page
I. Introduction générale	10
II. Problématique	10
III. Organisation du mémoire	13
Chapitre 1 : Introduction à l'optimisation dans les chaine logistiques	
1.1 Introduction	15
1.2 La chaine logistique	15
1.2.1 Définition	15
1.2.2 Objectif et enjeux	15
1.2.3 Les flux de la chaine logistique	16
1.2.4 Les acteurs de la chaine logistique	16
1.2.5 Méthode d'optimisation dans les chaines logistiques	17
1.2.6 Le mangement de la supply chain	17
1.3 Optimisation de la gestion de stocks	19
1.3.1 Définition de stock	19
1.3.2 La gestion de stock	20
1.3.2.1 Définition	20
1.3.2.2 Le contexte	20
1.3.2.3 Les variables d'action	21
1.3.2.4 Terminologie et notation	22
1.3.2.5 Les principales méthodes de gestion de stocks	24
1.4 Conclusion	26
Chapitre 2 : Modèles d'optimisation pour la gestion de stocks	
2.1 Introduction	28
2.2 Les modèles déterministes	28
2.2.1 Le modèle de base de Wilson	28
2.2.1.1 Hypothèses et fonctionnement général du modèle	28
2.2.1.2 Paramètres et variable du modèle	28
2.2.1.3 Modèle de Wilson sans pénurie	29
2.2.1.4 Modèle de Wilson avec pénurie	31
2.2.2 Les méthodes de classement des articles	33
2.3 Les modèles stochastiques	33
2.3.1 La politique de la gestion de stock calendaire à niveau de recomplètement	33

Tables des figures

Résumé :

Depuis plusieurs décennies les entreprises voient généralement leurs entrées de fond diminuer. Certaines entreprises sont tenus de conserver des niveaux de stock assez élevés afin d'offrir un excellentes service à la clientèle. Dans un tel contexte, importance de bien gérer les stocks est crucial.

Autre fait, intéressant, la gestion des stocks n'est désormais plus perçue comme une discipline étroite et simplement associée à des problématiques précise comme la détermination des quantités à commander et leurs délais de livraisons quand ces derniers sont fixe la résolution est simple si ce n'est pas le cas donc l'analyse de la structure et le calcul des politiques optimale, la résolution est par les méthodes de simulation de Monte Carlo sont généralement applicable.

Abstract :

For several decades, companies have generally seen their fund inflows decrease. Some companies are required to maintain fairly high inventory levels in order to provide excellent customer service. In such a context, importance of properly managing inventory is crucial.

Another interesting fact is that inventory management is no longer perceived as a narrow discipline and simply associated with specific issues such as determining the quantities to order and their delivery times when these are fixed, the resolution is simple if not. This is not the case therefore the structural analysis and the optimal policy calculation, the resolution is by Monte Carlo simulation methods are generally applicable.

Introduction et problématique et organisation du mémoire

Introduction et problématique et organisation du mémoire

I. Introduction générale :

La gestion des stocks est un des premiers thèmes traités par la recherché opérationnelle , et ceci parce que le contrôle des stocks est un problème crucial pour le bon fonctionnement d'une entreprise. Les premiers modèles de gestion des stocks ne considéraient que des données déterministes et ne constituaient donc que les approximations fort simple de la réalité car celle-ci est bien évidemment beaucoup plus complexe faisant intervenir d'éléments incertains ou aléatoire. De nombreux modèles aléatoires de gestion des stocks ont été ensuit développés faisant des lors de ce thème un domaine très spécifique de la recherche opérationnelle. La simulation cherche à imiter un système ou un processus du monde réel. Cette approche est utilisée dans de nombreux domaine tels que l'ingénierie de la sécurité, l'optimisation de la chaine logistique, l'optimisation de la performance. Cette approche présente l'avantage d'étudier le comportement d'un système sans travaille sur le système réel. Elle peut aussi aider le décideur à trouver une solution à un phénomène inattendu. Ont utilisé la simulation par événement discret pour le problème d'allocation des ordres dans une chaine logistique composée d'un ensemble de fournisseurs et un ensemble de producteur en présence d'incertitude sur la demande et les capacités de production.

On s'intéresse dans ce mémoire à trouver des méthodes, peuvent être appliquées à la simulation en avenir aléatoire, ne sont pas toujours exactement conformes à nos préoccupations et que seules une ou deux solutions ont été proposées pour les problèmes que nous étudions. A partir de cette constatation nous présenterons des méthodes d'optimisation pouvant être adaptées en vue de leur application, sous certaines conditions, à des fonctions SIMUL aléatoires. Enfin, nous présenterons application des solutions proposées à un problème de gestion des stocks après avoir justifié le choix des problèmes de gestion des stocks comme exemple de problème complexe de décision nécessitant parfois le recours à une simulation. Il nous faudra, en dernier lieu, après l'examen des résultats obtenus, déterminer si l'application des méthodes proposées permet d'améliorer l'efficience de la résolution des problèmes par simulation.

II. La problématique

Afin d'assurer le bon déroulement de ses activités de production et de vente, une entreprise est souvent amenée à créer des stocks à divers stades de ses chaînes de production ou de distribution. Traditionnellement, ces stocks sont considérés comme un mal nécessaire, permettant de lutter contre le manque de contrôle et de connaissance de certains aspects des processus de production et de vente. Ainsi, parmi les raisons pouvant amener une entreprise à constituer des stocks de matières premières ou de produits intermédiaires ou finis, nous pouvons citer :

- les incertitudes dans les délais de production et de livraison ;
- les fluctuations aléatoires et saisonnières de la demande ;
- les fluctuations des prix d'achat et de vente.

La lutte contre les incertitudes n'est, cependant, pas la seule raison justifiant la création de stocks. L'utilisation optimale des capacités de productions, les économies d'échelle ou la lutte contre les coûts fixes représentent autant d'arguments en faveur de lots de production ou de réapprovisionnement de tailles importantes. L'introduction de stocks tampons à des endroits clés d'une chaîne de production permet également de découpler l'offre et la demande, autorisant une production non synchronisées, plus flexible.

Confrontés à la présence de ces stocks, l'objectif des systèmes de gestion est d'en minimiser les impacts négatifs tout en assurant un bon déroulement de l'activité commerciale et productive de l'entreprise. A cet effet, la recherche opérationnelle propose toute une série de modèles permettant d'établir des règles de gestion optimales, ou presque, pour un grand nombre de situations pratiques.

1. Classification des modèles de gestion de stocks

Le but des modèles de gestion de stocks est de déterminer

1) quelle quantité doit être produite ou commandée et
2) à quelle moment doit prendre place la production ou la commande.

Ces questions obtiendront des réponses très variées selon les contextes et le développement d'un modèle mathématique général capable d'intégrer tous les contextes imaginables est évidemment illusoire. De nombreux modèles différents ont donc été développés, offrant une prise en compte plus ou moins détaillée et réaliste des caractéristiques des systèmes étudiés.

Il est possible de classifier la plupart des modèles de gestion de stocks proposés dans la littérature en fonction des hypothèses retenues lors de la modélisation de trois éléments des systèmes réels : la demande, les coûts et les aspects physiques du système.

- **La demande**

La modélisation de la demande est sans conteste l'élément ayant la plus grande influence sur la complexité, et la difficulté d'exploitation, d'un modèle mathématique de gestion de stocks.

- **Les coûts**

Le plus souvent, les quantités à commander ou à produire sont obtenues en minimisant une fonction de coût associée à la gestion du stock. La structure de cette fonction représente donc un aspect important de la description d'un modèle. Les éléments entrant dans la définition des coûts totaux sont généralement au nombre de quatre :

$$\left(\begin{array}{c}\text{Coûts}\\ \text{Totaux}\end{array}\right) = \left(\begin{array}{c}\text{Coûts}\\ \text{Fixes}\end{array}\right) + \left(\begin{array}{c}\text{Coûts}\\ \text{Variables}\end{array}\right) + \underbrace{\left(\begin{array}{c}\text{Coûts de}\\ \text{Stockage}\end{array}\right) + \left(\begin{array}{c}\text{coûts de}\\ \text{Pénuries}\end{array}\right)}_{\textbf{Minimiser}}$$

- **Les aspects physiques du système**

Les aspects physiques du système regroupent les éléments jouant un rôle important dans la description de l'évolution temporelle du stock ou dans la spécification des règles de gestion envisageables.

✓ **Le mode de révision**

Le temps est divisé en périodes, ou *intervalles de révision*, dont le nombre, éventuellement infini, définit l'**horizon** de planification du problème. La décision d'effectuer un réapprovisionnement ne peut prendre place qu'au début d'une période et le calcul d'une politique optimale de gestion revient alors à déterminer, pour chaque période, une règle de commande minimisant la somme des coûts sur tout l'horizon de planification.

✓ **Les délais de réapprovisionnement**

Un deuxième aspect important dans la description d'un système est le traitement réservé aux *délais de livraison* ou *de production*. Les résultats qu'ils fournissent permettent de gérer efficacement les situations où les variations des délais de livraison ou de production sont faibles. L'analyse des systèmes présentant des fluctuations importantes de ce paramètre, requiert des modèles plus complexes utilisant des durées de réapprovisionnement aléatoires.

✓ **Le traitement de pénuries**

Le dernier élément de classification que nous présentons concerne l'évolution du stock en cas de rupture. Lorsque des pénuries temporaires sont autorisées, le traitement des ruptures correspond généralement à l'une des deux positions extrêmes suivantes :

1) La demande ne pouvant être satisfaite immédiatement est perdue à tout jamais.
2) En cas de rupture de stocks, la demande non satisfaite est mise en attente jusqu'à réception de nouvelles unités.

Les modèles utilisant une approche intermédiaire où une partie seulement de la demandes est perdue, le reste étant mis en attente jusqu'à réception de nouvelles unités, apparaissent plus rarement dans la littérature.

Pour un traitement plus détaillé, nous renvoyons le lecteur de l'ouvrage [1]

III.ORGANISATION DU MEMOIRE :

Ce mémoire est organisé comme suit :

Le chapitre 1 s'attarde à définir les concepts de base de la chaine logistique, de stock et de gestion de stocks de même que leurs objectifs et les différentes modélisations. Il fait aussi mention les flux et les acteurs. Il recouvre aussi des méthodes de la gestion de stocks.

Le chapitre 2 est très important, puisqu'il et explique la vérité des modèles mathématiques en gestion de stocks permettant la détermination des quantités à commander ainsi que les dates de réapprovisionnement optimales, pour le cas de gestion mono-produit dans le cas de demande indépendante.

Ce présent chapitre sera réparti en deux sections :

- Partie déterministe (Quantité fixe, Période fixe) ;
- Partie stochastique (Quantité ou période fixe, Quantité ou Période variable).

Parmi les modèles qui seront développés : Modèle de base WILSON pour un seul objet ;

La politique de la gestion de stock calendaire à niveau de recomplétement, etc.

Le chapitre 3 en commence ce chapitre par les concepts de base de la simulation de Monte Carlo, ainsi leurs étapes et méthodes (Carré médiane, Congruences, Transformation des variables) et on termine à avec le avantages et les inconvénients de la VAR.

Chapitre 4 ce derniers chapitre d'après la nature des données collectées, nous allons passer à l'application des méthodes proposées dans les chapitres précédentes.

Puis nous allons programmer les résultats obtenues en C.

Chapitre I : Introduction à l'optimisation dans les chaines logistique

Chapitre I : Introduction à l'optimisation dans les chaines logistique

1.1 Introduction

Les entreprises doivent remettre en questions leurs structures organisationnelles tout en assurant un partenariat entre les différents acteurs. Dans ce contexte, la logistique constitue un levier pour améliorer la circulation des flux entre tous ces mailons depuis le fournisseur du fournisseur jusqu'au client du client. La logistique a pour mission d'assurer un dialogue entre les acteurs internes et externes afin d'assurer une bonne circulation des matières premières, des produits semi-finis, des flux d'informations, des flux financiers et des flux physiques.

Ce chapitre présent retrace en premier lieu, les généralités de la chaine logistique (supply chain) et de la gestion de la chaine logistique, pour ensuite exposer les concepts de base du domaine et les méthodes de la chaine logistique.

1.2 La chaine logistique

Le terme "chaine logistique" vient et l'anglais «Supplie Chain" qui signifie littéralement "Chaine D'approvisionnement".

1.2.1 Définition : " la chaine logistique peut être considérée comme le réseau d'entreprises qui participant, au amont et en aval aux différents processus et activités qui crêt de la valeur sous forme des produits et de sévices apportés au consommateur final. En d'autres termes, une chaine logistique est composée de plusieurs entreprises, en amont (fourniture des matières et composants) et en aval (distribution), et du client final. (2)

1.2.2 Objectif et enjeux :

Dans un environnement de plus en plus concurrentiel , les entreprises doivent être capables de livrer le bon produit dans la bonne quantité au bon endroit au bon moment et avec un coût minimal (3,4) , pour faire face à ce défi , l'entreprise doit adopter une bonne politique de gestion de sa chaine logistique dont l'objectif principal est d'augmenter le gain global en maximisant les profits en minimisant les coûts . Y compris les coûts de fabrication, de transaction, de transport, de stockage, etc. Dans (5) les autres ont annonce : " la bataille pour dominer le marché ne sera pas une bataille d'entreprise mais de chaine logistique " , en effet , l'importance des chaines logistiques provient de toutes les possibilités qu'elles offrent aux entreprises pour générer des gaines supplémentaires ce qui permet aux entreprise de résister plus efficacement face aux pressions concurrentielles , et c'est pour cela que l'entreprise qui va réussir dans la gestion de sa chaine logistique va dominer les autres.

1.2.3 Les flux de la chaine logistique

Les flux correspondent à toute entité, matérielle ou non, circulante enter les maillons de la SC. Nous distinguons le flux physique, le flux de données et le flux financier.

1.2.3.1 Le flux physique

Entité qui circule au niveau de la SC de l'amont vers l'aval (des fournisseurs vers le client) pour fournir de la valeur ajoutée au client final. Nous avons les produits, matières premières,

1.2.3.2 Le flux de données

Représente les données qui circulent au niveau de la SC dans les deux sens. Les données sont utilisées par les acteurs afin de coordonner leurs activités et planifier et prévoir les demandes futures,…

L'analyse de définition dans le domaine de SC, nous a permis de classifier les données en :

A/-Données informationnelles : sont les données de gestion (valeurs, ratios, prix, capacité, etc.) et les données informatique (statique, dynamique ou historiques).

B/-Données décisionnelles : données qui caractérisent une décision par les acteurs de la chaine à long, moyen et court terme (plan de production, etc.).

C/-Métriques : sont les indicateurs et les mesures qui permettent de piloter la chaine logistique et de mesurer sa performance à long, moyen et court terme.

1.2.3.3 Le flux financier :

Ou flux monétaire, circule dans le sens inverse du flux physique. Représente la valeur totale de ventes et l'achat dans une période comptable

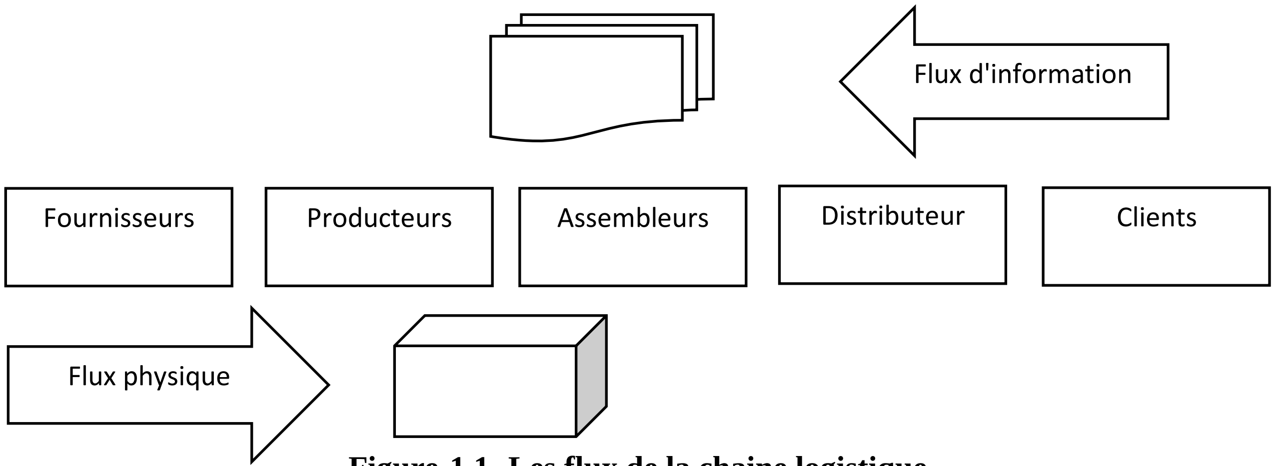


Figure-1.1- Les flux de la chaine logistique

1.2.4 Les acteurs de la chaine logistique

La chaine logistique contient des acteurs, juridiques, stratégiquement différents, qui se coordonnent (coprésence) dans la réalisation d'un client en termes de coûts, de qualité, de délai et de sévices associés au produit (6). Ces acteurs en général les (voir la figure 1.2).

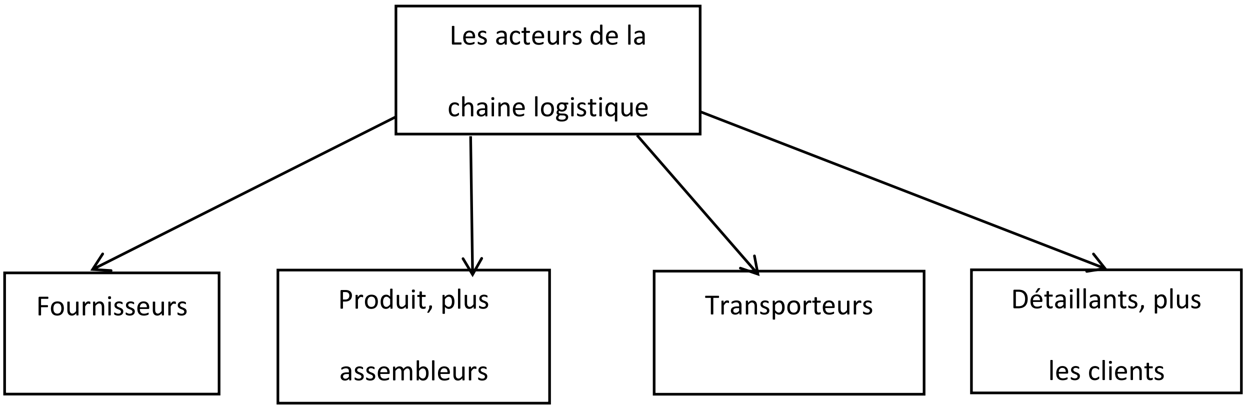


Figure -1.2- Les acteurs de la chaine logistique

1.2.5 Méthode d'optimisation dans les chaines logistiques

Cathy Pole en faisait l'éloge dans l'édito d'un exemplaire du Supply Chain magasin, le sur-mesure dicte dorénavant sa loi et les entreprises doivent s'adapter pour rester compétitives. Cela remet en cause le monde de production, mais aussi tous les processus et relations en amont. Achats, approvisionnement, transport, autant de phases de logistique que l'entreprise doit repenser pour réussir sa transition.

40% des entreprises reconnaissent avoir connu de ruptures au niveau de leur Supply Chaine, au cours des 12 derniers mois 24% des entreprises affirment disposer d'un 22% chef Supply Chain Office 22% pour leur orchestrer les réponses à ces problématiques.

1.2.6 Le Management de la Supply Chain, la clé d'optimisation logistique

Pour améliorer la coordination de la Supply Chain, il faut prévoir les actions au plus proche des besoins, pour ne pas gaspiller de ressources.

Si ce gaspillage peut prendre plusieurs formes, il se résume en un seul mot : l'attente. Un atelier qui attend la matière première pour démarrer la production. Dans l'autre sens, la matière première qui attend représente des coûts de stockage inutiles.

Pour optimiser la chaine logistique et pallier ces pertes, la mesure la plus efficace est la mise en place d'un processus de management

. 1.2.6.1 Les sept clés d'optimisation logistique

a) Formaliser sa stratégie logistique :

Le management d'une Supply Chain doit retranscrire la stratégie à mener pour atteindre vos objectifs. Pour cela, chaque membre d'une équipe doit avoir à l'éprit ces objectifs. Il faut donc les formaliser, mais aussi expliquer comment les atteindre.

b) Assigner cette fonction à un (e) responsable chaine logistique pour l'optimiser : deux entreprises sur cinq ont connu au moins une rupture logistique au cours de l'année. Et pourtant, la même proportion ne compte pas recruter pour gérer la Supply Chaine. Un non-sens quand on sait que certaines formation professionnelles en font leur spécialité. D'autant plus qu'une chaine logistique optimisée a un impact positif sur la trésorerie.

c) Maitriser les processus logistique pour les coordonner :

L'optimisation logistique passée par la compréhension avancée des processus de la Supply Chain pour les ajuster. Cela permet de crée un standard de qualité dans le fonctionnement. Un processus parfaitement maitrisé dans le responsable et ses équipes permet aussi de gagner en agilité, et donc de mieux gérer les urgences.

d) Prévenir les risques :

Si le maintien de la qualité passe par la standardisation, cela n'empêche pas les risques : Une erreur qui aura des répercussions chez un client, ou des difficultés suite à une erreur de votre fournisseur. Des situations que l'on peut éviter grâce à une bonne prévention, une optimisation du contrôle logistique est une relation de confiance avec les acteurs membres de la Supply Chain.

e) Penser sa logistique du premier fournisseur au client final :

C'est l'objectif du management de la supply chain : faciliter le travail de chaque maillon de la chaine, pour que son travail s'en trouve lui-même facilité. L'optimisation de flux logistiques d'une entreprise à son échelle est fondamentale, mais les perspectives sont d'autant plus intéressantes à l'échelle de la Supply Chain globale.

f) Intégrer les différents outils de gestion à un SI commun :

Le numérique a pour vocation de lier les outils de toutes les fonctions de l'entreprise. Connecter son SCM à son SI permet de fluidifier les transferts de données. La collaboration des systèmes gratuit ainsi l'optimisation logistique, autant que la réactivité des commandes ou de la production.

Il est possible par exemple de connaitre en temps réel l'état d'avancement de la production et des processus de livraison, pour ajuster ses actions et améliorer votre rendement.

g) Faire confiance à ses données :

Cette dernière étape fait le lien avec la précédente. Entrer dans ce monde le management de la Supply Chain signifie faire place à vos données pour vous aider à diriger. Le nouveau vecteur d'optimisation logistique passe par la puissance des données pour gagner en profondeur.

L'optimisation de la Supply Chain, menée grâce au seul savoir-faire des responsables, ne suffit plus dans la plupart des entreprises.

1.3 Optimisation de la gestion du stock

1.3.1 Définition d'un stock :

Le stock est l'ensemble des biens conservés par une entreprise dans l'attente d'une utilisation ou d'une vente ultérieure, on peut définir un stock comme " une provision de produit en instance de consommation ". Deux termes importants apparaissent dans cette définition : " produits " et " consommation ". (7)

Le vocable " produits " peut signifier :

- Les marchandises : produits achetés vue d'être revendus plus tard dans le même état, c'est-à-dire sans transformation
- Les matières premières : produit entrant dans la fabrication d'autres produits
- Les matières consommables : produit qui contribuent directement ou indirectement à la fabrication.
- Les produit finis, produits fabriques, prêts à la vente.
- Les emballages.
- Les déchets : ceux-ci proviennent de la fabrication de la récupération quand on parle de consommation, pour un gestionnaire de stock un produit est considéré comme "Consommé " dès qu'il est sorti du stock. (8)

Utilité et inconvénients d'un stock

Le stock ce mal nécessaire

Utilité d'un stock :

Permet de répondre à une demande **dans les délais**.

❖ Délai d'obtention d'un produit est supérieur au délai attendu par le client.

❖ Couvrir le risque de manque de matière, de matériel ou de produits dans le but de satisfaire une demande.

Inconvénients d'un stock :

- Immobilisation de fonds financiers (20 à 60% de l'actif de l'entreprise) ;
- Coûts de gestion du stock ;
- Immobilisation de l'espace ;
- Risque de péremption, obsolescence.

Solution ?

Vivre dans une abondance ruineuse ?

-Constituer des stocks pléthoriques (stocks trop élevés) :

Solution simple mais inutilement coûteuse (renoncement à d'autres investissements)

Faut-il réduire ou supprimer complètement les stocks ?

-Constituer des stocks trop bas et minimiser les coûts :

Augmente les risques de rupture (retards de livraison, rupture de chaine de fabrication,...).

1.3.2La gestion des stocks

1.3.2.1 Définition :

La gestion de stocks se définit comme l'ensemble des activités se rapportant à la planification, à la constitution, au dénombrement, à l'entreposage des stocks. Elle vise à assurer, de façon optimale, la disponibilité des matières, des composantes, des articles dans le but de satisfaire, dans les conditions les plus économiques, les besoins de production et de la vente [9].

1.3.2.2 Le contexte

Dans le bilan financier d'une entreprise, la valeur des stocks dans l'actif représente une part relativement importante. La gestion des stocks " Inventory management" a pour objectif de trouver le juste niveau des stocks, à la fois pas trop important pour éviter des coûts inutiles dus à une immobilisation de capitaux, à la fois pas trop faible pour éviter des pénuries est une qualité de service insatisfaisante.

Pour ce faire, la gestion des stocks consiste à répondre à deux questions fondamentales (voir La figure 1.3)

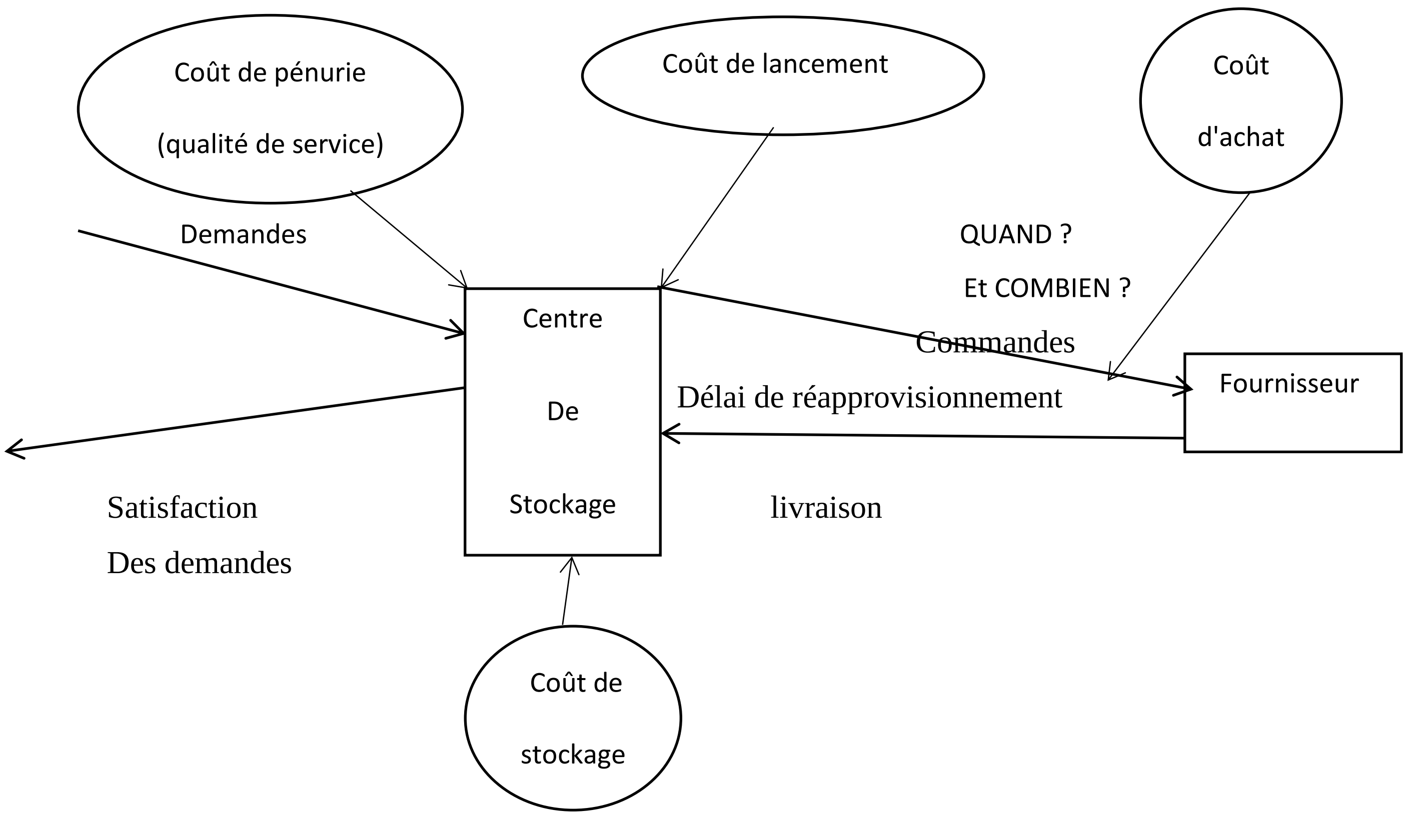


FIGURE.1.3- Le contexte de la gestion des stocks

- QUAND faut-il commander ?
- COMBIEN faut-il commander ?

Pour réalimenter le stock.

La réponse à ces questions, quel que soit le modèle de gestion utilisé, dépendra d'un équilibre à trouver. En effet, le niveau du stock est une fonction croissante de certaines données mais décroissantes d'autre données.

Les données qui seront prises en considération sont les suivantes :

- le délai de réapprovisionnement ou de livraison.
- la demande qui peut être déterministe, constante ou variable dans le temps, ou aléatoire,
- les différents coûts induits par la gestion :

✓ le coût fixe de lancement ("ordering or set-up cost ") d'une Commande.
✓ le coût d'achat (" purchasing cost ") de la commande.
✓ le coût de stockage (" holding cost ").
✓ le coût pénurie (" shortage cost ").

- des qualités de service imposé.
- une analyse financière fine est nécessaire pour fixer la valeur des différents coûts.

1.3.2.3 Les variables d'action

Examinons à présent les différents façons du répondre aux deux questions fondamentales " quand ?" et " combien ?", ce qui nous permettra d'introduire les variables pouvant être prises en compte.

A) La question " Quand ?"

Pour y répondre, on peut distinguer deux approches.

1. Les modèles à inventaire périodique ou à calendrier

Le niveau du stock est examiné à des instants déterminés, supposés uniformément répartis (fin de semaine, du mois, …). Ce n'est qu'à ces instants que l'on se pose la question " combien ?". Cette gestion calendaire peut se justifier soit par des arguments de tradition ou commerciaux avec des fournisseurs, par des arguments de facilité organisationnelle ou de difficulté d'obtenir un inventaire continu de l'état du stock. La période de révision T ("reviewing period ") est de temps qui sépare deux instants successifs d'examen du stock. Dans certains modèles, T peut être une variable à déterminer.

Les modèles à inventaire continu

Le niveau du stock est continu à tout instant. Ce type de modèle nécessite un système à information complète qui résulte généralement d'une gestion informatisée du stock. Dans ce type de modèle, le point de commande S ("reorder point ") est le niveau sous lequel le stock descend (en fait le stock potentiel) pour déclencher une commande.

B) La question " COMBIEN ?"

II existe plusieurs manières d'y répondre.

- La quantité Q à commander, encore appelée EOQ (" Economic order quantity"). Lorsque la demande est constante – dans le cas déterministe – ou stationnaire – dans le cas aléatoire – cette quantité est constant st sa valeur est une variable à déterminer.
- Le niveau de command S (" order level "), encore appelé niveau de complètement.

C'est le niveau auquel on veut ramener le niveau du stock (en fait le stock potentiel) après réception de la commande. La quantité à commander est donc la différence entre S et le niveau observé du stock.

C) Les modèles analysés

Nous étudierons les modèles déterministes, en considérant donc que tant la demande que le délai de réapprovisionnement sont connus exactement. Certes, c'est rarement le cas en pratique mais ces modèles plus simples peuvent être de bonnes approximations d'une situation aléatoire où les dispersions autour de la demande moyenne et du délai moyen de réapprovisionnement sont faibles.

Dans pareil cas, d'une part il est possible d'éviter toute pénurie, d'autre part les deux variables Q et T sont liés entre elles.

1.3.2.5 Terminologie et notation

En gestion des stocks, il convient de prêter attention à toujours utiliser les mêmes unités pour exprimer les différentes données. Nous considérerons trois types d'unités :

- L'unité monétaire : $,
- L'unité de quantité : uq (une pièce, un lot, un container, etc.),
- L'unité de temps : ut (heure, jour, an, etc.).

A) Le concept de stock

Selon les méthodes et les situations, il conviendra de distinguer plusieurs façons de considère le niveau du stock à un instant t, toujours mesuré en uq.

- Le stock physique IP(t) ("stock on hand " ou " physical inventory "), encore appelé stock réel ou stock en magasin, est mesuré par la quantité réellement présente dans le l'entrepôt à l'instant t.

- Le stock net IN(t) ("net inventory ") est considéré lorsque les demandes non satisfaites sont différées (situation " backorders ") : il est obtenu en soustrayant du Stock physique les demandes en attente

IN(t) = IP(t) – demandes en attente à l'instant t

Il peut donc être négatif.

- le stock potentiel IL (t) (" level inventory ") qui est considéré lorsque le délai de réapprovisionnement est non nul : il est obtenu en additionnant au stock net les éventuelles commandes déjà passées mais non encore réceptionnées (" outstanding order ") à l'instant t

IL(t)= IN(t) + quantités en attente de réception à l'instant t

C'est le stock potentiel qui mesurera la plus complétement la situation réelle à l'instant t et dont le niveau, dans le cas général, déclenchera une commande.

Par ailleurs, dans les modèles aléatoires, le stock physique IP(t) est décomposé en deux parties :

- le stock de sécurité SS ("safety stock " ou "buffer ") qui est la partie " stable" de IP(t) destinée à essayer d'éviter les pénuries possibles engendrées par le caractère aléatoire de la demande et / ou du délai de réapprovisionnement ; il est généralement définie comme le stock moyen juste avant une livraison.

- le stock mouvementé est la partie complémentaire : comme son nom L'indique cette partie IP(t) est variable et vaut donc IP(t) - SS

B) La demande

Nous noterons D(t) la demande durant un intervalle de temps t ; elle est mesurée en uq. Si Cette demande est déterministe, nous noterons d=D(1) la demande durant une ut ; elle est mesurée en uq / ut .

Si la demande est aléatoire, différentes distribution peuvent être utilisées. Les plus courantes Sont :

- le processus de poisson composé ("Compound Poisson process ").

Le nombre K de clients introduisant une demande au cours d'une période de temps de durée t est distribué suivant un processus de Poisson de paramètre λ ; la probabilité d'avoir K clients durant cette période t est donc

$$P(K) = \frac{(\lambda t)k}{k!} e^{-\lambda t}$$

Le nombre moyen de clients durant une période t est donc λt.

Chaque client a une probabilité P_j de représenter une demande de j uq, avec $\sum_{j=1}^{\infty} Pj = 1$.

C) Le délai de livraison ou de réapprovisionnement

Ce délai ("lead time "), noté L et mesuré en ut, représente l'intervalle de temps qui sépare l'instant de lancement d'une commande et l'instant de sa réception dans le stock physique. S'il est aléatoire nous supposerons que la distribution est une normale

L : N ($\bar{L}$, σL)   (en ut)

D) La structure de coût

Définissons d'abord les deux coûts présents dans tous les modèles.

- Le coût de stockage C_s (noté souvent h pour " holding cost ") induit par la détention dans le stock d'une unité de l'article durant une unité de temps ; il est donc mesuré en $ /uq, ut. Il est parfois défini comme un pourcentage de la valeur d'une unité de l'article.

- Le coût fixe de lacement C_l (" ordering or set-up cost ") correspondant aux frais fixes de passation d'une commande et supposé indépendant de l'ampleur de la commande. Il est mesuré en $.

- Bien que nous voyions que dans la plupart des modèles il ne jouera aucun rôle, introduisons aussi.

- Le coût d'achat ou d'acquisition Ca (" purchasing cost ") d'une unité de l'article, qui est mesuré en $/uq.

Dans le cas où des pénuries peuvent se produire, pour le coût de pénurie (" shortage Cost ") on peut distinguer :

- le coût ${C_p}^{(1)}$ pour la situation " backorder " ; il est mesuré en $/uq, ut,

- le coût ${C_p}^{(2)}$ pour la situation " lost sales " ; il est mesuré en $/ut.

E) Les qualités de service

Ainsi qu'indiqué précédemment, le coût de pénurie, difficile à évaluer, est parfois remplacé par une contrainte imposant un niveau de qualité de service. Nous noterons

- α, la fréquence de pénurie au cours d'un cycle,
- β, la fraction de la demande moyenne différée (situation " backorders ") ou perdue (situation " lostasales ") par cycle,
- γ , la durée moyenne de pénurie par cycle.

2-2-5- Les principales méthodes de gestion des stocks

Méthode 1 : Premier entré – premier sorti

Aussi nommée PEPS ou FIFO (First in first out), cette méthode de gestion des stocks consiste à vendre d'abord les produits entrés en premier dans votre stock.

Elle nécessitera de votre part une bonne organisation de vos produits périssables les rayonnages**.**

Méthode 2 : Dernier arrivé – premier sorti

Aussi connu sous l'appellation FILO (First in last out), elle est la méthode inverse du FIFO.

Votre dernier produit entré en stock sera le premier à en sortir. Cette est de moins en moins répandue.

Méthode 3 : Le réapprovisionnement calendaire

La méthode de réapprovisionnement calendaire consiste à commander des quantités fixes de marchandises à une date donnée.

Le plus souvent, elle est mise en œuvre en collaboration avec votre fournisseur, qui livre le matériel selon un calendrier de livraison défini en amont.

Cette méthode requiert de bien connaitre l'activité de son entreprise et les commandes à venir.

Méthode 4 : Le réapprovisionnement à la commande

La méthode du réapprovisionnement à la commande est la technique la plus souple mais à maitriser.

Son principal avantage est vous éviter d'immobilise inutilement des capitaux propres.

Elle nécessitera de votre part beaucoup d'attention et la connaissance de votre marché.

Méthode 5 : La prévision de la demande

La méthode de prévision de la demande consiste à gérer l'approvisionnement de vos marchandises en vous basant sur le marché et sur une analyse des tendances.

Pour cela, il vous faudra anticiper le volume de vos ventes prévisionnelles tout en réduisant au maximum votre stock pour satisfaire la demande.

Méthode 6 : Le recomplétement

La méthode de recomplétement consiste à regarder votre stock de manière constant et de compléter à chaque fois que le niveau maximum défini n'est pas atteint.

Ainsi, votre stock suivra les prévisions de votre entreprise et le cas échéant, vous pourrez le réapprovisionner en fonction de vos besoins.

Méthode 7 : Le point de commande

Aussi connue sous l'appellation " méthode juste – à – temps " elle s'appuie sur le stock critique.

Ce procède est le plus souvent utilisé pour les produits de le coût est élevé, qui se périment rapidement ou que vous utilisez très fréquemment.

Leur consommation étant sujette à la fluctuation, il est important de suivre de près leur évolution et de mettre en place des indicateurs de sécurité.

Pour cela, vous devez définir un niveau de stock minimum et déclencher une alarme de réapprovisionnement lors que ce quota sera atteint.

Méthode 8 : L'inventaire

En tant que commerçant, l'inventaire des stocks est l'une de vos obligations comptables annules. En général, il est réalisé une fois par an, mais rien ne vous empêche de le faire plus régulièrement pour constater l'état de votre stock.

Méthode 9 : Le drop shipping

Aujourd'hui, le drop shipping est une méthode de gestion des stocks de plus en plus répandue chez les commerçant il s'agit d'un échange de bons procédés entre vous et vos fournisseurs ; ceux-ci s'engagent à assurer la livraison des commandes passées par vos clients à votre entreprise. Vous êtes ainsi libéré de toute la partie gestion des stocks et de la partie logistique.

Il existe cependant deux cas de drop shipping :

- Vous recevez les commandes et vous déterminez la quantité à produire avec votre fournisseur. Dans cette hypothèse, le risque de sur-stockage est assumé par votre distributeur.
- Votre fournisseur reçoit les commandes passées et détermine avec son distributeur la quantité de marchandise à produire. Dans cette hypothèse, le risque de sur-stockage est assumé par fournisseur.

1.4 Conclusion : Dans le système considéré dans ce chapitre, les quantités commandées et le délai de livraison de l’amont vers l’aval (fournisseurs vers clients) tout en suivant une chaine logistique on utilisant les méthodes d’optimisation de gestion de stocks.

Chapitre II : Modèle d’optimisation pour la gestion de stocks

Chapitre II : Modèle d’optimisation pour la gestion de stocks

2.1 Introduction :

Dans la première partie de ce chapitre nous présentrons les modèles déterministes de gestion de stocks qui adoptent une vision simplifiée des systèmes réels en supposant la demande ainsi que les délais de livraison connus exactement et dans la deuxième partie nous présentrons les modèles stochastiques de gestion de stocks où la demande pendant un intervalle de temps donné n’est plus connu exactement mais correspond à la réalisation d’une variable aléatoire.

2.2 Les modèles déterministes

2.2.1 Le Modèle de base de Wilson

Le modèle de Wilson concerne essentiellement les stocks de distribution (produits finis ou composants gérés comme des marchandises) et suppose une permanence de la consommation du produit concerné de période en période.

2.2.1.1 Hypothèses et fonctionnement général du modèle

Afin d’alléger la présentation, nous avons choisi de présenter les différentes hypothèses qui expliquent le fonctionnement du modèle sous forme de liste [10] :

- L’entreprise ne se préoccupe que d’un produit à la fois ;
- La demande de ce produit est certaine et distribuée uniformément tout au long de la période (l’évolution du stock sera donc matérialisée par une droite) ;
- Le délai de livraison est certain et constant ;
- Le réapprovisionnement du stock s’effectue en une seule fois.

2.2.1.2 Paramètres et variable du modèle :

❖ **Les paramètres :**

- Cs : le coût de possession (coût de stockage) ;
- Cl : coût de lancement d’une commande ;
- T : taux de possession ;
- D : la consommation sur une période ;
- P : le prix unitaire d’un produit ;
- ϴ : nombre d’unités de temps dans la période ;
- S : stock actif en cas de pénurie.

❖ **Les variables :**

- Q : la quantité à commander ;

• N : la cadence de demande ;

• T : le temps de lancement de commande.

L'objectif consiste à déterminer soit le volume Q_{ec} d'une commande, soit le nombre N_{ec} de commandes, ou bien la durée optimale T_{ec} séparant deux commandes qui minimise le coût total de gestion du stock.

2.2.1.3 Modèle de Wilson sans pénurie

Fonction de coût et de minimisation :

Il est maintenant possible d'expliciter la fonction de coût notée CT,

Somme du coût total de possession et du coût de passation (lancement d'une commande).Ce dernier doit s'appliquer sur le stock moyen et non sur la quantité approvisionnée.

De même, l'usage de Cs ou de t est lié aux circonstances. Nous poserons la fonction ainsi :

CT=Cs+ Cl

Théorème 2.1

I. La quantité économique à commander pour chaque période est la quantité qui minimise la fonction du coût total CT. Ce minimum est atteint en [10] :

$$Q_{ec} = \sqrt{2cp\times\frac{D}{p\times t}=2cp\times\frac{D}{cs\times\theta}}$$

Théorème 2.2

Le nombre de commande optimal à passer chaque période qui minimise la fonction du coût total CT est donné par :

$$N_{ec}=\sqrt{\frac{p\times t\times D}{2\times cp}}$$

Théorèmes 2.3

La durée optimale entre deux commandes T_{ec} est la durée qui minimise la fonction du coût total CT. Ce minimum est atteint en :

Remarque 2.2.1

1) Une fois que l'on a obtenu la valeur optimaleQ_{ec}, on peut calculer
Aisément :

- Le nombre optimal de commandes :$N_{ec}=\frac{D}{Q_{ec}}$,

- La durée de la période de réapprovisionnement :$T_{ec}=\frac{\theta}{N_{ec}}$

2) Notons que la détermination du stock d'alerte est indépendante de la détermination de Q_{ec}. En effet, le point de commande ne dépend que de la vitesse d'écoulement du stock et du délai de la livraison, et non des coûts associés au stockage.
3) Notons que le coût de possession ou de stockage Cs(Q) est une fonction linéaire et le coût de lancement Cl(Q) est une fonction inverse. Le graphe suivant fournit une étude des deux fonctions

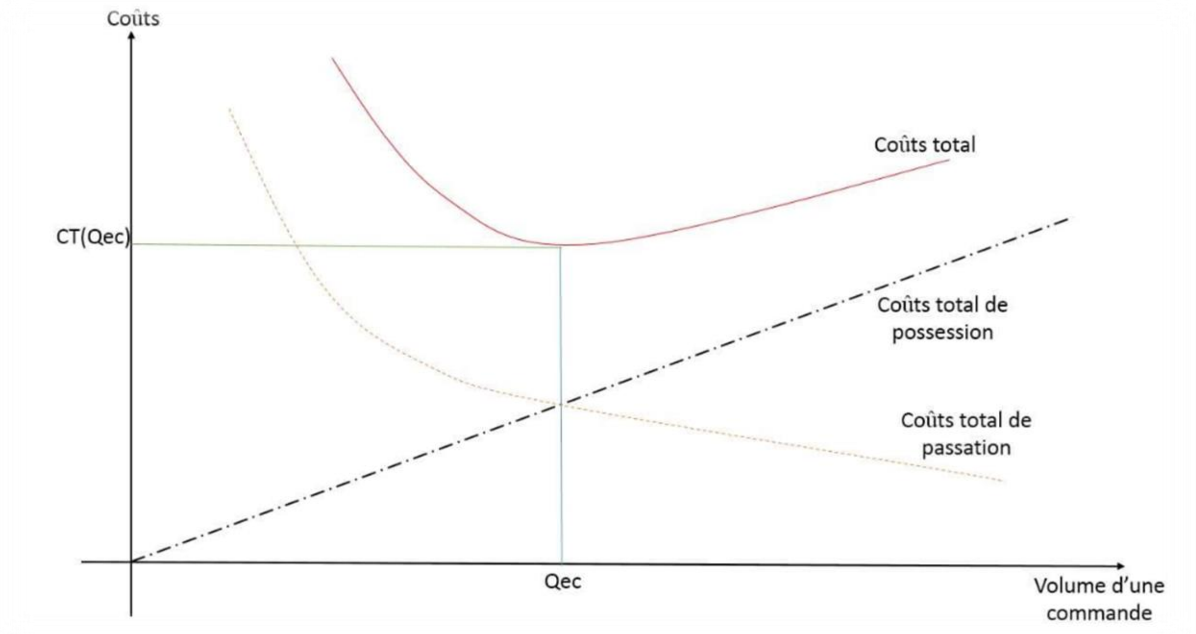


FIG.2.1-Graphe de mouvement de la quantité suivant les coûts

❖ **La fonction de coût total est aplatie autour de Q_{ec} :**

Théorème 2.4 Comme l'indique la figure (2.1), la courbe de coût total est relativement plate autour de la valeur optimale ; cela signifie qu'une variation de cette valeur n'entraînera qu'une faible variation du coût total [11].

❖ **Modèle de Wilson et tarifs dégressifs :**

Pour de multiples raisons, l'acheteur peut disposer d'un pouvoir de négociation et obtenir de son fournisseur des conditions préférentielles.

C'est le cas d'un certain nombre d'entreprises puissantes et de grands distributeurs qui, à cause de l'importance des quantités commandées, négocient âprement les prix d'achat à leurs fournisseurs [12].

Ces derniers proposent souvent des barèmes dégressifs en fonction du volume des commandes.

❖ **Tarifs dégressifs uniformes :** Puisque le prix des produits baisse en fonction des quantités achetées, il est nécessaire d'intégrer la valeur totale des marchandises commandées dans le raisonnement économique. Il n'existe pas une seule fonction de coût total, mais autant de fonctions que de prix possibles :

CT_i(Q)= [D×P_i] + [$\frac{D}{Q}$×CL] + [$\frac{Q}{2}$×t×P_i]

L'objectif de minimisation conduit au même résultat que celui obtenu pour le modèle de base. La quantité économique est donnée (en fonction du prix P_i) par :

$$Q_i^{ec} = \sqrt{\frac{2cp \times D}{P_{i \times t}}}$$

2.2.1.4 Modèle de Wilson avec pénurie

Fonction de cout et de minimisation : Il est maintenant possible d'expliciter la fonction de cout, noté CT, somme des trois coûts [12] :

CT=Cs +Cp +Cr

CT (Q, S)=$\frac{S}{2}$×cs×T1+cp+$\frac{Q-S}{2}$cr ×T2

Pour minimiser le cout total, nous devons passer par la démonstration mathématique des formules en s'appuyant sur le schéma suivant qui résume le mouvement du stock en cas actif et en cas de pénurie :

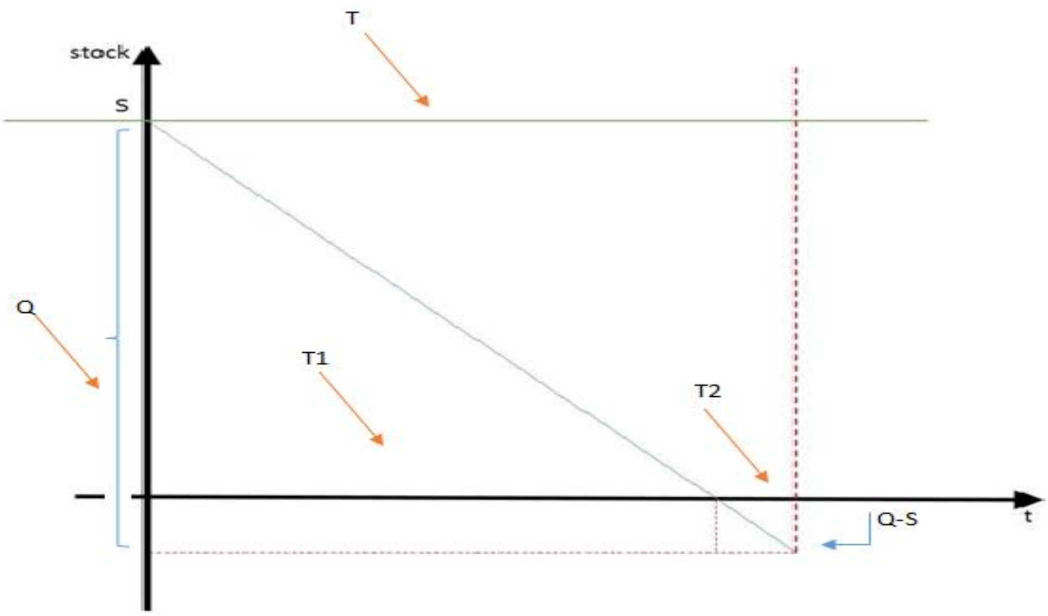


FIG. 2.2- Variation du stock en cas de pénurie

D : demande (unités) ;

N : nombre de commandes ;

Q : quantité commandé ;

ϴ : la durée de gestion de stock (année, mois,. . .) ;

Cs : coût de possession par article et unité de temps (T1) ;

Cr : coût de pénurie par article et unité de temps (T2) ;

Cp : coût de lancement de commande ;

T1 : durée de temps pendant que le stock est actif ;

T2 : durée de temps pendant que le stock est en pénurie.

Le théorème suivant donne la quantité économique à commander pour un modèle avec pénurie.

Théorème 2.5 Le minimum de la fonction de coût total CT est atteint pour [13] :

$$Q_{ecp}=\sqrt{\frac{2cp\times D}{cs\times\theta}}\times\frac{1}{\sqrt{p}}$$

$avec$

$$p=\frac{cr}{cr+cs}$$

❖ **Fragilité et robustesse du modèle de Wilson :**

Parce que les hypothèses du modèle sont nombreuses et restrictives, le modèle de Wilson peut apparaitre comme

Fragile et d'application particulièrement limitée [14].

Ainsi, le fait de se placer en avenir certain, alors que l'environnement économique se situe davantage en avenir risqué, peut laisser croire à un manque de pertinence du modèle.

Outre le fait qu'il est d'utilisation aisée, trois arguments plaident en sa faveur et atténuent la portée des critiques précédentes, dont nous ne nions pas l'existence.

Tout d'abord, il est d'une grande logique. Dans leurs choix quotidiens, les responsables de la gestion des stocks (ou des achats) sont effectivement confrontés à l'arbitrage mis en évidence par ce modèle : commander peu mais souvent, ou commander beaucoup mais rarement.

Ensuite, le retrait de certaines hypothèses lui permet d'être plus proche des préoccupations concrètes d'entreprises. La prise en considération de prix dégressifs, ou de contraintes financières, physiques ou de transport améliore considérablement son intérêt.

2.2.2 Les méthodes de classement des articles :

Pour avoir une fin gestion des stocks, les entreprises retiennent fréquemment une méthode simple de classement des composantes et des produits ; il s’agit de la méthode ABC, issue de la loi des 20-80, ou loi de Pareto.

La loi ou le principe de Pareto ne date pas d’hier. (15) C’est un principe de probabilité qui s’applique à un grand nombre de domaines.

Dans le domaine de gestion des stocks, (20%) de composante assurant (80%) de la valeur du stock.

Au cours des années un autre économiste, JURAN, a remarqué que le principe (20/80) permet seulement de séparer les composantes en deux parties : et en réalité, il existe trois parties telles que la troisième est un résidu qui prend place entre la composante prioritaire et les articles secondaires. Et c’est ce qui s’appelle la méthode de classement ABC.

Les trois parties sont :

- Classe A : 10 % des références représentent 60 % de la valeur totale des articles
- Classe B : 40 % des références représentent 30 % de la valeur totale des articles
- Classe C : 50 % des références représentent 10 % de la valeur totale des articles

2.3 Les modèles stochastiques

2.3.1 La politique de la gestion de stock calendaire à niveau de recomplétement

Dans ce cas, l’approvisionnement du stock est déclenché à intervalles réguliers T, par exemple, chaque jour ou chaque semaine. La quantité commandé est égale à la différence entre le stock résiduelle observé R et le niveau de complétement du stock S c’est-à-dire le niveau voulu du stock en début de période T.

Pour calculer le niveau de complètement S, il faut tenir compte de [16] :

- *DEM :* la demande moyenne par unité de temps ;
- *DLM :* délai de livraison moyen ;
- *T :* la période de passation des commandes ou de lancement ;
- *SS :* stock de sécurité dimensionné pour éviter des ruptures dues à la variabilité de la consommation réelle.

Le niveau de complètement est alors :

$S = DEM \times (DLM + T) + SS$

Les quantités à commander pour chaque période

Une fois que le niveau de complètement est calculé, nous pouvons passer au calcul des quantités à commander pour chaque période. Elles sont données par :

$$Q_i = S - SMP_i$$

❖ SMP_i : correspond à la valeur du stock au moment de passer la commande pour la période i.

La figure suivante illustre la méthode de recomplétement :

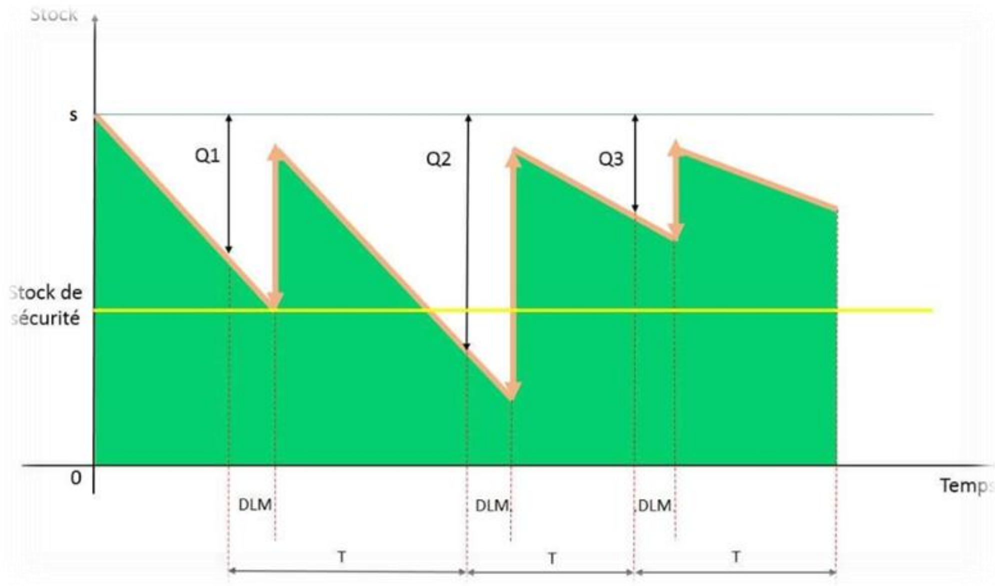


FIG. 2.3-Méthode de recomplètement

2.3.1.1 Gestion calendaire des stocks à rotation nulle On parle de stock a rotation nulle lorsqu'il n'y pas de report possible des invendus aux périodes suivantes.

Problème [17] :

Déterminer le niveau de stock initial qui minimise le cout de gestion total, soit la variable de décision S.

S : le niveau de stock voulu ou niveau de recomplétement des stocks.

❖ **Les paramètres du modèle :**

- *Ir* : la rupture moyenne, c'est-à-dire le nombre de commandes non satisfaites au cours d'une période, auquel est associé un cout de rupture noté *Cr*.
- *Ip* : le stock moyen possédé, au cours d'une période auquel est associé un coût unitaire de possession noté *Cp*.
- *Ic* : le nombre moyen de commandes passées au cours d'une période, auquel est associé un coût de commandes unitaire, *Cc*.

❖ **Cas où la demande X suit une loi discrète**

On pose x = demande observée au cours d'une période.

Ic(S) =1 puisqu'on passe une commande sur une période, on a donc :

C(S) = CpIp(s) + CrIr(s) + Cc (2.4)

Le nombre moyen de rupture est

Ir(S) = $\sum_{x=S+1}^{\infty}(x-S)P(X=x)$ (2.5)

Le stock moyen possédé est en fin de période correspond à l'invendu.

Théorème 2.6. Le stock moyen possédé est donné par [18] :

Ip(S) = S - $\bar{X}$ + Ir(S).

❖ **Cas où la demande X suit une loi continue :**

Dans ce cas, on considère f la densité de probabilité de X. on fait un raisonnement analogue au cas discret en remplaçant le signe somme par l'intégrale

Ip(S) = $\int_0^S(S-x)f(x)d(x)$

= $\int_0^{\infty}(S-x)f(x)d(x) - \int_S^{\infty}(S-x)f(x)d(x)$

= S – $\bar{X}$ + $\int_S^{\infty}(S-x)f(x)d(x)$

= S−$\bar{X}$ + Ir(S)

Et on déduit l'expression de C(S) en fonction de seul Ir(S).Par application de la formule de Leibnitz, on démontre le résultat suivant :

$$\frac{dIr(S)}{dS} = -\int_S^{\infty} f(x)d(x) = -P(X > S)$$

On peut maintenant passer à la détermination de solution optimale S^*.

On va donc déterminer le S qui minimise :

C(S) = Cp(S−$\bar{X}$) + (Cr + Cp) Ir(S)

On calcule la dérivée de C(S) en utilisant la relation :

$$\frac{dC(S)}{dS} = Cp - (Cr + Cp)P(X > S).$$

On annule la dérivée d'où l'on tire S^* optimale si :

P(X > S)= $\frac{Cp}{Cr+Cp}$

Cet optimum est n minimum car la dérivée seconde de C(S) est positive. La dérivée de P(X > S) par rapport à S est clairement négative.

2.3.1.2 Gestion calendaire des stocks à rotation non nulle

On parle de stocks à rotation non nulle lorsque les invendus d'une période seront vendus aux périodes suivantes.

La variable de commande du système est ici S, le niveau de complétement, c'est-à-dire le niveau du stock que l'on cherche à retrouver périodiquement. Nous remarquons une différence fondamentale avec le cas de stocks à rotation nulle. En effet, la commande à passer pour un approvisionnement en début de période n'est plus fixe. Deux cas sont possibles [18] :

- Il reste un stock résiduel positif : dans ce cas, on commande la différence entre S et le stock résiduel.
- Le stock résiduel est nul : dans ce cas, on commande S augmenté des demandes non satisfaites de la période précédente qui ont pu être reportées.

X = demande observée au cours d'une période

On a toujours :

$C(S) = CpIp(S) + CrIr(S) + Cc$

Pour le calcul du stock moyen possédé, il faut distinguer deux cas :

Le cas ou $x < S$ et le cas $x > S$

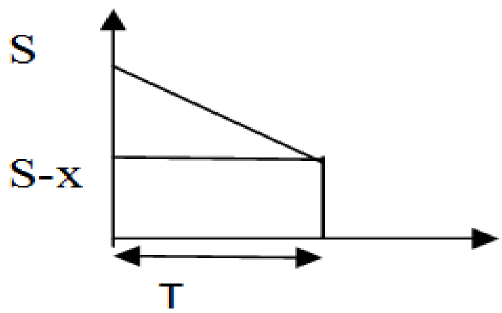


FIG.2.4-cas ou $x < S$

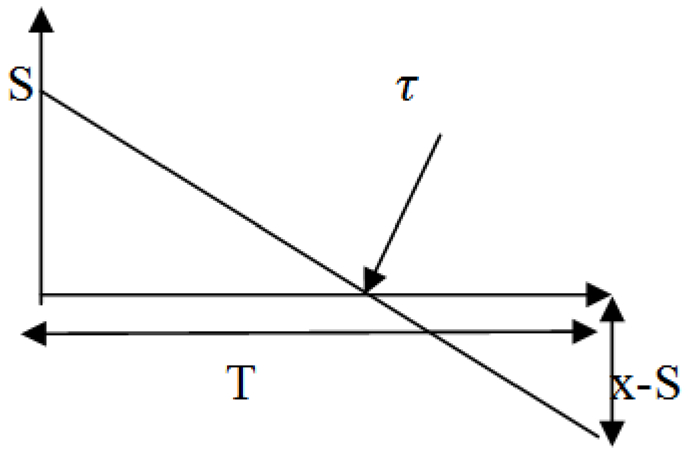


FIG.2.5-cas ou *x* > *S*

Dans le cas ou $x > S$, on peut écrire l'équation d'évolution du stock :

$S(t) = S - \frac{X}{T} t$

Donc

$$\tau = \frac{S}{\frac{X}{T}}$$

Le stock moyen possédé sur τ est $\frac{S+0}{2}$, donc sur la période T on a en moyenne $\frac{S+0}{2} \times \frac{\tau}{T}$, soit $\frac{S^2}{2x}$

Dans le cas où $x < S$, en a en moyenne en stock

$\frac{S+S-x}{2}$, soit $S - \frac{x}{2}$

❖ **Détermination de la solution optimale :**

1) **Cas d'une loi de demande continue**

Le coût de gestion s'écrit :

C(S) = CpIp(S) + CrIr(S)

Théorème 2.7. Pour le calcul du stock moyen possédé Ip(S) il faut dissocier le cas où la demande x est à S de celui où elle est supérieure à S :

Ip(S) $= \int_0^S (S - \frac{x}{2}) f(x) d(x) + \int_S^{\infty} \frac{S^2}{2x} f(x) d(x)$

$= S - \frac{\bar{X}}{2} \frac{Ir(S)}{2}$

Tandis que le nombre moyen de ruptures, Ir(S), peut se calculer comme l'intégrale [8] :

Ir(S) $= \int_S^{\infty} (x - S) f(x) d(x)$

Théorème 2.8. Dans le cas d'une loi de demande continue, le niveau optimal de recomplétement S^* est déterminé par la formule suivante [18] :

$P(X > S^*) = \frac{Cp}{Cp+\frac{Cp}{2}}$

1) Cas d'une loi de demande discrète :

Le stock moyen possédé se calcule dans le cas discret comme suit :

$Ip(S) = \sum_{x=0}^{S-1}(S - \frac{x}{2})P(X = x) + \sum_{x=S}^{\infty} \frac{S}{2} P(X = x)$

$= \sum_{x=0}^{S-1}(S - \frac{x}{2})P(X = x) + \frac{S}{2} P(X \geq S)$

Exprimons le stock moyen possédé en fonction de stock résiduel moyen de fin de période :

$Ip(S) = \sum_{x=0}^{S-1} (\frac{S}{2} + \frac{S}{2} + \frac{x}{2})P(X = x) + \frac{S}{2}\sum_{x=S}^{\infty} P(X = x)$

$= \frac{1}{2} [\sum_{x=0}^{S}(S - x)P(X = x) + S]$

$= \frac{S}{2} + \frac{1}{2} \sum_{x=0}^{\infty}(S - x)P(X = x) - \frac{1}{2}\sum_{x=S}^{\infty}(S - x)P(X = x)$

D'où finalement

$Ip(S) = S - \frac{\bar{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2}$

C'est-à-dire exactement la même formule obtenue dans le cas continue.

On peut exprimer C(S) en fonction seul Ir(S) :

$C(S) = CpIr(S) + CrIr(S)$

$= Cp[S - \frac{\bar{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2}] + CrIr(S)$

D'où finalement

$C(S) = Cp(S - \frac{\bar{X}}{2}) + (Cr + \frac{Cp}{2})\ Ir(S)$

Dans le cas discret, le niveau optimal de recomplétement S^* est déterminé par la formule suivante :

$P(X > S^*) < \frac{Cp}{Cr+\frac{Cp}{2}} < P(X > S^* - 1).$

2.3.2 Politique de gestion de stock par point de commande

Dans ce cas, l'approvisionnement du stock est déclenché lorsque l'on observe que le stock descend en dessous d'un niveau S appelé point de commande. On commande une quantité fixe notée Q_{ec} et appelée « quantité économique de commande ». Sa détermination résulte d'un calcul d'optimisation [?]

❖ **Variable de décision** (Q, S) :

On a deux cas de figure :

- Demande certaine ;

- Demande incertaine.

(1) Demande certaine : Dans ce cas on commande avant la rupture de stock et il n'y a pas de cout de rupture. Cela suppose que le point de commande S soit connu à l'avance.

La seule variable est donc Q la quantité de la commande, Il convient de la déterminer de manière à minimiser le coût total de gestion :

C(Q) = CpIp(Q) + Cc Ic(Q).

Soit

- D : la demande en année par exemple ;
- L : le délai de réapprovisionnement supposé connu ;
- I(t) : évolution du stock pendant la période.

Le graphe suivant illustre la méthode du point de commande :

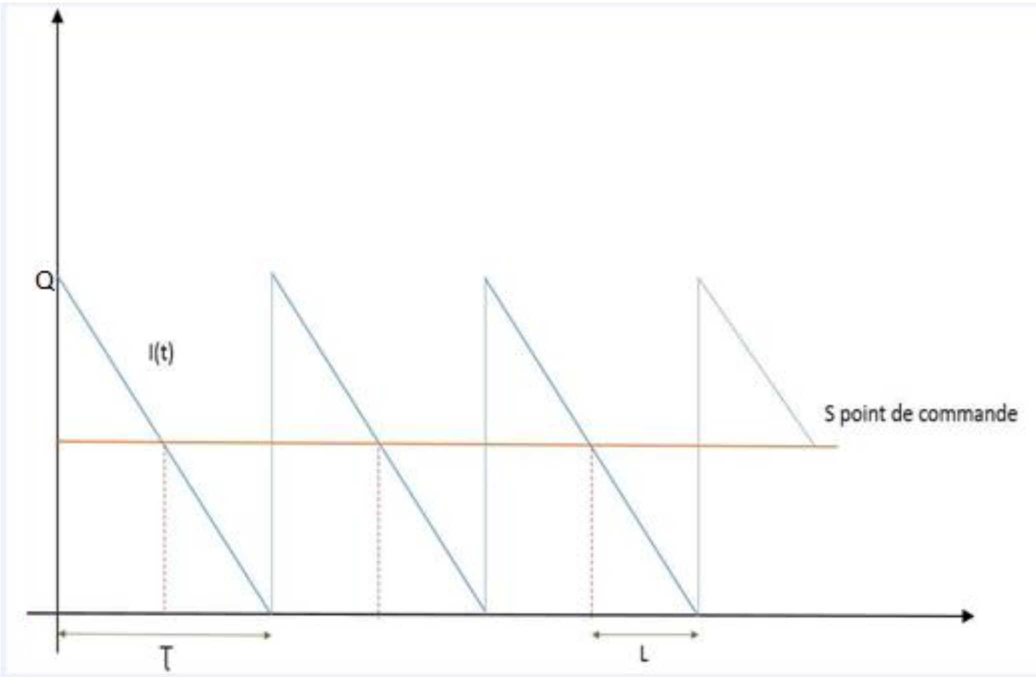


FIG – 2.6 point de commande

$\tau = \frac{Q}{D}$

$$\int_0^{\tau} I(t)d(t) = \frac{\tau Q}{2} = \frac{Q^2}{2D}$$

On en déduit le stock moyen possédé annuel

Ip(Q) = $\frac{Q^2}{2D} \times \frac{D}{Q} = \frac{Q}{2}$

Où $\frac{D}{Q}$ est le nombre de commande par an.

On a donc

$C(Q) = \text{Cp}\,\frac{Q}{2} + Cc\,\frac{D}{Q}$

On calcule la dérivée

$$\frac{dC(Q)}{dQ} = \frac{Cp}{2} - Cc\,\frac{D}{Q^2}$$

On annule la dérivée

$$\frac{dC(Q)}{d(Q)} = 0$$

D'où l'on tire Q_{ec} optimale

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2.D.Cc}{Cp}}$$

Vérifions qu'il s'agit bien d'un minimum en calculant la dérivée second :

$$\frac{d^2C(Q)}{d^2Q} = \frac{2.Cc.D}{Q^2} > 0$$

❖ **Détermination du point de commande :** Le point de commande est le niveau de stock qui permet de déclencher l'ordre d'approvisionnement. Il est définit comme étant le niveau de stock nécessaire pour couvrir les besoins et le délai d'approvisionnement. Pour calculer le point de commande, il faut tenir compte de :

- *DEM* : La consommation moyenne par unité de temps ;
- *DLM* : Le délai de livraison moyen par unité de temps ;
- *SS* : Le stock de sécurité dimensionné pour éviter des ruptures dues à la variabilité de la consommation réelle.

S = (DEM.DLM) + SS

(2) Demande incertaine : Ce problème n'est pas simple car la demande n'est pas constante mais aléatoire. De plus les délais de livraison ou de fabrication peuvent être aléatoires. Un stock de sécurité est nécessaire pour éviter une éventuelle rupture de stock.

❖ **Calcul du stock de sécurité :** On veut calculer le stock de sécurité permettant d'avoir x % de chances de ne jamais être en rupture de stock.

Voyons quelques méthodes qui permettent d'évaluer le stock de sécurité [19].

❖ **Utilisation de la répartition de Gauss**

Délai de livraison fixe : Nous considérons un laps de temps T comprenant un assez grand nombre de périodes et faisons les hypothèses simplificatrices suivantes [19] :

❖ Le délai de livraison D est fixe.

❖ La consommation varie autour d’une moyenne sur une période et selon une loi normale d’écart type σ_x.

Sur le laps de temps T, on considère que les périodes sont indépendantes. Il y a donc additivité des variances :

$$\sigma^2{}_{xD=D.\sigma^2{}_x}$$

La consommation sur une période D suit donc une loi normale d’écart type :

$$\sigma_{xD=\sigma_x\sqrt{D}.}$$

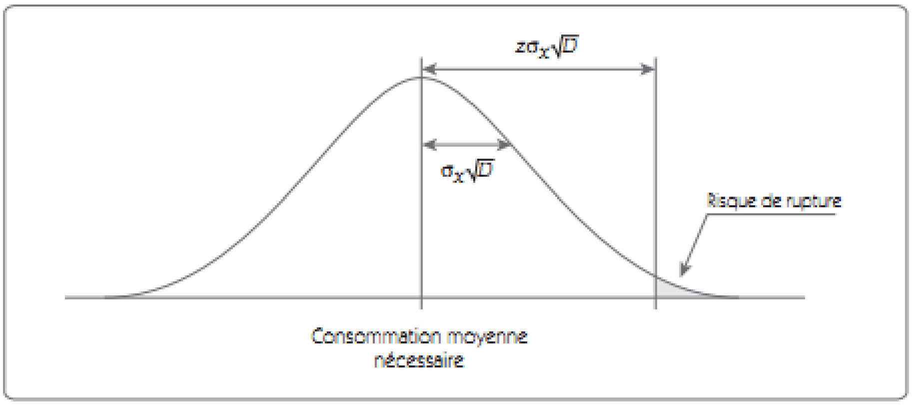


FIG. 2.7- évaluation statistique du risque de rupture

Le stock de sécurité est donc égal à :

SS = Z.$\sigma_x\sqrt{D}$,

Où Z est la variable réduite associée au risque de rupture choisi.

Consommation fixe et délai variable : Soit σ_l (jours), l’écarte type de la variation sur le délai de livraison.

Effectuant un changement de variable jours-consommation :

σ_l(Conso) = (consommation / jours).σ_l(Jours)

Le stock de sécurité est donc égal à :

SS = Z.σ_l.

Consommation et délai variable : la consommation et le délai étant des variables indépendantes, on peut appliquer le théorème d’additivité des variances.

Dans le cas d’utilisation de la méthode de point de commande, cela donne :

σ^2=$\sigma^2{}_l$+ D.$\sigma^2{}_{xD}$

Le stock de sécurité est alors égal à :

SS = Z.σ

Dans le cas de l'utilisation de la méthode de recomplètement périodique, cela donne :

$\sigma^2 = {\sigma^2}_l$ + (DLM + T).${\sigma^2}_{DLM}$

Le stock de sécurité est égal à :

SS = Z.σ

❖ **Utilisation des tirages croisés (Méthode de monté Carlo)**

Dans la démarche précédente, nous avons supposé que la distribution des consommations et des délais de livraison (ou de fabrication) étaient de type gaussien. Ce n'est bien entendu pas toujours le cas. Les distributions ne suivent parfois aucune des distributions classiques.

❖ **Approvisionnement en noria :** Dans le cas d'un délai d'approvisionnement important, il est facile de constater que la valeur du point de commande est très importante. Pour éviter d'avoir des quantités de commande très importantes, il est préférable d'avoir des quantités d'approvisionnement proches de la quantité économique.

La durée de couverture des besoins (DC) avec la quantité approvisionnée sera alors de [?] :

DC =$\frac{Quantit\acute{e}\ \acute{e}conomique}{Consommation\ moyenne\ journali\acute{e}re}$

=$\frac{Q_{ec}}{C_{mj}}$

Lorsque la quantité approvisionnée ne permet pas de couvrir la consommation correspondante au délai d'approvisionnement (DA), il faut raisonner sur plusieurs périodes de consommation. Si DA est le délai d'approvisionnement, le délai à prendre en compte pour le calcul de point de commande sera donc :

Délai = DA – E $[\frac{DA}{DC}] \times DC$

Le point de commande est donc de :

$$C_{mj} \times D\acute{e}lai = C_{mj} \times (DA - E[\frac{DA}{DC}] \times DC)$$

La méthode d'approvisionnement en noria est résumée dans le graphe suivant :

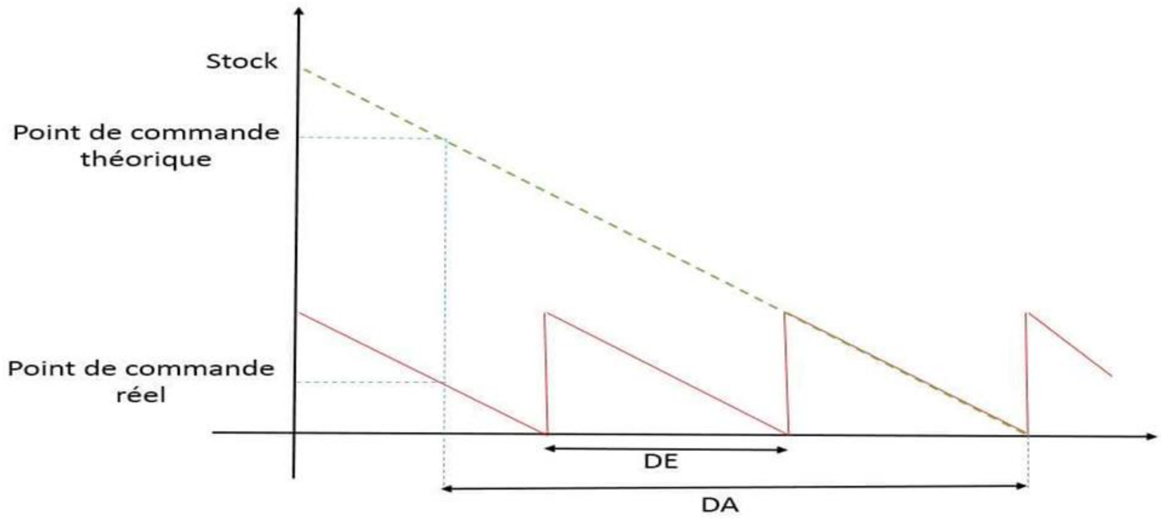


FIG.2.8- Modélisation d'approvisionnement en noria

2.4 Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre les modèles déterministes qui contient les modèles de Wilson et le classement des articles ensuit nous allons partir à les modèles stochastiques qui contient la politique de la gestion de stock calendaire a niveau de recomplétement et la politique de gestion de stock par point de commande.

Chapitre III :

Optimisation par simulation de MC

Chapitre III : Optimisation par simulation de MC

3.1 Introduction

Les méthodes de simulation Monte Carlo peuvent être vues comme des méthodes d'approximation, même s'il s'agit d'approximation au sens statistique du terme. Il n'y a pas un consensus absolu sur une définition précise de ce qu'est une technique de type Monte Carlo, mais la description la plus habituelle consiste à dire que les méthodes de ce type se caractérisent par l'utilisation du hasard pour résoudre des problèmes contrés sur un calcul. Elles sont en général applicables à des problèmes de type numérique, ou bien à des problèmes de nature elle-même probabiliste.

3.2 Les principes de bases de la simulation de Monte Carlo :

Le principe de la simulation, au sens commun de terme, est d'utiliser un modèle, c'est-à-dire une représentation abstraite d'un système ou d'un problème, et d'étudier l'évolution de ce modèle sans faire fonctionner le système réel. C'est par exemple le cas lorsque vous allez à la banque pour un prêt : on vous dit combien vous payeriez chaque mois si vous acceptiez l'offre, sans pour autant avoir à le faire nécessairement. Modéliser consiste donc à poser un problème sur papier ou sur ordinateur afin de l'étudier. C'est aussi ce qui est fait pour les prévisions météorologiques, l'étude d'un phénomène physique, la construction et la mise au point de nouveaux avions, etc. Pour le cas d'un prêt bancaire, il s'agit de calculs relativement d'utiliser des méthodes particulières.

La simulation de Monte Carlo est une méthode d'estimation d'une quantité numérique qui utilise des nombres aléatoires. Stanishaw Ulan et John Von Neurmann l'appelèrent ainsi, en référence aux jeux de hasard dans les casinos, au cours de projet Manhattan qui produisit la première bombe atomique pendant la seconde guerre mondiale.

La simulation d'une perte bancaire par exemple n'est pas une simulation de Monte Carlo car il s'agit de calculs exacts à partir du nombre de mensualités et du taux d'intérêt ; aucun phénomène aléatoire n'intervient dans les calculs.

La simulation de Monte Carlo présente le double avantage d'être simple d'utilisation et de pouvoir être appliquée à un très large éventail de problèmes. Elle est utilisée en finance, pour déterminer quand lever une option sur un bien financier; en assurance, pour évaluer le montant d'une prime; en biologie, pour étudier les dynamique nucléaire, par connaitre la probabilité qu'une particule traverse un écran; en télécommunications, pour déterminer la qualité de service; ou de façon général pour déterminer la fiabilité d'un système, sa disponibilité ou son temps. Moyen d'atteinte de la défaillance.

3.3 Les étapes de la simulation de Monte Carlo :

1) Spécifier le modèle à utiliser pour évaluer l'actif sous-jacent (soit le modèle log-normal dans le cas de l'évaluation d'une option).

2) Définir un nombre de périodes à courir avant l'échéance, et cela en divisant la période en pas : dt = T/N.

3) Générer des trajectoires aléatoires sur toute la période. à l'aide d'un générateur aléatoire de valeurs normales centrées réduites, on va générer des valeurs successives du cours du titre sous-jacent jusqu'à ce que soit atteinte l'échéance de l'option.

4) Dans le cas d'une option européenne, on réticent le prix simulé au bout de la période qu'on utilise pour le calcul des flux financiers de l'option.

5) On calcul ensuite la moyenne (arithmétique) des flux financiers actualiser au taux sans risque de toutes les simulations effectuées $e^{-r\tau\times t}\ \sum\frac{CFi}{N}$ ce qui représente la valeur dr l'option estimée par la simulation

CFi : flux financiers.

N : le nombre de simulation.

Afin de bien comprendre l'équation différentielle stochastique du prix d'une action, on va procèdes à une courte digression de cette équation.

L'équation stochastique utilisée pour le besoins de la simulation MC est le dst = $\mu\, St\, dt + \sigma\, St\, dz\ ou$

S : le prix d'action.

$\mu : son\ rendement$.

dt : période

$\sigma : écarte$-type du rendement de l'action.

dz : est un processus de Wiener d'espérance nulle et de variance dt (dz=$\varepsilon\, V\ (dt)$avec $\varepsilon \sim N(0{,}1\ ))$.

Pour en déduire l'équation du prix de l'action, soit S, on va divisera l'équation par S et après on va d'intégrer de on a :

$$\int_0 = \frac{dSu}{Su} + \int_0 rdu\ \ +\int_0 \sigma dz\ .$$

La première intégrale est une intégrale de Rieman standard égale à rt et la seconde intégrale contient un terme aléatoire dz. Mais son coefficient est constant dans temps. Cette intégrale peut donc se calculer de la façon suivante : $\sigma\,(Z_t - Z_0) = \sigma Z_t$ puisque Z_0 par conséquent $\int_0 = \frac{dSu}{Su} + \int_0 rt + \int_0 \sigma dz$.

Toute solution de cette intégrale stochastique en terme de St doit évidemment satisfaire cette intégrale, en particulier, l'une des solutions de la suivante :

$$S_t = S_0 \; e^{\left(\left(r-\frac{1}{2}\sigma^2\right)t+\,\sigma\, Z_t\right)} .$$

Cette solution est fonction des paramètres $\sigma : r\ et\ Z_t$.

3.4 Les méthodes de Monte Carlo :

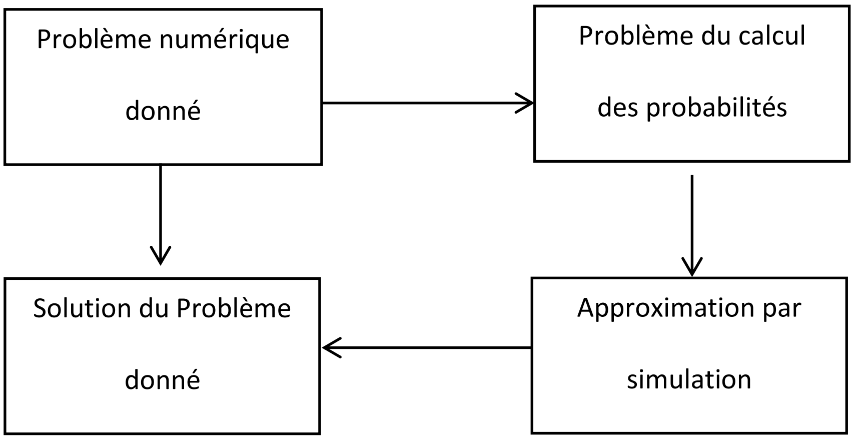


Figure -3.1- Schéma illustratif de la méthode de Monte-Carlo

3.4.1 Génération de nombres aléatoires :

1/1 La méthode du carré médian

Cette méthode, connue dans la littérature anglophone aussi sous le nom de middle square, (20) Le carré médian est considéré comme la première méthode de génération automatique de nombres pseudo-aléatoires.

1/ 2 Les méthodes de congruence

1/2/1 La méthode de congruence simple

La méthode de congruence consiste en un algorithme simple pour la génération de nombres pseudo-aléatoires et est définie par la relation de récurrence

x_i= (ax_i+ b) mod m

Pour i=1,2, … et a, b, m et X_0 des entiers positifs donnés.

On dit que a est le multiplicateur, b est l'incrément, m le modules et X_0 la valeur initiale ou seed.

Le nombre pseudo-aléatoire, U_i compris entre 0 et 1, est obtenu en divisant X_i par m : $U_i := \frac{X_i}{m}$.

1/2/2 La méthode de congruence avec retard

Le point faible de la méthode de congruence réside dans la relation de récurrence qui provoque des irrégularités non désirées. Une modification de la règle de récurrence est donnée par : $X_i = (aX_{i-r} + b)$ mod m ou r indique le retard et ou les premiers termes sont calculés avec la relation $X_i = (\acute{a}X_{i-1} + b)\ m\acute{o}d\ \acute{m}$, les paramètres $\acute{a}, \acute{b}, \acute{m}$ pouvant être différents de a, b et m. Pour r = 1 on retrouve la méthode de congruence simple.

1/2/3 La méthode de l'inverse en congruences

La linéarité de la relation de récurrence de la méthode des congruences peut la rendre inutile dans certains problèmes de simulation. La méthode de l'inverse en congruences (21) utilise la notion d'inverse multiplicatif modulo m et supprime ainsi la relation linéaire.

Rappelons que pour p premier, l'inverse de X mod p noté $\acute{X}$ est défini par la relation X$\acute{X}$ mod p = 1. Par convention, l'inverse de 0 est 0. La relation de récurrence associée à cette méthode est donnée par :

$$X_{i+1} = \left(a\acute{X}_i + b\right) mod\ p..$$

Transformation des variables :

Les transformations de variables nous permettront de simuler des échantillons fictifs d'une variable aléatoire à partir d'un ensemble de nombres aléatoires uniformément distribués sur [0,1].

3.5 Les avantage et inconvénients de l'approche de la simulation Monte Carlo

1. Les problèmes liés à l'estimation de la VAR pour des niveaux de confiance élevés ont amené les gestionnaires de risqué à considérer l'utilisation de méthodes de simulation telles que celle de Monte Carlo. Cette dernière, d'une modélisation plus précise et plus complété du comportement dans les talons.
2. Elle permet d'appréhender de façon plus faible le risqué associé aux instruments pour lesquelles l'hypothèse de N ne tient plus.
3. L'estimation de la VAR générée par la simulation de MC ne correspondra jamais à la solution exacte attende, mais plutôt à une estimation tantôt supérieure, tantôt inférieure.
4. Comme la méthode se base essentiellement sur la génération de nombres aléatoires, il n'y a aucune garantie que les évènements indispensables à l'estimation du var précise aient effectivement été générés.
5. L'approche MC est le plus souvent " time consuming ", même s'il existe différentes techniques afin de réduire sa complexité.
6. Il existe une forte dépendance des résultats au processus utilisé pour modéliser le comportement des facteurs de risqué.

7. Les résultats de la simulation dépendant également du modèle utilisé pour décrire le comportement des prise , le choix de ce dernier est crucial et conditionner a grandement d'une part le processus de génération et d'autre part l'estimation de la VAR .

3.6 Conclusion :

Dans ce chapitre on a expliqué les étapes de la simulation de Monte Carlo ainsi leurs méthodes et à la fin on a cité les avantages et les inconvénients de la VAR.

Chapitre IV : Modélisation mathématique et Implémentation

Chapitre IV : Modélisation mathématique et Implémentation

11.4 Introduction

Dans ce chapitre nous allons montrer l'implémentation d'un programme de simulation permettant de déterminer les paramètres optimaux pour un problème de gestion de stock. Pour cela, nous citons les problèmes rencontrés pour une telle implémentation. Un problème réel est pris comme un cas d'étude. Une série d'expérimentations sera faite sur ce problème afin de montrer l'exactitude et la robustesse de notre approche.

1. Du système réel au modèle de système

Un *système* est un ensemble d'éléments que l'on peut appeler *composantes*. Chacun de ces éléments possède plusieurs caractéristiques ou attributs qui peuvent prendre des valeurs numériques ou logiques. Par exemple, Une économie nationale, composée de ses consommateurs et de ses producteurs, est également un système ; l'un des attributs d'un consommateur peut être l'importance de sa demande pour un produit particulier.

Les composantes d'un système sont interactives. Par exemple, sans opérateur, la machine ne peut pas fonctionner. À côté de ces relations, appelées internes, figurent des relations dites externes. Ces dernières relient les éléments du système avec l'environnement, c'est-à-dire le monde en dehors du système.

Un *modèle* peut être défini comme une **architecture mathématique** qui représente un certain système. Il existe plusieurs types de modèles. Un modèle est constitué de symboles mathématiques représentant des systèmes réels. Autrement dit, le modèle mathématique d'un système est l'ensemble des relations mathématiques caractérisant les états possibles du système.

2. Simulation de modèles de système ;

Les problèmes de simulation peuvent être classés en deux grandes catégories : les problèmes ***déterministes*** et les problèmes ***probabilistes***. Les problèmes déterministes sont ceux pour lesquels l'incertitude est soit négligeable, soit entièrement absente et qui comprennent des phénomènes physiques simples comme la chute libre d'un objet ou un mouvement uniforme. Les problèmes probabilistes comprennent, par exemple, le calcul du nombre optimal de distributeurs de billets, du nombre optimal de guichets et, en général, tout autre phénomène dont le déroulement dépend d'une part de hasard. Dans la réalité, des problèmes complètement déterministes sont assez rares. La plupart du temps, des petites erreurs ou incertitudes sont négligées ou délibérément ignorées : les coûts manufacturiers sont habituellement estimés plutôt que connus ; les instruments de mesure, qui ont une précision de 99,5 %, sont considérés comme parfaits, etc. Dans de telles circonstances, l'emploi d'un modèle déterministe se justifie seulement si l'on s'attend à ce que les écarts dans la pratique soient à la fois rares et petits.

3. Simulations probabilistes :

Les problèmes de simulation probabilistes ou stochastiques comprennent eux un degré d'incertitude trop important pour être ignoré. Par exemple, sous certaines hypothèses au sujet de l'arrivée aléatoire de passagers à un distributeur de billets, le nombre de personnes faisant la queue peut être en moyenne de 5, mais il peut monter jusqu'à 50, une ou deux fois par jour. Il serait vraiment erroné, dans ce cas, de calculer le nombre optimal de distributeurs de billets sur la base d'un modèle déterministe qui utilise seulement la moyenne de 5 et néglige les cas occasionnels. Pour représenter une incertitude de cette sorte, des modèles d'optimisation stochastiques utilisent des variables aléatoires dont les valeurs sont données par des distributions de probabilité plutôt que par de simples nombres ou équations. Les problèmes stochastiques sont généralement beaucoup plus complexes et plus difficiles à résoudre que les problèmes déterministes.

4. Introduction de la simulation en économie :

En économie, on classe habituellement les variables d'un modèle en ***variables exogènes*** et ***variables endogènes***. Les valeurs des variables exogènes ne sont pas déterminées par le modèle. On les appelle aussi variables indépendantes.

les variables indépendantes peuvent encore être divisées en variables **incontrôlables** et variables **contrôlables**. Les variables incontrôlables, par exemple la demande étrangère, sont les inputs du système.

Les variables contrôlables, par exemple les dépenses du gouvernement, sont des variables manipulées par certaines composantes du système.

Les valeurs des variables endogènes dépendent du modèle. on peut classer ces variables dépendantes en ***variables d'état*** ou ***intermédiaires*** décrivant l'état du système, et en ***variables de sortie***.

À côté des variables, nous distinguons, dans le modèle, des ***paramètres***. Les paramètres sont des quantités qui influencent les variables endogènes. Cependant, contrairement aux variables, ils sont constants. Par exemple un paramètre peut être lié au critère selon lequel un gestionnaire de stock cadence les nouvelles commandes. Les *relations* indiquent comment les variables et les paramètres sont reliés entre eux.

Pour répondre aux questions relatives à un phénomène étudié, il faut souvent résoudre les équations du modèle. Il existe des méthodes de résolution ***analytiques*** et des méthodes de résolution ***numériques***.

La méthode analytique fait appel au calcul différentiel et intégral. Elle fournit une solution générale sous la forme d'une équation ou d'une formule valable pour différentes valeurs possibles des variables indépendantes et des paramètres.

Toutefois, le champ des problèmes qui peuvent être résolus mathématiquement est limité. En effet, les problèmes que l'on rencontre dans la pratique nécessitent que le modèle utilisé soit exprimé sous une forme particulière d'un système d'équations algébriques ou différentielles pouvant être très complexes suivant la nature du phénomène ou du système à étudier. Or, le degré de complexité de ce phénomène peut exiger de l'analyste une simplification parfois abusive du modèle, dans le but de s'adapter aux techniques mathématiques disponibles.

La résolution numérique remplace les variables indépendantes et les paramètres du modèle par des nombres qu'elle manipule. Beaucoup de techniques numériques sont itératives, c'est-à-dire que chaque étape de la résolution donne une meilleure solution que la précédente en utilisant les résultats des étapes antérieures. La *programmation mathématique* est une technique numérique de ce genre.

La *simulation* et la *méthode de Monte Carlo* sont des techniques numériques spécifiques. La méthode de Monte Carlo est une technique de résolution d'un problème qui utilise des échantillons de nombres aléatoires dans le modèle qui le décrit. Quant à la simulation, elle représente une expérience dans le temps faite sur un modèle abstrait et impliquant la présence de variables aléatoires. Dans la plupart des cas, les études de simulation utilisent des nombres aléatoires.

Dans le contexte décrit ci-dessus, la simulation est une expérience qui suppose la construction d'un modèle de travail mathématique présentant une similitude de propriétés ou de relations avec le système naturel faisant l'objet de l'étude.

De cette façon, nous pouvons prévoir les caractéristiques de fonctionnement de ce système sans avoir à travailler avec des dispositifs physiques. Il s'agit d'effectuer, à l'aide du modèle désigné, des *expériences artificielles* permettant de restituer des valeurs pour certaines variables qui soient conformes aux lois de probabilité observées dans un cas réel. Ces valeurs constituent un *échantillon artificiel*.

5. Problème de gestion de stock :

L'utilisation de la simulation rencontre de nombreuses applications dans le domaine du management, de la gestion ou du marketing. La vente d'un article est suivie de la mise à jour du stock et, s'il y a lieu, du déclenchement d'une commande auprès du fournisseur. Aujourd'hui il est courant de mettre à jour en temps réel un inventaire, et cela de manière automatique, par exemple par lecture optique des codes à barres des articles qui abandonnent un stock.

La solution d'un problème d'inventaire.

Les statistiques de l'usine xxx sur la demande journalière de deux matières premières présentent la distribution suivante :

D'après l'étude et l'analyse des données fournies par le service xxx de l'usine durant les années 2017/2018/2019 ; nous arrivons aux résultats suivants :

Nous avons des périodes différentes correspondant à des régimes de consommation et de production différents.

Produit 1 : Coton

Produit 2 ; Polyester

Période : 1

Qté consommée : 1200 1250 1280 1300 1350 1400 1450

Probabilité : **0.17 0.08 0.22 0.15 0.19 0.09 0.10**

De même, les délais de livraison de la matière première varient entre x et y jours selon la distribution suivante :

Délai de livraison : 5 6 7 8 9 10

Probabilité : **0.12 0.15 0.18 0.27 0.13 0.15**

Prix Achat : **10 10.5 11 11.25 11 10.25**

Les statistiques de simulation sont fournies dans un tableau ayant la forme suivante :

Période	**Jour**	**Stock deb**	**Qté dem**	**Stock fin**	**Déficit Stock**	**Qté commandée**	**Délai de livraison**	**Prix achat**
1	1	X	Y	x-y	Si y>x	Si stock<seuil	aléatoire	aléatoire

Nous définissons les variables suivantes :

Qd[i,j] : quantité demandée pour le jour j de la période i.

Sd[i,j] : Stock début pour le jour j de la période i.

Sf[i,j] : Stock fin pour le jour j de la période i.

defS[i,j] ; la déficit de stock pour le jour j de la période i.

QC : quantité commandée

DL : délai de livraison

PA : Prix d'achat.

Per : Période.

PV : Prix de vente.

L'objectif du gestionnaire du stock est d'avoir constamment l'objet en stock, tout en respectant certaines contraintes élémentaires de coût, à savoir éviter d'avoir un stock trop important et des commandes en trop faibles quantités (économies d'échelle).

Deux éléments sont à déterminer, à savoir : la quantité en stock **T critique** qui déclenche une nouvelle commande et la quantité à commander **Q**. En supposant que les valeurs Q et T soient fixées par le gestionnaire, il s'agit de simuler le processus sur une période donnée et de répondre aux questions suivantes :

Quel a été la quantité moyenne de produit en stock par jour ?

Quel a été le nombre de jours durant lesquels le produit manquait en stock ?

Quel a été le nombre des occasions de vente perdues ?

Quel est la meilleure période pour l'achat de la matière première ?

Notons que l'objectif est de :

Minimiser le déficit du stock

Maximiser les ventes.

Minimiser les couts de stockage

……………………….

Programme de Simulation en C:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <math.h>
#define nb_jours 40 /*simuler pendant 40 jours !*/
int i=0,vente,d=0,nbcns=0,nbcs=0,nbj=0,somme=0;
    float u,v;
    int stockm,stocks,def=0;
    int comnd=0;
    int T;
```

```
    int Q,Qt;
    float tab1[nb_jours];
    void main()
{
    srand(time(NULL));
    for(i=0;i<nb_jours;i++)
    tab1[i]=(float)rand()/RAND_MAX;
    printf("entrer le stock initial : stock matin du   premier jour \n\n");
    scanf("%d",&stockm);
    printf("entrer le seuil qui delecnche une commande aupres du fournisseur: T\n\n");
    scanf("%d",&T);
    printf("entrer la quantite commandee aupres du fournisseur: Q\n\n");
    scanf("%d",&Q);
    printf("\n jour * Stock matin * Vente  * Stock soir  *   Deficit  * Delai de livraison* \n");
i=0;
srand(time(NULL));
    While (i<nb_jours)
    {
       u=tab1[i];
    if(u>0.0 && u<=0.1)
       cons =0;
     else if(u>0.1 && u<=0.20)
       cons =1;
     else if(u>0.2 && u<=0.4)
       cons =2;
     else if(u>0.4 && u<=0.7)
       cons =3;
     else if (u>0.7 && u<=0.9)
       cons =4;
       else cons =5;
```

```
somme+=stockm;

nbcs+= cons;
if (stockm>= cons)
{stocks=stockm- cons;def=0;}
else {stocks=0;def=stockm- cons;nbcns+=def;}

if (stocks<=T && comnd==0)
        {comnd=1;
        v=(float)rand()/RAND_MAX;
           if (v>0.0 && v<=0.2)
            d=2;
        else if(v>0.2 && v<=0.7)
            d=3;
        else if (v>0.7 && v<=0.9)
            d=4;
        else d=5;
        }else Qt=0;

   printf("\n %i       %i        %i         %i            %i         %i  \n",i+1,stockm,vente,stocks,def,d);
   d--;

if(d<0)d++;
else
if (d> 0) Qt=0;
else {comnd=0;Qt=Q;}
 i++;
stockm=stocks+Qt;

if (stocks==0) nbj++;
}
double taux=(double)nbcs/(nbcs-nbcns);

printf("\n\n\n      AFFICHAGE DES STATISTIQUES DE SIMULATION DE LA GESTION DE
STOCK     \n\n\n");
```

printf(" La quantité moyenne dans le stock par jour est : %4.2f objets\n\n", (float)somme/nb_jours);
printf(" le nombre de clients n'ayant pas pu etre servis est : %i clients\n\n",-nbcns);
printf(" le nombre de clients ayant pu etre servis est : %i clients\n\n",nbcs);
*printf(" le taux de satisfaction de clients est : %4.2f %%\n\n",taux*100);*
printf(" le nombre de jours pendant lesquels l produit manquait du stock est : %i jours\n\n",nbj);}

Problématique de la phase transitoire

On dit qu'un système est en régime transitoire lorsque son comportement dépend de l'instant t auquel on l'observe.

C'est en général le cas dans la première phase de fonctionnement du système lorsque l'influence des conditions initiales est prépondérante. Cependant, dans les files d'attente comme dans de nombreux autres processus stochastique, on s'intéresse surtout au comportement à long terme du système.

Une partie importante de la théorie des queues est donc consacrée à l'étude du régime stationnaire. Dans ce cas, le comportement du système devient indépendant de l'instant t auquel on l'observe.

Différente méthodes ont été proposées afin de remédier au problème de la phase transitoire :

Méthode du choix de la condition de début

Afin de réduire l'influence de la phase transitoire, il faut généralement sélectionner la condition de début appropriée pour la simulation. Cette méthode est la plus efficace et consiste à commencer la simulation par un état représentatif du système.

Méthode de décalage de la simulation

Cette méthode consiste à écarter toutes les observations de l'état transitoire. On assume que la variabilité de l'état transitoire est plus grande que celle de l'état stationnaire.

Selon **[25],** la méthode la plus simple et pratique pour choisir le point à partir duquel on tiendra compte des résultats de simulation est de faire une détermination visuelle sur une graphique représentant la fluctuation de la réponse de la simulation dans le temps. L'idée est d'utiliser ce graphique pour vérifier l'état transitoire et le moment où le système entre dans la phase stationnaire (équilibre du système).

Méthode du long temps de simulation.

La troisième méthode consiste à faire des simulations sur des longues durées. La méthode est simple et assume qu'une simulation de long durée réduit le niveau de dépendance à la condition de début pour la simulation, donc, les conditions initiales d'instabilité n'affectera pas les résultats. Cependant, l'un des inconvénients de cette méthode est le temps de calcul très long et le peu de réplications possibles à faire par rapport au même temps de calcul pour une simulation plus petite avec beaucoup de réplications.

Un scénario de simulation sur 30 **jours**

Paramètres initiales :

Stock début=25000

Seuil qui déclenche une alerte=6000

Quantité commandée=15000

U	V	jour	stock_deb	cons	stock_fin	defcit	commande	délai_liv
0,53	0,21	1	25000	1300	23700	0,00		
0,09	0,48	2	23700	1200	22500	0,00		
0,66	0,25	3	22500	1350	21150	0,00		
0,49	0,23	4	21150	1300	19850	0,00		
0,15	0,68	5	19850	1200	18650	0,00		
0,82	0,45	6	18650	1400	17250	0,00		
0,26	0,76	7	17250	1280	15970	0,00		
0,72	0,20	8	15970	1350	14620	0,00		
0,05	0,05	9	14620	1200	13420	0,00		
0,78	0,43	10	13420	1350	12070	0,00		
0,87	0,07	11	12070	1400	10670	0,00		
0,71	0,85	12	10670	1350	9320	0,00		
0,45	0,18	13	9320	1280	8040	0,00		
0,19	0,63	14	8040	1250	6790	0,00		
0,07	0,96	15	6790	1200	5590	0,00	15000	7
0,40	0,79	16	5590	1280	4310	0,00		
0,05	0,01	17	4310	1200	3110	0,00		
0,20	0,07	18	3110	1250	1860	0,00		
0,40	0,11	19	1860	1280	580	0,00		
0,53	0,76	20	580	1300	0	720,00		
0,04	0,12	21	0	1200	1200	1920,00		
0,45	0,98	22	0	1280	1280	0,00		

0,20	0,41	23	0	1250	1250	0,00		
0,00	0,89	24	0	1200	1200	0,00		
0,28	0,04	25	0	1280	1280	0,00		
0,98	0,60	26	0	1450	1450	0,00		
0,37	0,04	27	15000	1280	12920	0,00		
0,83	0,86	28	12920	1400	11520	0,00		
0,17	0,30	29	11520	1200	10380	0,00		
0,66	0,82	30	10380	1350	9030	0,00		

(a) la quantité moyenne en stock : **x/30** =

(b) nombre de jours durant lesquels le produit manque en stock : **x** jours ;

(c) nombre de clients n'ayant pas pu être servis : **x**.

Compte tenu du délai de livraison et de la consommation journalière, on s'aperçoit que le gestionnaire passe commande beaucoup trop tard. En prenant par exemple T=6900 et en utilisant les mêmes nombres aléatoires, le nombre moyen d'objets par jour serait de 1209, le nombre de jours durant lesquels l'objet manque en stock 5.

Il s'agit dès lors pour le gestionnaire de refaire la simulation en modifiant les valeurs T et Q jusqu'à ce qu'il obtienne des résultats compatibles avec ses attentes.

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons montré de notre implémentation –approche par simulation-. Après avoir présenté les problèmes liés à c type d'approches, nous avons donné une certaine démonstration correspondant à un scenario d'exécution de notre modèle de gestion de stock. Une suite d'expérimentations a été faite sur des données provenant du monde réel. Nos résultats confirment que la résolution par simulation d'un tel problème de décision multicritères, nécessite des simulations à plusieurs réplications et une population de taille très importante.

Conclusion générale

Conclusion générale :

Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire traitent le problème d'optimisation de la gestion de stocks. L'un des objectifs que se fine une entreprise est bien la satisfaction du client qui est un élément prioritaire.

Pour répondre aux chalenges posés par la globalisation de la chaine logistique et assurer la pérennité et la croissance de l'entreprise, le décideur est appelé à gérer ses approvisionnement en tenant compte des risques sur l'ensemble de la chaine logistique.

Nous avons proposé une méthode numérique ainsi qu'une méthode basée sur la simulation de Monte Carlo pour évaluer des performances telle que le délai d'approvisionnement, le taux de service client et le coût total de gestion du stock.

Dans notre travail nous avons essayé de développer plusieurs modèles de gestion de stocks en tenant compte de la nature des quantités, des périodes, de l'environnement de la gestion soit à un seul où à plusieurs objets.

Nous avons étudié l'évolution du stock d'un ensemble d'articles au sein de l'entreprise E.A.T.I.T. Il caractérise par : une demande aléatoire, une capacité de production finie, taille aléatoire des commandes, et des ordres de réapprovisionnement, délai de livraison. Ces derniers ont été choisis selon leur importance dans le processus de production et leurs coûts (prix d'achat).

Bibliographies

Bibliographies

[1]- S.C- GARAVES, A.h,G rinnooy kan rt P.h zepkin . logistics of production and inventry, Vol, 4 de handbooks in vpration resaerch and management science. North – holland, amsterdam 1993.

[2]- Mantenance de support ERP Microsoft : une réactivité à tout épreuve.

I. [3]- O.Labartho. Modélisation et simulation orientées argents de chaine logistique dans un contexte de personnalisation de masse : modèles et cadre méthodalogique. These doctorat en cotutelle université de laval. Canada et univercité Paul cezanne.

[4]- H.L Lee and billington. Material managemnt incentralized suply chain

[5]- NEVEN WORKGROUP: performance indications in logistics FFS publication sprenger-verlag. 1989.

[6]- ARADAY, (2008).Politique d'approvisionnement dans les systèmes à plusieurs fournisseurs et optimisation des décisions dans les chaines logistiques décentralisées. Thèse de doctorat système industriel.

[7, 8,9]- BEENKHELLAT, Z.Et MOUSSAOUI, B. (2011) Modélisation Markovienne d'un problème de gestion de stock cas unité margarinerie.

[10] HNAIEN, F. (2008). Gestion des stocks dans des chaˆınes logistiques face aux al´eas des d´elais d'approvisionnements. Th`ese de Doctorat.

[11,12] BESSAI, K. et CHIBOUT, H. (2004). Elaboration d'un mod`ele multicrit`ere pour la gestion des stocks de pi`eces de rechange. M´emoire de fin d'´etudes (Dipl^ome d'ing´enieur).

ARDA, Y. (2008). Politique d'Approvisionnement dans les Syst`emes `a plusieurs fournisseurs et Optimisation des D´ecisions dans les Chaines Logistiques D´ecentralis´ees. Th`ese de Doctorat. Syst`eme Industriel.

[14] GRATACUP, A.et MEDAN, P. (2009). Management de la Production (Concept,M´ethodes, Cas).3 ´eme ´edition.

[15]- a été élaboré par l'économiste italien VILFREDO PARITO à la fin de 19 éme siécle

[19,16] ,COURTOIS, A., MARTIN-BONNEFOUS, C., et PILLET, M. (2003).Gestion de Production. 4 ´eme ´edition.

[8] De WOLF, D. (2000). Gestion de la Production et des Op´erations.

[17] ZERMATI, P. (1990). La Pratique de la Gestion des Stocks.

Contexte de Demandes Indépendantes.

[4] BOUHADJ, D. et DIB, N. (2004). Maintenance et gestion des stocks des pi`eces de rechange au sein de l'entreprise TRANSBOIS. M´emoire de fin d'´etudes (Diplˆome d'ing´enieur).

[5] CIRVAC, A. (2008,2009). Gestion de Stock Multi-produit. M´emoire th´ematique master recherche g´enie industriel. Sp´ecialit´e OSIL.

[6] COURTOIS, A., MARTIN-BONNEFOUS, C., PILLET, M. et BONNEFOUS, P. (2011).Gestion de Production (Les fondamentaux et les Bonnes pratiques). 5´eme ´edition.

[19,16] ,COURTOIS, A., MARTIN-BONNEFOUS, C., et PILLET, M. (2003).Gestion de Production. 4 ´eme ´edition.

[17,18] ZERMATI, P. (1990). La Pratique de la Gestion des Stocks. Contexte de Demandes Indépendantes.

[20]- JOHN VON Neuman 1951.

[21]- Eichenauer et Lehn 1986.

De WOLF, D. (2000). Gestion de la Production et des Op´erations.

GRATACUP, A.et MEDAN, P. (2009). Management de la Production (Concept, M´ethodes, Cas).3 ´eme ´edition.

HNAIEN, F. (2008). Gestion des stocks dans des chaˆınes logistiques face aux al´eas des d´elais d'approvisionnements. Th`ese de Doctorat.82

JAVEL, G. (2010). Organisation et Gestion de la Production. Cours avec exercices corrig´es. 3 ´eme ´edition.

JP, Compagne. (2006) Cours de Gestion des Stocks.

KINDU, J.C. (2008). Maitrise en Sciences de Gestion

PELLERIN, L. (1997). La Formalisation des activit´es de Gestion des Stocks dans PME Manufacturi`eres Queb´equoises

PILLET, M. (2002). Appliquer la Maitrise Statistique des Proc´ed´es MSP/SPC.

TANONKOU, G.A. Gestion des Stocks et File d'Attente. Industrial engineering and Computer Science.

https ://www.youtube.com/watch ?v=EnCA-zkZhhg Gestion de stock avec p´enurie.

https ://www.ooreka.fr/. Stockage Juste `a Temps

S. Axsater. invetory control. Kluwer academic publishers 200.

D.W.Fogarty, J.H.Blackstone Jr., and T.R?Hoffman. Production and inventery management. South. westerm publishing, cincinatti, 1991.

S.C. Graves, A.H.G.Rinnooykan, and P.H.Zipkin. logistics of production and inventory. Handbooks in operations research and management science, 4, 1993.

E.A.Silver,D.F.Pyke, and R.Peterson. Invetry management and production plamming and scheduling. John wiley and sons, 1998.

H.J.Zimmerman and M.G.Sovereign. Quantitative models for production management. Prentice Hall, 1974.

P.H.Zipkin. Foundations of inventry management. MCGraw Hill, Norwell, 2000.

Méthode de Monte Calro (Julien STOEHR, stoehr @ cermande. fr

B. Tuffin. la simulation de Monte Carlo Edition Hermès, février 2010

Annexes

Annexes

1 Preuve :
Le minimum de cette fonction (la Quantité économique) s'obtient aisément par annulation de la première dérivée (Condition du 1er ordre)

$$\frac{dCT(Q)}{d(Q)}= 0 \Leftrightarrow \frac{p\times t}{2}-\frac{cp\times D}{Q^2}= 0$$

$$Q^2=\frac{2\times cp\times D}{P\times T}$$

$$\text{Q}=\pm\sqrt{\frac{2\times cp\times D}{p\times t}}$$

Finalement, on retient la seule valeur positive :

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2\times cp\times D}{P\times T}} \qquad (2.3)$$

Comme la dérivée seconde

$$\frac{d^2\text{CT(Q)}}{d^2Q} = \frac{2\times cp\times D}{Q^3}$$

Est positive alors la quantité Q_{ec} minimise le coût total de stockage. Si on s'intéresse au nombre minimum de commandes,N_{ec}, par période, on doit écrire la fonction CT comme suit :

$$\text{CT(N)} = \frac{D}{2N}\times p\times t + cp\times N$$

On remplaçant dans CT la quantité Q par $\frac{D}{N}$.

2 Preuve :
La dérivée du premier ordre de la fonction CT est :

$$\frac{\text{dCt(N)}}{dN} = \text{cp} - \frac{2\times p\times t}{N^2}$$

Donc

$$\frac{dCt(N)}{dN}= 0 \Rightarrow N^2 = \frac{p\times t\times d}{2\times cp}$$

Alors

$$\text{N}= \pm\sqrt{\frac{p\times t\times d}{2\times cp}}$$

On retient la seule valeur positive :

$$N_{ec}=\sqrt{\frac{p \times t \times d}{2 \times cp}}$$

Cette valeur est un minimum pour CT car :

$$\frac{d^2\mathrm{Ct(N)}}{d^2N}=\frac{4\times p\times t}{N^3}>0$$

Dans le cas où l'on s'intéresse à la durée optimale séparant deux commandes,T_{ec}, on doit écrire la fonction CT comme suit :

$$\mathrm{CT(T)}=\frac{D}{\frac{2\times 0}{T}}\times \mathrm{p} \times \mathrm{t} + \mathrm{cp} \times \frac{\theta}{T}$$

En remplaçant dans CT la quantité N par $\frac{\theta}{T}$

3 Preuve :

La dérivée du premier ordre de la fonction CT est :

$$\frac{dC(T)}{dT}=\frac{2\times p\times t}{2\times\theta}-\frac{cp\times\theta}{T^2}$$

$$\frac{\mathrm{dC(T)}}{dT}=0\Rightarrow T^2=\frac{2\times cp\times\theta^2}{D\times p\times t}$$

$$\mathrm{T}=\pm\sqrt{\frac{2\times cp\times\theta^2}{D\times p\times t}}$$

Finalement, on retient la seule valeur positive

$$T_{ec}=\sqrt{\frac{2\times cp\times\theta^2}{D\times p\times t}}$$

Cette valeur est un minimum pour CT car :

$$\frac{d^2CT(T)}{d^2T}=\frac{2\times cp\times\theta}{T^3}>0$$

Preuve :

Dans ce qui suit nous montrons la formule de la quantité économique avec pénurie en utilisant les propriétés de TALES :

$$\mathrm{CT= Cs + Cr + Cp}$$

Tel que :

$$\mathrm{Cs}=\frac{S}{2}\times \mathrm{cs}\times \mathrm{T1}$$

ET

$$\mathrm{Cr}=\frac{Q-S}{2}\times \mathrm{cr}\times \mathrm{T2}$$

En appliquant la formule de TALES :

Nous avons :

$$\frac{T1}{T} = \frac{S}{Q}$$

$$\frac{T2}{T} = \frac{Q-S}{Q}$$

Alors :

$$\text{T1}=\frac{S}{Q} \times T$$

$$\text{T2}=\frac{Q-S}{Q}\times \text{T}$$

On cherche le cout total sur une période :

$$\text{CT (Q, S)} = \text{Cs (Q, S)} + \text{Cp (Q, S)} + \text{Cr (Q, S)}$$

$$= \frac{S}{2}\times\text{cs}\times\text{T1}+\text{cp}+\frac{Q-S}{2}\text{cr}\times\text{T2}$$

$$= \frac{S}{2}\times\text{cs}\times\text{T1}+\text{cp}+\frac{Q-S}{2}\text{cr}\times\text{T2}$$

$$= \frac{(S^2\times cs\times T)}{2Q}+ \text{cp} +\frac{(Q-C)^2}{2Q}\times\text{cr}\times\text{T}$$

$$= \frac{T}{2Q}\times(S^2cs + (Q-S)^2cr + cp)$$

On pose

$$\text{N}=\frac{D}{Q} = \frac{\theta}{T}$$

$$\text{C (Q, S)} = [[\frac{T}{2Q}(S^2cs + (Q-S)^2cr)] \times\frac{\theta}{T} + \frac{cp\times D}{Q}]$$

$$= \frac{\theta\times S^2\times cs}{2Q}+\frac{(Q-S)^2\times\theta\times cr}{2Q}+\frac{cp\times D}{Q}$$

$$= \frac{S^2}{2} \times \frac{cs\times\theta}{2}+\frac{(Q-S)^2}{2} \times \frac{cr\times\theta}{2} \times \frac{cp\times D}{Q}$$

$$= \frac{S^2.\theta}{2Q}\frac{cs.\theta}{Q} + \frac{Q^2}{2}\frac{cr\times\theta}{Q} + \frac{S^2}{2}\frac{cr\times\theta}{Q} - \frac{2.S.Q.cr.\theta}{2Q} + \frac{cp.D}{Q}$$

$$= \frac{S^2.\theta}{2Q}(cs + cr) + \frac{Q}{2}(cr.\theta) - S.cr.\theta + \frac{cp.D}{Q}$$

Afin de trouver la quantité économique :
On dérive à l'ordre 1 par rapport à Q et S :

$$\frac{\Delta CT}{\Delta Q}(Q,S) = -\frac{S^2 \times \theta}{2Q^2}(cs + cr) + \frac{1}{2}\times cr \times \theta - \frac{cp \times D}{Q^2}$$

$$\frac{\Delta CT}{\Delta S}(Q,S) = \frac{2S}{2}\frac{\theta}{Q}[cs + cr] + 0 - cr \times \theta$$

$$= \frac{S \times \theta}{2}[cs + cr] - cr \times \theta$$

Pour trouver l'extrémum il faut déterminer (Q, S) et résoudre le système suivant :

$$-\frac{S^2}{2}\frac{\theta}{Q^2}(cs + cr) + \frac{1}{2}cr \times \theta - \frac{cp \times D}{Q} = 0,$$

$$\frac{S\theta}{Q}(cs + cr) - cr\theta = 0,$$

$$\frac{S}{Q} = \frac{cr}{cs + cr}$$

$$S = \frac{cr}{cr+cs} \times Q$$

Posons

$$\rho = \frac{cr}{cr+cs}$$

On a :
cr > 0, cs > 0 Donc
0 < ρ < 1
ρ est le taux de défaillance " la durée pendant laquelle le stock est actif "
ρ=1 si cr → ∞ Alors nous aurons :

$$S = \rho \times Q$$

Nous avons déjà conçu :

$$\frac{T_1}{T} = \frac{S}{Q} = \rho$$

$$\frac{T_2}{T} = 1 - \rho$$

$$-\frac{S^2 \times \theta}{2Q^2} \times (cr + cs) + \frac{cr \times \theta}{2} - \frac{cp \times D}{Q^2} = 0$$

$$= -\frac{S^2}{2} \times \theta(cr + cs) + \frac{cr \times \theta \times Q^2}{2} - cp \times D = 0$$

$$= -S^2 \times \theta \times (cr + cs) + cr \times \theta Q^2 - 2Cp \times D = 0$$

$$Q^2 \times \theta \times cr = S^2 \times \theta \times (cr + cs) + 2 \times cp \times D$$

$$Q^2 = S^2(cr + cs) \times \frac{1}{cr} + \frac{2cp \times D}{cr \times \theta}$$

$$Q^2 = \frac{cs + cr \times Q^2}{cr} \times \frac{cr^2}{(cs + cr)^2} + \frac{2cp \times D}{cr \times \theta}$$

$$Q^2 = \rho \times Q^2 + \frac{2cp \times D}{cr \times \theta}$$

$$Q^2 - \rho \times Q^2 = \frac{2cp \times D}{cr \times \theta}$$

$$Q^2 \times (1 - \rho) = \frac{2cp \times D}{cr \times \theta}$$

$$Q^2 = \frac{2cp \times D}{cr \times \theta} \times \frac{1}{1 - \rho}$$

Nous pouvons voir facilement que :

$$\frac{1}{1 - \rho} = \frac{cr + cs}{cs}$$

Ce que nous conduit à dire :

$$Q^2 = \frac{2cp \times D}{cr \times \theta} \times \frac{cr + cs}{cs}$$

$$= \frac{2cp \times D}{cs \times \theta} \times \frac{cr + cs}{cr}$$

$$= \frac{2cp \times D}{cs \times \theta} \times \frac{1}{\rho}$$

Finalement nous pouvons conclure que :

$$Q = \pm\sqrt{\frac{2cp\times D}{cs\times\theta}} \times \frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

On retient la valeur positive :

$$Q = \sqrt{\frac{2cp\times D}{cs\times\theta}}\ \frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

$$Q_{ecp} = Q_{ec} \times \frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

$$S_{ecp} = Q_{ecp\times\rho}$$

Preuve :

$$\text{Ip(S)} = \textstyle\sum_{x=0}^{S-1}(S-x)P(X=x)$$

$$=\textstyle\sum_{x=0}^{S}(S-x)P(X=x)$$

$$=\textstyle\sum_{x=0}^{\infty}(S-x)P(X=x) - \sum_{x=S+1}^{\infty}(S-x)P(X=x)$$

$$=\text{S}\textstyle\sum_{x=0}^{\infty}P(X=x) - \sum_{x=0}^{\infty}xP(X=x) + \sum_{x=S+1}^{\infty}(x-S)P(X=x)$$

$$= \text{S} - \bar{X} + \text{Ir(S)} \qquad (2.6)$$

Ou $\bar{X}$ est la moyenne de la demande X.

Condition d'optimalité :

Le coût de gestion étant une fonction convexe, le stock optimal S^*est celui pour lequel le coût de gestion est inférieur à celui des stocks, c'est-à-dire que :

C (S^*) < C $(S^* + 1)$

C (S^*) < C $(S^* - 1)$

Ou encore

C $(S^* + 1) - C(S^*) > 0$

C $(S^*) - C(S^* - 1) < 0$

En remplaçant (2.6) dans l'expression du cout de gestion (2.4) on observe que :

$$\text{C(S) = Cp(S}-\bar{X}\text{) + (Cr +Cp) Ir(S) +Cc}$$

De (2.5) on obtient :

$$\text{Ir(S +1) –Ir(S) = –P(X > S).}$$

On fait donc une étude de la déférence des couts de stock successif :

$$\text{C(S+1) –C(S)}$$

On trouve alors :

$$\text{C(S+1) – C(S) = Cp – (Cr + Cp) P(X > } S^*\text{)}$$

$$\text{C(S–1) – C(S) = Cp – (Cr + Cp) P(X > } S^* - 1\text{)}$$

En tenant compte des conditions d'optimalité on cherche S^* telle que :

$$P(X > S^*) < \frac{Cp}{Cp+Cr} < P(X > S^* - 1).$$

Preuve :

Le calcul du cout de gestion est extrêmement compliqué (le résultat analytique reste un challenge). C'est la raison pour laquelle, nous émettons une hypothèse simplificatrice, à savoir que la rupture se faisant en fin de période permet d'effectuer des calculs simplifiés. Sous cette hypothèse, le stock varie entre 0 et S donc :

Si x > S $Ip(S) = \frac{S}{2}$ on aura alors :

$$Ip(S) = \int_0^S (S - \frac{x}{2}) f(x)d(x) + \int_S^\infty \frac{S}{2} f(x)d(x)$$

On peut maintenant tirer l'expression Ip(S) en fonction d'Ir(S) :

$$Ip(S) = \int_0^S (S - \frac{x}{2}) f(x)d(x) + \frac{S}{2}\int_S^\infty f(x)d(x)$$

$$= \frac{S}{2}\int_0^\infty f(x)d(x) + \frac{1}{2}\int_0^S (S - x) f(x)d(x)$$

$$= \frac{S}{2} + \frac{1}{2}[\int_0^\infty (S - x) f(x)d(x) - \int_S^\infty (S - x) f(x)d(x)]$$

$$= \frac{S}{2} + \frac{S}{2} - \frac{\bar{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2}$$

On obtient donc la relation suivante :

$$Ip(S) = S - \frac{\bar{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2}$$

On peut donc exprimer C(S) en fonction du seul Ir(S) :

$$C(S) = CpIp(S) + CrIr(S)$$

$$= Cp[S - \frac{\bar{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2}] + CrIr(S)$$

D'où finalement :

$$C(S) = Cp(S - \frac{\bar{X}}{2} + (Cr + \frac{Cp}{2}) Ir(S)$$

Preuve :

Il suffit d'annuler la dérivée première

$$\frac{dC(S)}{dS} = Cp + (Cr + \frac{Cp}{2})\frac{dIr(S)}{dS}$$

$$= Cp + (Cr + \frac{Cp}{2})[-P(X > S^*] = 0$$

D'où

$$P(X > S^*) = \frac{Cp}{Cp + \frac{Cp}{2}}$$

Pour une valeur Q quelconque, le coût total de gestion de stock s'obtient en remplaçant la quantité économique Q_{ec} donnée par la formule (2.3) dans la fonction de coût total donné on (2.2) ; on a alors :

$$CT\ (Q_{ec}) = = \frac{D}{\sqrt{\frac{2\times CP\times D}{cp\times \theta}}} \times cp + \frac{\sqrt{\frac{2\times cp\times D}{cp\times \theta}}}{2} \times cs \times \Theta$$

Alors

$$CT\ (Q_{ec}) = \sqrt{2cp \times D \times cs \times \theta} = cs \times \Theta \times Q_{ec}$$

Au voisinage de Q_{ec} par exemple lorsqu'on considère α × Q_{ec} avec α proche de 1, le coût total s'écrit :

$$CT\ (\alpha\times Q_{ec}) = = \frac{D}{\alpha\times Q_{ec}} \times cp + \frac{\alpha\times Q_{ec}}{2} \times cp \times \Theta$$

Pour comparer entre les deux couts CT (Q_{ec}) et CT (α×Q_{ec}) :

Nous posons

$$R = \frac{CT(\alpha\times Q_{ec})}{CT(Q_{ec})}$$

$$R = \frac{\frac{D\times cp}{\propto\times Q_{ec}} + \frac{\propto\times Q_{ec}\times cs\times \theta}{2}}{cs\times \theta\times Q_{ec}}$$

$$= \frac{D\times cp}{\propto\times Q_{ec}} \times \frac{1}{cs\times \theta\times Q_{ec}} + \frac{\propto\times Q_{ec}\times cs\times \theta}{2} \times \frac{1}{cs\times \theta\times Q_{ec}}$$

$$= \frac{2D\times cp}{cs\times \theta} \times \frac{1}{2\times\propto\times Q^2{}_{ec}} + \frac{\propto}{2}$$

$$= \frac{Q^2{}_{ec}}{2\times\propto\times Q^2{}_{ec}} + \frac{\propto}{2}$$

$$= \frac{1}{2\propto} + \frac{\propto}{2}$$

Ainsi R est proche de 1. On constate alors que le cout total varie faiblement autour de la quantité économmique .

4 Présentation de l'entreprise

Suite à la reconfiguration des entreprises publiques économiques du textiles relevant du portefeuille de la SGP Industries Manufacturières en deux entreprises publiques économiques dont l'une a été organisée sous forme de société par actions, non affiliés composée de sept (07) entreprises qui seront érigées en unité de production, dont le capital social sera détenu à 60% par l'EPIC – EHC du ministére de la Défense National (MDN) et à 40% par la SGP Industries Manufacturières. Les sept (07) unités sont :

5 *COTITEX Batna*
6 *COTONNIERE DE Tizi Ouzou*
7 *DENITEX Sebdou*
8 *ICOTAL Bejaïa*
9 *LASA Souk Ahras*
10 *SOITEX Tlemcen*
11 *TINDAL M'Sila*

12 Présentation du complexe

Le complexe de Draa Ben Khedda s'étend sur une superficie totale de 28 hectares dont 14,5 couverts.

Elle est composée d'une filature, d'un tissage et d'un finissage fermé à l'heure actuelle. A l'origine l'unité de Draa Ben Khedda est un complexe intégré, c'est-à-dire qu'à partir de la matière première on obtient un produit fini prêt à être confectionner.

Le processus technologique textile se Composé de trois (03) parties :

13 *Le processus technologique de la Filature.*
14 *Le processus technologique du Tissage.*
15 *Le processus technologique du Finissage.*

16 Le processus technologique de la Filature

17 Schémas du processus technologique de la Filature

FILATURE

Battage

Cardage

Banc d’étirage

Banc à broches

Continu à filer

Bobinoir

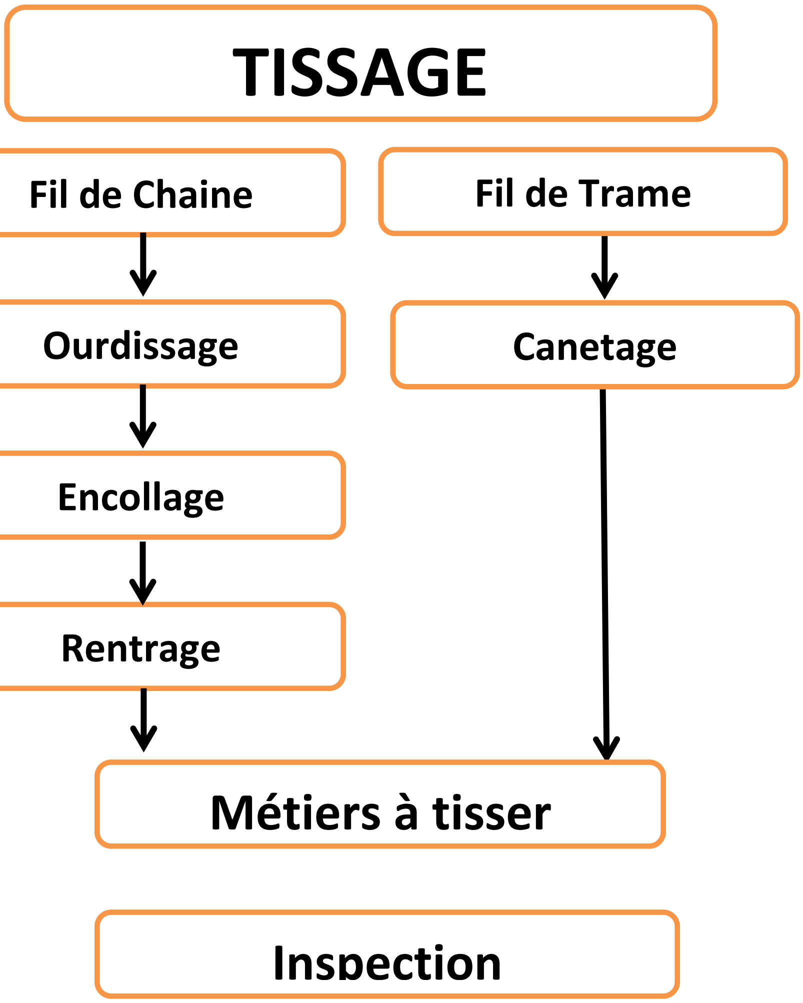
Doublage

Magasin fils

Retordage

18 Le processus technologique du Tissage

19Schémas du processus technologique du Tissage



20 Le processus technologique du Finissage.

21Schémas du processus technologique du Finissage