République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l’Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة بجاية
Tasdawit n Bgayet
Université de Béjaïa

Université Abderrahmane Mira de Béjaïa
Département Mathématiques

Mémoire de fin d’études

En vue de l’obtention du diplôme de Master en Mathématiques
Option Statistique et Analyse Décisionnelle

THÈME

Méthodes Mathématiques de la Gestion de Stocks

Entreprise CeVital

Réalisé Par :

- M^{lle} ARKAM Djamila
- M^{lle} KADI Yasmina

Membres de jury :

RAHMANI.S	M.C.A	Président	U. A/ Mira Béjaïa
GUEBLI.S	M.C.B	Examinatrice	U. A/ Mira Béjaïa
BOURAINE.M	M.A.A	Promoteur	U. A/ Mira Béjaïa
OUKIL.M	Invité		CeVital

juin 2016

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 BOURAINE.M

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.

Veillez croire en notre profond respect.

Mr RAHMANI.S

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de présider et juger ce travail, veillez trouver ici le témoignage de nos plus vifs remerciements.

Mme GUEBLI.S

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter de juger ce travail, veillez trouver ici le témoignage de nos remerciements les plus sincères.

Mr OUKIL.M

Vous nous avez fait l'honneur d'accepter notre encadrement au sein de l'entreprise CeVital, de nous avoir soutenu et collaborer avec nous, veillez trouver ici le témoignage de nos plus vifs remerciements.

Dédicace

Je dédie ce travail :

Ames chers parents

Ames chers grands parents

A ma chère sœur Mira et mon cher frère RAYAN.

A mes chères cousines et chers cousins

A toute ma famille.

A tous mes amis(es).

KADI.Y

Dédicace

Je dédie ce travail :

Ames chers parents

A ma chère sœur FATIMA et ma belle sœur NAIMA.

A mes chers frères MOURAD et SALIM.

A ma chère petite nièce DAMIA_DJAMILA

A toute ma famille.

A tous mes amis(es).

ARKAM .Dj

Table des matières

Table des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Durant les périodes économiques les moins favorables, les entreprises voient généralement leurs entrées de fonds diminuer. Néanmoins, certaines entreprises sont tenues de conserver des niveaux de stocks assez élevés afin d'offrir un excellent service à la clientèle. Dans un tel contexte, l'importance de bien gérer les stocks est cruciale.
Autre fait intéressant, la gestion de stocks n'est désormais plus perçue comme une discipline étroite et simplement associée à des problématiques précises comme la détermination des quantités à commander. Les gestionnaires constatent que le bagage de connaissances nécessaire à la gestion de stocks augmente au fil des ans. Il est commun d'affirmer que les stocks sont un mal nécessaire.
Il est donc temps de faire la lumière sur les activités de gestion de stocks dans les différentes entreprises (secteur public, secteur privé). Plusieurs questions peuvent ainsi être soulevées. Quelles sont les méthodes ou techniques utilisées pour gérer les stocks dans les entreprises ? Quels sont les objectifs fixés par les directions ? Quel est le degré de formalisation des méthodes utilisées ?
Notre travail s'articulera principalement autour de ces notions. Fondamentalement, nous tenterons de répondre à la question managériale suivante : Quelles sont les différentes méthodes mathématiques, qui permettent une saine gestion des stocks dans l'entreprise.
Ce mémoire est organisé comme suit :
Le chapitre 1 s'attarde à définir les concepts de base de stock et de gestion de stocks de même que leurs objectifs et les différents coûts. Il fait aussi mention des disciplines de la gestion de stocks. Il recouvre aussi une présentation précise des méthodes de classement d'articles.
Le chapitre 2 est très important, puisqu'il présente et explique la variété 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 s'organise de la même manière que le chapitre précédent c'est-à-dire en tenant compte de la nature de la demande mais en étudiant le cas de plusieurs produits dans le cas déterministe et stochastique. Ce chapitre s'articulera sur les méthodes suivantes : Modèle de base WILSON pour plusieurs objets ; Modèle d'approvisionnement Echelonné.
Le quatrième est dernier chapitre est consacré à l'application de quelques méthodes de gestion de stocks sur des données réelles recueillies au niveau du complexe CeVital.
Ce dernier chapitre s'articulera sur la présentation de CeVital, en particulier Supply chaine, le service ou nous avons effectué notre stage ainsi que la description du mouvement et la manière dont ils gèrent leurs stocks.
Selon la nature des données collectées, nous allons passer à l'application des méthodes proposées dans les chapitres précédents.
Puis nous allons comparer les résultats obtenus, avec ceux qui existe déjà afin de tester la pertinence et l'efficacité des méthodes de gestion de stocks que nous avons proposées.

Chapitre 1

Notions de base de gestion de stocks

1.1 Introduction

Ce chapitre introduit la notion de stock : type de stock, fonction de stock, ainsi que les avantages et les inconvenients du stock. Comme il introduit aussi le concept de gestion de stock : ses activités, ses objectifs et ses coûts.

1.2 Définitions et concepts de base

1.2.1 Définition de la notion de stock

Larousse définit le stock comme étant l'ensemble des marchandises disponibles sur un marché ou dans un magasin. Il s'agit de l'ensemble des marchandises qui sont la propriété de l'entreprise.
On peut simplement dire qu'un stock est une provision de produits en instance de consommation. autrement dit c'est une quantité d'articles, où ensemble de matériels détenus par l'entreprise entre la mise à déposition et l'utilisation.
Le stock est utilisé pour faciliter ou pour assurer la continuité de l'activité. Il permet de faire en sorte que tout ce qui peut être nécessaire à un moment donné soit disponible.
C'est une quantité d'articles, où ensemble de matériels détenus par l'entreprise entre la mise à déposition et l'utilisation.

1.2.1.1 types de stock

✠ **en fonction de leur nature**

- Stock de produits finis ;
- Stock de produits semi-finis ;
- Stock de matières premières ;
- Stock de maintenance ;
- Stock d'outils.

✠ **en fonction de leurs destinations**

- Stock affecté (ou réserve) ;
- Stock commun .

1.2.1.2 la fonction des stocks

On constitue les stocks pour différentes raisons :

✠ **Raisons économiques :** plaçons-nous dans la situation d'une unité de production ; le lancement de la production entraîne des coûts appelés coûts de lancement : réglage des machines, organisation des équipes, ...
Pour minimiser ces coûts, l'entreprise est amenée à produire la plus grande quantité possible afin d'éviter de supporter ces coûts à chaque fois en produisant de petites quantités. Par contre, cette quantité que l'entreprise produira ne se vendra pas très vite, ce qui l'obligera de la stocker.
En général, l'entreprise a toujours intérêt à produire en grande quantité, car ceci lui permet de répartir les coûts fixes de la production sur un nombre important de produits ; d'où la diminution du coût de revient par unité : c'est ce que l'on appelle le phénomène d'économies d'échelle.

✠ **Raisons de sécurité :** lorsque les marchés sur lesquels l'entreprise s'approvisionne sont caractérisés par une certaine instabilité, (conflits armés, conditions climatiques variables) il est de l'intérêt de l'entreprise de constituer des réserves (stocks) pour faire face aux imprévus. D'autre part, la demande des clients de l'entreprise est généralement variable. Un stock de sécurité est alors constitué pour faire face à cette variabilité.

✠ **Raisons financière :** le prix des matières premières est sujet à des fluctuations souvent importantes dues aux variations de l'offre et de la demande. Lorsque les prix sont bas l'entreprise achète des quantités qui dépassent ses besoins et elle les stocks, pour ne pas être obligée d'en acheter lorsque les prix augmentent de nouveau.

✠ **Raison techniques :** le stockage est parfois indispensable au diffirents procédés, comme par exemple, le séchage du bois, l'affinage des fromages ou le vieillissement des vins et spiritueux.

1.2.1.3 Avantages et inconvénients

Il est nécessaire pour toute entreprise d'avoir des produits en stock afin de mieux assurer la continuité de la production. Néanmoins, ce procédé n'a pas que des avantages.

✠ **Utilité du stock**

- Réguler le processus de production ;
- Spéculer ;
- Se prémunir contre les aléas de livraison (délais trop importants par exemple) ;
- Prévoir la demande future (avantage concurrentiel).

✠ **inconvénients du stock**

- Périssabilité de certains produits ;
- Risque de détérioration sur l'aire de stockage ;
- Immobilisation de moyens financiers importants ;
- Immobilisation de surface ;
- Risque de désuétude de certains produits .

1.3 gestion de stocks

1.3.1 Définition de la gestion des stocks

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 composants, des articles dans le but de satisfaire, dans les conditions les plus économiques, les besoins de la production et de la vente[18].

1.3.1.1 Les activités de la gestion de stocks

La gestion de stocks soulève trois grandes questions [15] :

Quoi commander, quand commander et combien commander ?

- **Quoi commander ?** Cette question nous ramène au contrôle du niveau des stocks pour chacun des articles. Les activités du gestionnaire s'orientent autour de la recherche, de l'organisation et du traitement d'informations touchant le niveau des stocks et la nature de ceux-ci.

Cette information doit, en principe, être d'une grande précision afin :

✠ D'éviter les situations de rupture de stocks ou de sur-stockage ;

✠ D'organiser et contrôler l'inventaire périodique .

- **Quand commander ? :** Cette question illustre la problématique décisionnelle entourant la détermination des dates de réapprovisionnement.

Pour déterminer le moment opportun de lancement d'une commande certaines méthodes reposent sur l'utilisation du point de réapprovisionnement :

✠ Intervalles de réapprovisionnement variables ;

✠ Intervalles de réapprovisionnement fixes.

Le calcul de ce dernier tient généralement compte de trois facteurs :

✠ La durée du délai de livraison ;

✠ Le taux moyen de la demande ;

✠ La variabilité de la demande ;

- **combien commander ?**

Cette question s'articule autour de la détermination des quantités à commander et des stocks de sécurité.
Pour ce faire, le gestionnaire détermine, grâce à des méthodes quantitatives ou qualitatives, les quantités qui feront l'objet de la prochaine commande. Elles sont donc fixées sur la base de plusieurs considérations :

- ✠ La demande moyenne durant le délai de livraison ;
- ✠ La quantité optimale devant être maintenue à l'entrepôt ;
- ✠ Les coûts de maintien en stocks et les coûts de commande.

1.3.1.2 Les objectifs de la gestion des stocks

✠ Répondre à la demande :

Avoir du stock permet toujours à l'entreprise de répondre à la demande. le cas contraire, mène celle-ci à la perte d'un chiffre d'affaire considérable

✠ Réduire le prix de revient :
Acheter en grandes quantité permet à l'entreprise de bénéficier de remises et d'augmenter le coût de revient mais sous la contrainte du coût de stockage. Par exemple : le risque de mortalité, et le risque de perte de caractéristiques d'un produit.

✠ Réduire les délais de livraison :
Avoir le produit le plus vite possible (produit saisonnier), et éviter les fluctuations des prix.

1.3.1.3 Les coûts liés au stock :

La minimisation du coût global de stockage est l'un des objectifs prioritaires de nombreuses entreprises, notamment celles dont les stocks de distribution sont par nature élevés. Il est donc indispensable d'étudier avec précision les composantes de ce coût de stockage, et notamment [3] :

- le coût de possession du stock moyen ;
- le coût de passation des commandes ;
- le coût de rupture lorsque le stock ne permet plus de satisfaire la demande ;

- éventuellement, le coût des produits invendus.

✠ Le coût de stockage physique

Dans la mesure où l'entreprise détient physiquement le stock de produits, cela va avoir un coût en termes de loyers d'entrepôts, de chauffage ou réfrigération, d'impôts locaux, de salaires des magasiniers, de polices d'assurance, etc. Bien que certains de ces coûts soient fixes, et d'autres variables, il est classique de considérer l'ensemble des coûts de stockage physiques comme des coûts variables. Pris globalement, le coût de stockage physique peut être exprimé, soit en unités monétaires par produits stockés et par unité de temps, soit en pourcentage du prix du produit sur une période donnée.

✠ Le coût de passation des commandes

Il s'agit principalement des coûts administratifs forfaitaires occasionnés par le passage d'une commande (établissement des bons de commandes, bordereaux d'envoi, réception des marchandises, contrôles et suivis des commandes, etc.). Ces coûts sont considérés comme fixes. Il faudrait aussi ajouter les coûts indirects liés à la mise en fabrication parfois nécessaire : coûts de réglage des machines, coûts des tests, etc. Là encore, ces coûts sont assimilés à des frais fixes.

✠ Le coût de rupture ou de pénurie

C'est certainement le coût le plus difficile à évaluer dans la mesure où la rupture de stock peut avoir deux conséquences :

- Soit la vente non réalisée est reportée à la période suivante, En théorie, ce coût est fonction du nombre d'unités manquantes et de la durée de la rupture.
- Soit la vente non réalisée est définitivement perdue : dans ce cas, le coût de rupture correspond au manque à gagner lié à l'article demandé mais non fourni. Ce manque à gagner est constitué de la marge unitaire sur coût d'achat habituellement réalisée sur le produit et de la dépréciation de l'image de l'entreprise.

1.4 Les méthodes de classements des articles :

Pour avoir une fine gestion des stocks, les entreprises retiennent fréquemment une méthode simple de classement des composants 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. Elle (Il) a été élaborée par l'économiste italien VILFREDO PARETO à la fin du 19éme siècle. C'est un principe de probabilité qui s'applique à un grand nombre de domaines.
Dans le domaine de gestion des stocks, (20%) de composants assurent (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 composants en deux parties ; et en réalité ,il existe trois parties telles que la troisième est un résidu qui prend place entre les composants prioritaires et les articles secondaires. Et c'est ce qui s'appelle la méthode de classement ABC.

- **Répartition des articles suivant la méthode ABC :**

Classons, par exemple les n articles en stock dans l'ordre des valeurs décroissantes des consommations ou stockage en une période de temps T fixe et cumulons les pourcentages des résultats. Ce qui se résume sur la figure suivante [9] :

Rang	Nombre cumulés des articles en %	Désignation de l'article	Valeur de consommation ou stockage en période T fixe		
			De l'article	cumulée	Cumulé en %du total
1 2 3 4 20%	1/n 2/n 3/n 4/n	L B J C	W1 W2 W3 W4	W1 W1+W2 W1+W2+W3 W1+W2+W3+W4	W1/n W1+W2/n W1+W2+W3/n W1+W2+W3+W4/n 80%
i 30%	i/n	T	Wi	W1+…+Wi	W1+…+Wi/n 15%
n -1 n-2 n 50%	(n -1)/n (n -2)/n 100%	P S E	W n -1 W n -2 W n	W1+…+Wi+…+ W n -1+ W n -2+ W n = W	W/n 5%

FIG. 1.1 – Principales caractéristiques de la méthode ABC

Ce mode de classement des articles ne fait que reprendre la " Distribution de Pareto". On constate généralement que :

• les premiers 20% d'articles font environ 80 %du critère de choix (tranche A) articles prioritaires.

• Les 30 % d'articles suivants font environ 15 % du critère de choix (tranche B) articles secondaires.

• et que, en conséquence, 50% des articles ne font que 5% du montant total du critère de choix (tranche C) articles résidus.

Ce précèdent passage se résume dans la figure suivante :

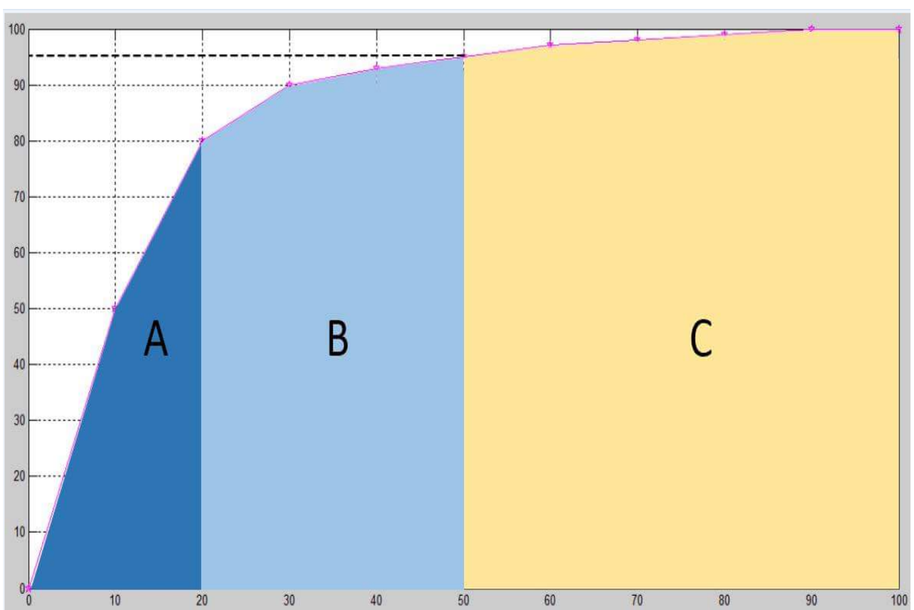

Fig. 1.2 – Courbe ABC

- **Problématique :**

Cet outil d'aide à la décision nous mène à une notion de gestion sélective des stocks, en fonction de l'importance de la valeur de consommation ou de stockage de chaque article. Mais cette seule répartition des articles en trois tranches n'est pas suffisante pour résoudre complètement le problème qui se pose à un gestionnaire des stocks :

✠ Quand faut-il commander ?
✠ Combien faut-il commander ?

Dans ce cas, nous devons passer à d'autres méthodes plus précises pour déterminer les moments de commande et la quantité à demander, de sorte à minimiser les différents coûts que cela risque d'engendrer : le coût de commande, coût de maintien du stock, le coût de pénurie, ...

Les définitions et les classifications élémentaires seront suivies par l'étude détaillée des différentes fonctions des stocks, affirmant au passage leur utilité.

Notre attention se portera ensuite sur le fonctionnement théorique du stock et des approvisionnements à travers l'étude des modèles génériques de gestion des stocks.

Nous aborderons enfin la description des divers coûts que l'entreprise doit prendre en considération lorsqu'elle souhaite optimiser sa gestion des stocks et des approvisionnements.

Chapitre 2

Les méthodes de gestion de stock mono-produit

2.1 Introduction

Une entreprise doit posséder en temps voulu les matières et les produits nécessaires à la production, à la maintenance et à la vente. Pour cela, il faut déterminer quelles quantités à commander et à quelles dates, afin que le coût global soit le moins élevé possible. Pour cela des méthodes de gestion de stocks ont été développées [9].
Différents modes d'approvisionnement s'articulent autour de deux paramètres :

- la quantité à commander peut être fixe ou variable ;
- le réapprovisionnement auquel il peut être procédé à périodes fixes ou variables.

Cette situation est résumée dans le tableau suivant :

Combien ?	Quand ?	
	Période fixe	Période variable
Quantité fixe	Cas particulier : Modèle de Wilson	Gestion à point de commande
Quantité variable	Gestion à niveau de recomplètement	Assez rare

Tab. 2.1 – Modèles générique de gestion de stock

En gestion de stock on distingue deux types d'articles : ceux qui font l'objet d'une demande dépendante et ceux qui font l'objet d'une demande indépendante.

Une demande est dite dépendante si elle peut être déduite de la demande d'un autre article. Une demande est dite indépendante dans le cas contraire.

Dans ce mémoire, nous nous intéressons aux méthodes de gestion de stocks dans un contexte de demandes indépendantes. Néanmoins, il existe des méthodes mono-produit et des méthodes multi-produits.

Ce chapitre traite principalement des méthodes de gestion de stocks mono-produit. Celles-ci sont partagées en méthodes déterministes et méthodes stochastiques.

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 [22] :

- 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 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 :

$$CT = Cs + Cl$$

***Remarque* 2.2.1.** Suivant la variable recherchée en priorité, cette fonction pourra dépendre de Q, de N, ou de T.

Si on cherche la quantité optimale à commander, on écrit la fonction de coût total en fonction de Q :

$$CT(Q) = Cs(Q) + Cl(Q) \tag{2.1}$$

avec

$$Cs(Q) = \frac{Q}{2} \times P \times t = \frac{Q}{2} \times cs \times \theta$$

et

$$Cl(Q) = \frac{(cp \times D)}{Q}$$

D'où

$$CT(Q) = \frac{Q}{2} \times P \times t + \frac{(cp \times D)}{Q} \tag{2.2}$$

Théorème 2.1. *La quantité économique à commander pour chaque période est la quantité qui minimise la fonction du coût total CT. Ce minimum est atteint en [22] :*

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

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

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

$$Q^2 = \frac{2 \times cp \times D}{p \times t}$$

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

Finalement, on retient la seule valeur positive :

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times cp \times D}{p \times t}} \tag{2.3}$$

Comme la dérivée seconde

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

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 :

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

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

Théorème 2.2. *Le nombre de commande optimal à passer chaque période qui minimise la fonction du coût total CT est donné par :*

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

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

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

Donc

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

Alors

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

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 :

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

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 :

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

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

Théorème 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 :*

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

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

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

Donc

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

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

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 :

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

***Remarque* 2.2.2.** 1) Une fois que l'on a obtenu la valeur optimale Q_{ec}, On peut calculer aisément :

- Le nombre optimal de commandes :$N_{ec} = \frac{D}{Q_{ec}}$,
- Le coût total minimum, en reportant la valeur numérique de Q_{ec} dans l'égalité (2.2).
- 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 :

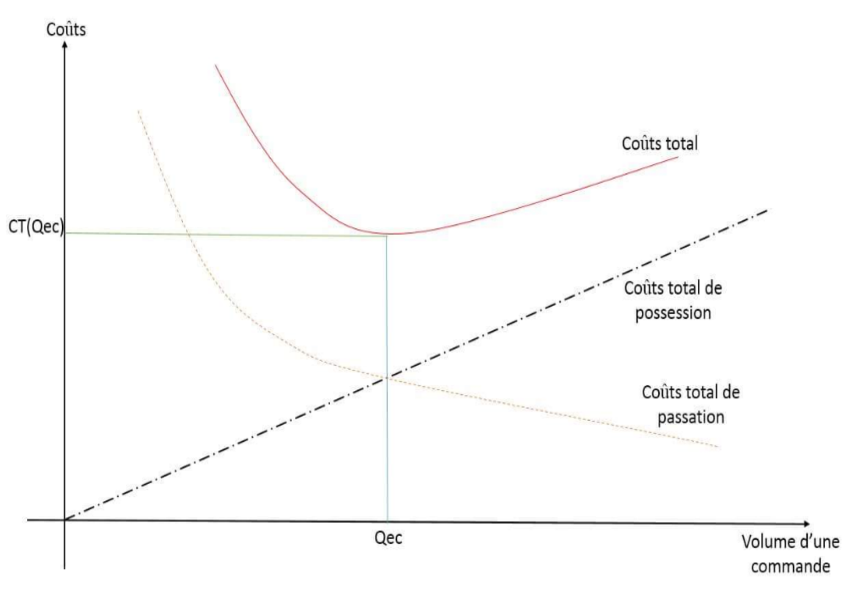

FIG. 2.1 – Graphe de mouvement de la quantité suivant les coûts

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

Théorème 2.4. *Comme l'indique la Figure (4.2), 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 [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 en (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 $\alpha \times Q_{ec}$ 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 coûts $CT(Q_{ec})$ et $CT(\alpha \times Q_{ec})$:

nous posons

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

$$\begin{aligned}
R &= \frac{\frac{D\times cp}{\alpha\times Q_{ec}} + \frac{\alpha\times Q_{ec}\times cs\times\theta}{2}}{cs \times \theta \times Q_{ec}} \\
&= \frac{D \times cp}{\alpha \times Q_{ec}} \times \frac{1}{cs \times \theta \times Q_{ec}} + \frac{\alpha \times Q_{ec} \times cs \times \theta}{2} \times \frac{1}{cs \times \theta \times Q_{ec}} \\
&= \frac{2D \times cp}{cs \times \theta} \times \frac{1}{2 \times \alpha \times Q_{ec}^2} + \frac{\alpha}{2} \\
&= \frac{Q_{ec}^2}{2 \times \alpha \times Q_{ec}^2} + \frac{\alpha}{2} \\
&= \frac{1}{2\alpha} + \frac{\alpha}{2}
\end{aligned}$$

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

✠ **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 [2].

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 :

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

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 coût et minimisation : Il est maintenant possible d'expliciter la fonction de coût, notée CT, somme des trois coûts [2] :
Coût total de passation, coût total de possession et coût total de pénurie :

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

Pour minimiser le coût 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 :

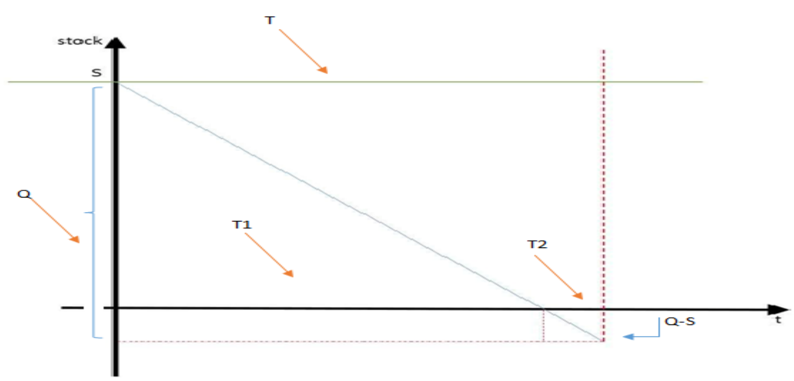

FIG. 2.2 – Variation du stock en cas de pénurie

D : demande (unité) ;
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 [21] :*

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

avec

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

Preuve :

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

$$CT = Cs + Cr + Cp$$

Tel que :

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

Et

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

En appliquant la formule de TALES :

Nous avons :

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

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

Alors :

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

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

On cherche le coût total sur une période :

$$\begin{aligned}
CT(Q,S) &= Cs(Q,S) + Cp(Q,S) + Cr(Q,S) \\
&= \frac{S}{2} \times cs \times T1 + cp + \frac{Q-S}{2} cr \times T2 \\
&= \frac{S}{2} \times cs \times T1 + cp + \frac{Q-S}{2} cr \times T2 \\
&= \frac{(S^2 \times cs \times T)}{2Q} + cp + \frac{(Q-C)^2}{2Q} \times cr \times T \\
&= \frac{T}{2Q} \times (S^2 cs + (Q-S)^2 cr + cp
\end{aligned}$$

On pose

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

$$CT(Q,S) = \left[\frac{T}{2Q} \times (S^2 cs + (Q-S)^2 cr) + cp\right] N$$

On remplace$N$ dans $CT(Q,S)$:

$$\begin{aligned}
C(Q,S) &= \left[[\frac{T}{2Q}(S^2 cs + (Q-S)^2 cr)] \times \frac{\theta}{T} + \frac{cp \times D}{Q} \right] \\
&= \frac{\theta \times S^2 \times cs}{2Q} + \frac{(Q-S)^2 \times \theta \times cr}{2Q} + \frac{cp \times D}{Q} \\
&= \frac{S^2}{2} \times \frac{cs \times \theta}{2} + \frac{(Q-S)^2}{2} \times \frac{cr \times \theta}{2} + \frac{cp \times D}{Q} \\
&= \frac{S^2.\theta}{2Q} \frac{cs.\theta}{Q} + \frac{Q^2}{2} \frac{cr.\theta}{Q} + \frac{S^2}{2} \frac{cr \times \theta}{Q} - \frac{2.S.Q.cr.\theta}{2Q} + \frac{cp.D}{Q} \\
&= \frac{S^2.\theta}{2Q}(cs + cr) + \frac{Q}{2}(cr.\theta) - S.cr.\theta + \frac{cp.D}{Q}
\end{aligned}$$

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned}\frac{S}{Q} &= \frac{cr}{cs+cr} \\ S &= \frac{cr}{cr+cs}\times Q\end{aligned}$$

posons

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

on a :
$cr > 0$,$cs > 0$ Donc

$$0 < \rho < 1$$

ρ est le taux de défaillance " la durée pendant laquelle le stock est actif "
$\rho = 1$ si $cr \longrightarrow \infty$ Alors nous aurons :

$$S = \rho\times Q$$

Nous avons déjà conçu :

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

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

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

$$\begin{aligned}
&= -\frac{S^2}{2}\times\theta(cr+cs)+\frac{cr\times\theta\times Q^2}{2}-cp\times D=0\\
&= -S^2\times\theta\times(cr+cs)+cr\times\theta Q^2-2Cp\times D=0\\
Q^2\times\theta\times cr &= S^2\times\theta\times(cr+cs)+2\times cp\times D\\
Q^2 &= S^2(\times cr+cs)\times\frac{1}{cr}+\frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\\
Q^2 &= \frac{cs+cr\times Q^2}{cr}\times\frac{cr^2}{(cs+cr)^2+}+\frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\\
Q^2 &= \frac{cr\times Q^2}{cr+cs}+\frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\\
Q^2 &= \rho\times Q^2+\frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\\
Q^2-\rho\times Q^2 &= \frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\\
Q^2\times(1-\rho) &= \frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\\
Q^2 &= \frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\times\frac{1}{1-\rho}
\end{aligned}$$

Nous pouvons voir facilement que :

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

Ce que nous conduit à dire :

$$\begin{aligned}
Q^2 &= \frac{2cp\times D}{cr\times\theta}\times\frac{cr+cs}{cs}\\
&= \frac{2cp\times D}{cs\times\theta}\times\frac{cr+cs}{cr}\\
&= \frac{2cp\times D}{cs\times\theta}\times\frac{1}{\rho}
\end{aligned}$$

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 :

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

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

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

Parce que les hypothèses du modèle sont nombreuses et restrictives, le modèle de Wilson peut apparaître comme fragile et d'application particulièrement limitée [9].
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.

2.3 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 où chaque semaine. La quantité commandé est égale à la différence entre le stock résiduelle observé R et le niveau de recomplètement du stock S c'est-à-dire le niveau voulu du stock en début de période T.
Pour calculer le niveau de recomplètement S, il faut tenir compte de [7] :

- 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 recomplètement est alors :

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

Les quantités à commander pour chaque période

Une fois que le niveau de recomplètement 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 :

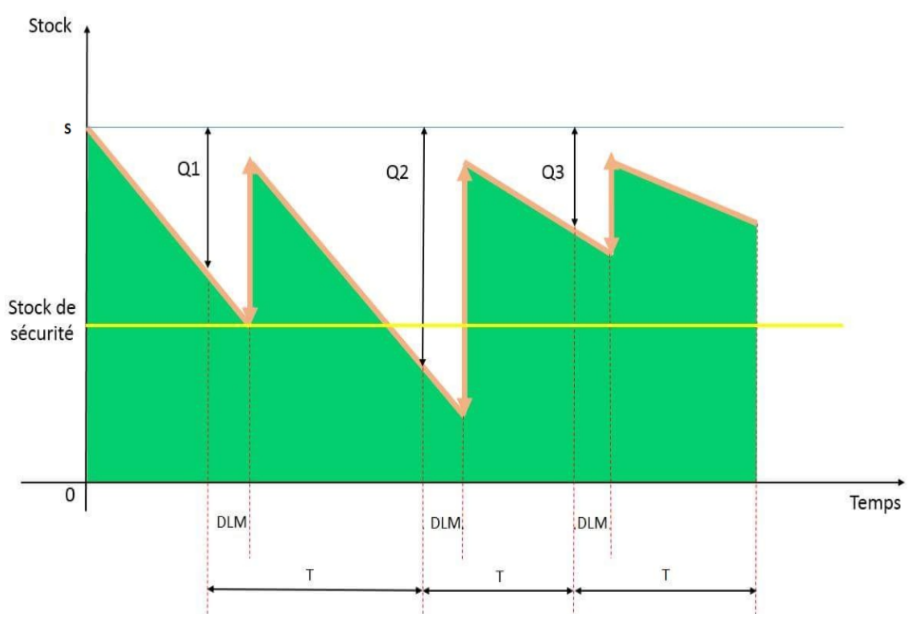

FIG. 2.3 – Méthode de recomplètement

***Remarque* 2.3.1.** Dans le cas de cette méthode, on suppose que la consommation esr réguliére et que la consommation annuelle est connue. Il est possible de fixer la périodicité des commandes à partir de la formule de Wilson.

2.3.1.1 Gestion calendaire des stocks à rotation nulle

On parle de stock à rotation nulle lorsqu'il n'y a pas de report possible des invendus aux périodes suivantes.
L'approvisionnement du stock est déclenché à intervalles réguliers T.
Problème [8] :
Déterminer le niveau du stock initial qui minimise le coût de gestion total, soit la variable de décision S.
S : le niveau de stock voulu ou niveau de recomlètement 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 coût 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 commande 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 :

$$C(S) = CpIp(s) + CrIr(s) + Cc \tag{2.4}$$

Le nombre moyen de rupture est

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

Le stock moyen possédé est

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

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

Théorème 2.6. *Le stock moyen possédé est donné par [17] :*

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

Preuve :

$$\begin{aligned}
Ip(S) &= \sum_{x=0}^{S-1} (S - x)P(X = x) \\
&= \sum_{x=0}^{S} (S - x)P(X = x) \\
&= \sum_{x=0}^{\infty} (S - x)P(X = x) - \sum_{x=S+1}^{\infty} (S - x)P(X = x) \\
&= S\sum_{x=0}^{\infty} P(X = x) - \sum_{x=0}^{\infty} xP(X = x) + \sum_{x=S+1}^{\infty} (x - S)P(X = x) \\
&= S - \overline{X} + Ir(S) \qquad (2.6)
\end{aligned}$$

où $\overline{X}$ est la myenne 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 inferieur à celui des stocks, c'est- à- dire que :

$$\begin{cases} C(S^*) < C(S^* + 1) \\ C(S^*) < C(S^* - 1) \end{cases}$$

où encore

$$\begin{cases} C(S^* + 1) - C(S^*) > 0 \\ C(S^*) - C(S^* - 1) < 0 \end{cases}$$

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

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

De (2.5) on obtient :

$$Ir(S+1) - Ir(S) = -P(X > S).$$

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

$$C(S+1) - C(S)$$

On trouve alors :

$$\begin{aligned} C(S+1) - C(S) &= Cp - (Cr + Cp)P(X > S^*) \\ C(S-1) - C(S) &= Cp - (Cr + Cp)P(X > S^* - 1) \end{aligned}$$

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

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

✠ **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

$$\begin{aligned} Ip(S) &= \int_0^S (S - x)f(x)d(x) \\ &= \int_0^\infty (S - x)f(x)d(x) - \int_S^\infty (S - x)f(x)d(x) \\ &= S - \overline{X} + \int_S^\infty (S - x)f(x)d(x) \\ &= S - \overline{X} + Ir(S) \end{aligned}$$

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 la solution optimale S^*.
On va donc déterminer le S qui minimise : $C(S) = Cp(S - \overline{X}) + (Cr + Cp)Ir(S)$
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 un 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 recomplètement, 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 [17] :

- 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 $x > S$

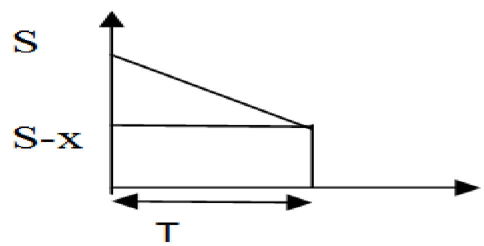

FIG. 2.4 – cas ou $x < S$

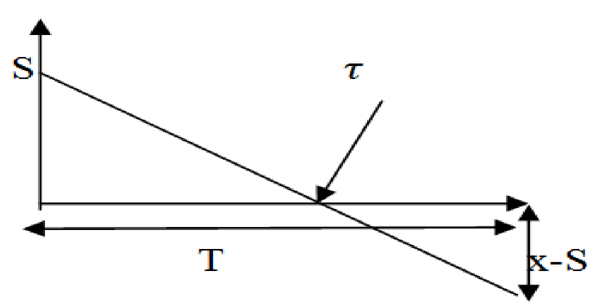

FIG. 2.5 – cas ou $x > S$

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 inférieure à S de celui ou elle est supérieure à S :*

$$\begin{aligned} Ip(S) &= \int_0^S (S - \frac{x}{2}) f(x) d(x) + \int_S^\infty \frac{S^2}{2x} f(x) d(x) \\ &= S - \frac{\overline{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2} \end{aligned}$$

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

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

Preuve :

Le calcul du coût 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'$Ir(S)$:

$$\begin{aligned} Ip(S) &= \int_0^S (S - \frac{x}{2}) f(x) d(x) + \frac{S}{2} \int_S^\infty f(x) d(x) \\ &= \frac{S}{2} \int_0^\infty f(x) d(x) + \frac{1}{2} \int_0^S (S - x) f(x) d(x) \\ &= \frac{S}{2} + \frac{1}{2} [\int_0^\infty (S - x) f(x) d(x) - \int_S^\infty (S - x) f(x) d(x)] \\ &= \frac{S}{2} + \frac{S}{2} - \frac{\overline{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2} \end{aligned}$$

On obtient donc la relation suivante :

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

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

$$\begin{aligned} C(S) &= CpIp(S) + CrIr(S) \\ &= Cp[S - \frac{\overline{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2}] + CrIr(S) \end{aligned}$$

D'où finalement :

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

Théorème 2.8. *Dans le cas d'une loi de demande continue, le niveau optimal de recomplétement S^* est détérminé par la formule suivante [17] :*

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

Preuve :

Il suffit d'annuler la dérivée première

$$\begin{aligned}\frac{dC(S)}{dS} &= Cp + (Cr + \frac{Cp}{2})\frac{dIr(S)}{dS} \\ &= Cp + (Cr + \frac{Cp}{2})[-P(X > S^*] = 0\end{aligned}$$

D'où

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

2) Cas d'une loi de demande discrète :

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

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

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

$$\begin{aligned}Ip(S) &= \sum_{x=0}^{S-1}(\frac{S}{2} + \frac{S}{2} + \frac{x}{2})P(X = x) + \frac{S}{2}\sum_{x=S}^{\infty}P(X = x) \\ &= \frac{1}{2}[\sum_{x=0}^{S}(S - x)P(X = x) + S] \\ &= \frac{S}{2} + \frac{1}{2}\sum_{x=0}^{\infty}(S - x)P(X = x) - \frac{1}{2}\sum_{x=S}^{\infty}(S - x)P(X = x)\end{aligned}$$

D'où finalement

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

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

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

$$\begin{aligned}C(S) &= CpIr(S) + CrIr(S) \\ &= Cp[S - \frac{\overline{X}}{2} + \frac{Ir(S)}{2}] + CrIr(S)\end{aligned}$$

D'où finalement

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

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 coût 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 :

$$C(Q) = Cp\ Ip(Q) + Cc\ Ic(Q).$$

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 :

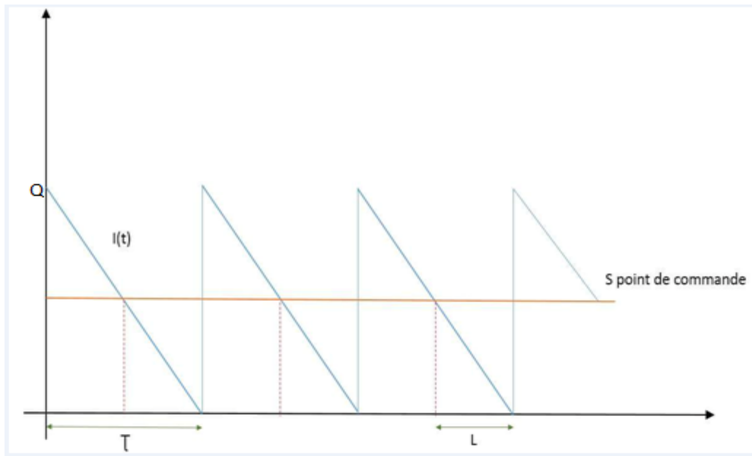

FIG. 2.6 – point de commande

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

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

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

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

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 [7].

- **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 [7] :

- 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 :

$$\sigma_{xD}^2 = D.\sigma_x^2.$$

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

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

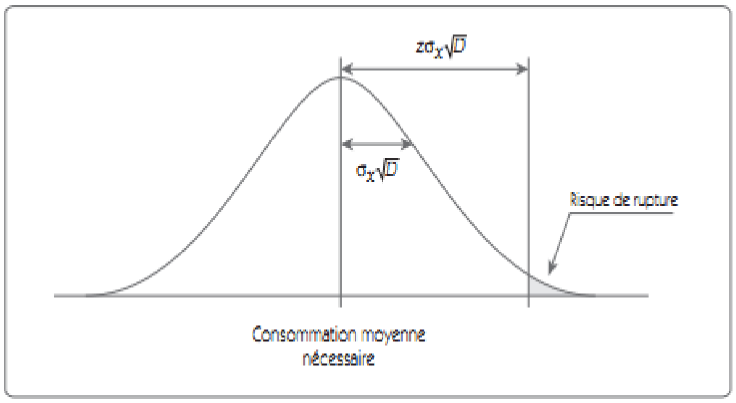

FIG. 2.7 – évaluation statistique du risque de rupture

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'écart type de la variation sur le délai de livraison.
Effectuant un changement de variables jours-consommation :
$\sigma_l(conso) = (consommation/jours).\sigma_l(jours)$

Le stock de sécurité est donc égale à :

$$SS = Z.\sigma_l.$$

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 :

$$\sigma^2 = \sigma_l^2 + D.\sigma_{xD}^2$$

Le stock de sécurité est alors égale à :

$$SS = Z.\sigma$$

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

$$\sigma^2 = \sigma_l^2 + (DLM + T).\sigma_{DLM}^2$$

Le stock de sécurité est alors égal à :

$$SS = Z.\sigma$$

.

- **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.

Méthodologie :
Le problème consiste à prévoir la consommation pendant la durée qui sépare la commande et la réception. D'après l'historique de l'entreprise, on établit par exemple un tableau C comportant les délais d'obtention des 15 dernières commandes et un tableau P des 100 dernières productions journalières. On peut alors déterminer la distribution de la consommation pendant le laps de temps qui s'écoule entre commande et réception, en appliquant le petit algorithme suivant qui consiste à faire des tirages aléatoires des consommations pendant l'historique des délais.

DÉBUT
Pour i : = 1 à 1 000 Faire

Consommation : = 0
Tirer-Hasard Délai dans C
Pour j : = 1 à Délai Faire
Tirer Hasard Production dans P
Consommation : = Consommation + Production
Fin Faire
Distribution[i] : = Consommation
Fin Faire
Tracer histogramme(Distribution)
FIN

✠ **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 [?] :

$$\begin{aligned} DC &= \frac{\text{Quantité économique}}{\text{consommation moyenne journaliére}} \\ &= \frac{Q_{ec}}{C_{mj}} \end{aligned}$$

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 :

$$\text{Délai} = DA - E\left[\frac{DA}{DC}\right] \times DC$$

Le point de commande est donc de :

$$C_{mj} \times \text{Délai} = C_{mj} \times \left(DA - E\left[\frac{DA}{DC}\right] \times DC\right)$$

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

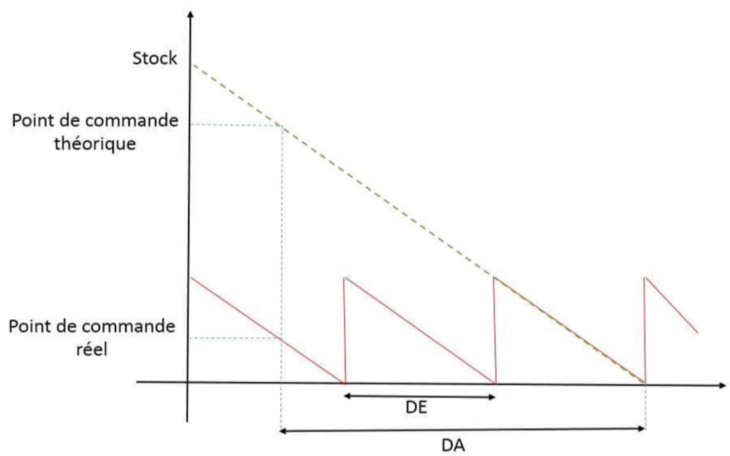

Fig. 2.8 – Modélisation d'approvisionnement en noria

***Remarque* 2.3.2.** Cette méthode ne marche qu'en régime établi. Il faut donc prévoir, en début de fabrication, le stock nécessaire à la couverture du premier délai d'approvisionnement. Il est bien évident, également de préciser que cette méthode ne marche que si la consommation est très régulière. En cas de variation brusque de la demande, on ne peut espérer une livraison qu'après le délai d'approvisionnement.

Chapitre 3

Méthodes de gestion de stock multi-produits

3.1 Introduction

Pour des raisons économiques, l'entreprise peut décider de rationaliser la gestion de ses multiples stocks en regroupant toutes les commandes passées à un même fournisseur sur le même bon de commande. A cet effet des méthodes de gestion de stock multi-produits ont été développées.
Ce chapitre introduit quelques unes de ces méthodes.

3.2 Modèle de Wilson pour plusieurs objets

1) Modèle avec contrainte du nombre maximum de commande
Pour une politique de regroupement généralisé, il est d'abord nécessaire de déterminer le nombre n_{ec} de commandes groupées qui minimise le coût de gestion de stock. Il sera ensuite possible de calculer la quantité optimale à commander pour chaque article [9].
Le coût de gestion de stock s'écrit :

$$CT(n) = n(C_{L1} + \ KC_{L2}) + \sum_{i=1}^{K} \left(\frac{D_i}{2n} \ P_i \ t \right).$$

Il suffit d'annuler la dérivée pour trouver la valeur n_{ec} qui minimise ce coût :

$$\frac{dCT(n)}{dn} = 0 \Leftrightarrow C_{L1} + KC_{L2} - \frac{t}{2.n^2}\sum_{i=1}^{K} D_i\ P_i.$$

On ne retient que la solution positive :

$$n_{ec} = \sqrt{\frac{\sum\limits_{i=1}^{K} D_i\ P_i}{2(C_{L1}\ +\ KC_{L2})}}.$$

À l'occasion de chaque commande, la quantité économique pour chaque produit Q_{ec} est déterminée par le rapport

$$Q_{i\ ec} = \frac{D_i}{n_{ec}}.$$

***Remarque* 3.2.1.** Les paramètres de gestion sont les mêmes que ceux du modèle de base, à l'exception des frais de passation, dont on peut raisonnablement supposer qu'ils sont maintenant formés d'une partie fixe noté Cl_1 et d'une partie variable noté Cl_2

2) Modèle avec contrainte sur la valeur moyenne immobilisée en stock

Afin de limiter les coûts de stockage, les gaspillages et les sommes immobilisées, l'entreprise impose aux services concernés une limitation à la valeur du stock moyen global.

On a pour objectif de minimiser sous contrainte la fonction suivante :

$$\begin{cases} min \sum\limits_{i=1}^{K} CT(q_i) = Cl \sum\limits_{i=1}^{K} \frac{D_i}{q_i} P_i t, \\ Sous\ la\ contrainte : \\ \sum\limits_{i=1}^{K} \frac{q_i}{2} P_i = VMI \Leftrightarrow \sum\limits_{i=1}^{K} \frac{P_i}{2} P_i - VMI = 0, \end{cases}.$$

Avec VMI : valeur moyenne immobilisées souhaitée.

Pour résoudre ce probléme à plusieurs variables sous contrainte, on lui applique les conditions du premier ordre.(Condition de Karush-Kul...)

$L(q_1, q_2, ..., q_K, \lambda) = \sum\limits_{i=1}^{K} CT(q_i) + \lambda(\sum\limits_{i=1}^{K} \frac{P_i}{2} P_i - VMI)$

Les conditions du premier ordre sont donc :

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial q_1} = 0, \\ ..., \\ \frac{\partial L}{\partial K} = 0, \\ \sum\limits_{i=1}^{K} \frac{q_i}{2} P_i = VMI. \end{cases}$$

Donc

$$\begin{cases} -\frac{CL.D_1}{q_1^2} + \frac{P_1 t}{2} + \lambda \frac{P_1}{2} = 0, \\ ..., \\ -\frac{CL.D_K}{q_K^2} + \frac{P_K t}{2} + \lambda \frac{P_K}{2} = 0, \\ \sum\limits_{i=1}^{K} \frac{q_i}{2} P_i = VMI. \end{cases}.$$

Il s'agit d'un système de $K + 1$ équations où les K premières ont la même forme et permettent d'obtenir les K valeurs optimales, notées q_{iec} :

$$q_{iec} = \sqrt{\frac{2.Cl.D_i}{(t + \lambda).P_i}}$$

Dans la dernière équation dans le système en remplaçant q_i par la valeur précédente, on pourra obtenir la valeur du multiplicateur de Lagrange λ :

$$\sum_{i=1}^{K} \frac{\sqrt{\frac{2.Cl.D_i}{(t+\lambda)P_i}}}{2} = VMI$$

En effet après de multiples simplifications, il est possible d'isoler la valeur du multiplicateur :

$$\lambda = \frac{1}{2} CL \left(\frac{\sum\limits_{i=1}^{K} \sqrt{D_i P_i}}{VMI} \right)^2 - t$$

A l'issue d'une longue série de simplifications, le résultat peut être présenté sous forme agréable qui facilite les calcules ultérieurs :

$$q_{iec} = 2W \sqrt{\frac{D_i}{P_i}},$$

en posant :

$$W = \frac{VMI}{\sum\limits_{i=1}^{K} \sqrt{D_i P_i}}.$$

3) Modèle avec contrainte sur la capacité de stockage :

Le capital n'est pas l'unique ressource que l'entreprise souhaite gérer avec la plus grande rigueur dans le cadre d'une stratégie de stockage. Les capacités physiques de stockage ne doivent pas être négligées car elles constituent une donnée incontournable pour toutes politique de stockage et d'approvisionnement.

On a pour objectif de minimiser le coût total de la gestion des stocks sous contrainte d'une surface S donnée.
On a donc :

$$\begin{cases} Min \sum\limits_{i=1}^{K} CT(q_i) = CL \sum\limits_{i=1}^{K} \frac{D_i}{q_i} + \sum\limits_{i=1}^{K} \frac{q_i}{2} P_i t, \\ Sous\ la\ contrainte : \\ \alpha \sum\limits_{i=1}^{K} q_i s_i = S. \end{cases}$$

On pose :

$$\sum_{i=1}^{K} \alpha q_i s_i$$

$$avec : 0 < \alpha < 1$$

On forme alors le lagrangien :
$L(q_1, q_2.........., q_K, \lambda) = \sum\limits_{i=1}^{K} CT(q_i) + \lambda(\alpha \sum\limits_{i=1}^{K} q_i s_i - S)$

Les conditions du premier ordre sont donc :

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\sum q_i} = 0 \Leftrightarrow [\frac{-CL.D_i}{q_i^2}] + [\frac{P_i.t}{2}] + [\lambda \alpha.s_i] = 0 \text{ pour } i = 1, 2...., K \\ \\ \alpha \sum\limits_{i=1}^{K} q_i s_i = S \end{cases}$$

Il s'agit d'un système de K+1 équations où les K première ont la même forme et permettent d'obtenir les K valeurs optimales notées q_{iec} :

$$q_{iec} = \sqrt{\frac{2CL.D_i}{t.P_i + 2.\lambda.\alpha.s_i}}$$

En remplaçant q_{iec} dans la contrainte par la valeur ci-dessus, pour obtenir la valeur de multiplicateur de Lagrange :

$$S = \alpha \sum_{i=1}^{K} s_i \sqrt{\frac{2CL.D_i}{t.P_i + 2.\lambda.\alpha.s_i}}$$

3.3 Modèle d'approvisionnement échelonné

Pour le modèle de base de Wilson, nous avons supposé que la livraison est immédiate, alors qu'il arrive fréquemment que la livraison se calque sur le rythme de la production et donc effectuée par de nombreux transports quotidiens [13].

Comment alors calculer la quantité économique de la commande ?
Soit :

- D : demande moyenne de l'article ;
- Q : quantité d'approvisionnement ;
- P : cadence de livraison ;
- CT : coût total de gestion de stock ;
- CP : coût de possession de stock ;
- CL : coût de lancement de stock.

La demande échelonné est illustrée dans le graphe ci-dessous :

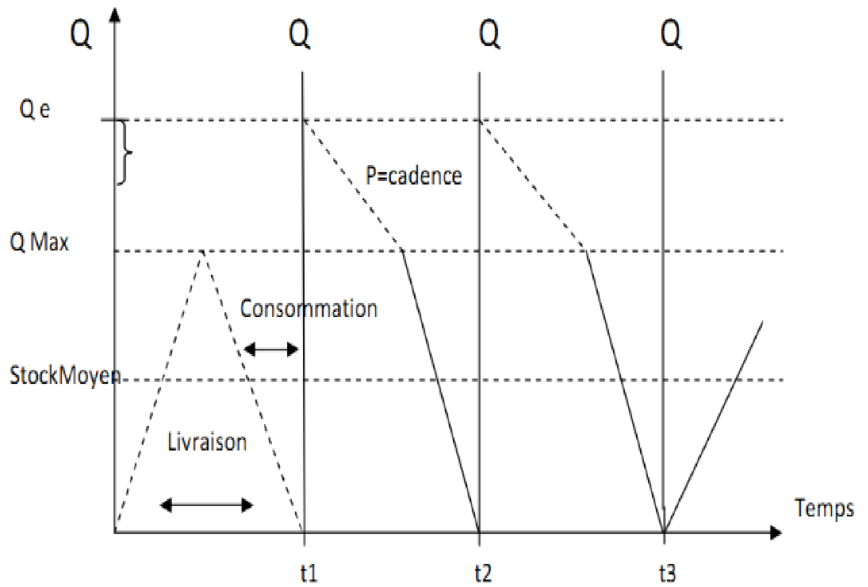

FIG. 3.1 – demande échelonné

Le stock maximum est donné par :

$$\begin{aligned} StockMax &= Q - \frac{Q \times D}{P} \\ &= Q \times (1 - \frac{D}{P}) \end{aligned}$$

Le stock moyen est donné par :

$$\begin{aligned} StockMoy &= \frac{1}{2}(Q - \frac{D}{p}) \\ &= \frac{Q}{2} \times (1 - \frac{D}{P}) \end{aligned}$$

Le coût de lancement d'une commande est donné par :

$$CL(Q) = \frac{D}{Q} \times C_i$$

Le coût de possession est donné par :

$$CP(Q) = \frac{Q}{2} \times (1 - \frac{D}{P}) \times Cu \times Tp$$

La fonction du coût total est donc donnée par :

$$CT(Q) = \frac{D}{Q} \times C_i + \frac{Q}{2} \times (1 - \frac{D}{P}) \times Cu \times Tp$$

Théorème 3.1. *Dans le cas d'une demande échelonné, la quantité économique à commander est donnée par :*

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times D \times C_i}{(1 - \frac{D}{p}) \times C_u \times Tp}}$$

Preuve :

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

$\frac{dCT(Q)}{dQ} = 0 \Leftrightarrow -\frac{D}{Q^2} \times C_i + \frac{1}{2} \times (1 - \frac{D}{P}) \times C_u \times Tp = 0$

$2 \times D \times C_i = Q^2 \times (1 - \frac{D}{P}) \times Cu \times Tp$

On aura alors :

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times D \times C_i}{(1 - \frac{D}{p}) \times C_u \times Tp}}$$

Tels que :

- Ci : coût de commande groupée (article) par commande ;
- Cu : coût unitaire par article du produit (i) ;
- Tp : le taux de possession de stock.

3.4 L'organisation modérne de la gestion du stock :le juste à temps

Depuis la fin des années 70, la complexification de l'environnement et son instabilité conduisent les entreprises à adopter une nouvelle philosophie de gestion de stock d'une inspiration japonaise [23].

Ce modèle de gestion de stock a une démarche d'anticipation et de prévention des risques qui se développe. De nouveaux objectifs, comme la flexibilité et la réactivité, s'imposent alors à l'ensemble des acteurs de l'entreprise dans le cadre d'une logique de gestion en juste à temps(JAT).

3.4.1 Définition de la méthode Juste à temps

Le juste à temps consiste à ne commander les matières premières ou les éléments à assembler qu'au moment de leur utilisation. L'un des objectifs de cette méthode est de supprimer les stocks intermédiaires.
Le juste à temps appelé aussi "5 zéros" Les cinq zéros correspondent à zéro panne, zéro délai, zéro papier, zéro stock et zéro défaut.

3.4.2 Conditions d'application de cette méthode

La méthode du juste à temps ne peut être appliquée que si l'entreprise, les clients et les fournisseurs sont en accord.
L'entreprise doit également :

- bien estimer les besoins en termes de production ;
- s'approvisionner localement pour limiter les frais ;
- s'assurer de la fiabilité du réseau de transport et de livraison ;
- avoir une stricte gestion des stocks et des commandes ;
- s'entourer d'une équipe réactive qui accepte de pratiquer des horaires flexibles.

3.4.3 Avantages et inconvénients

✠ **Avantages de la méthode du juste à temps :**

La méthode du juste à temps est exigeante, mais possède de nombreux avantages puisqu'elle permet de :

- réduire les coûts de stockage ;
- limiter le gaspillage ;
- augmenter la qualité des produits finis.

✠ **Inconvénients de la méthode juste à temps :**

La méthode du juste à temps possède également quelques inconvénients :

- Les fournisseurs doivent pouvoir répondre aux entreprises qui pratiquent le juste à temps et accumuler les stocks à leur place : ils sont donc peu nombreux à accepter.
- Les entreprises qui pratiquent le juste à temps prennent des risques. Pour les minimiser, elles doivent bien s'entourer.
- La méthode de juste à temps est difficile à appliquer pour les entreprises qui n'ont pas de commandes régulières.

Chapitre 4

Présentation de l'entreprise et application

4.1 Introduction

Nous avons appliqué, dans ce chapitre, quelques méthodes de gestion de stocks sur des données réelles colléctées au niveau du complexe CeVital.
Nous avons commencé par la présentation du complexe agroalimentaire CeVital, la gestion de stocks au niveau du service PDR (piéces de rechange), nous avons términé, ce chapitre, par une application.

4.2 Présentation du complexe CEVITAL

4.2.1 Introduction

CeVital est parmi les plus grands complexes agroalimentaires en Algérie. Dans ce présent chapitre nous allons parler de son évolution historique, sa situation géographique, ses multiples activités industrielles, ses principaux objectifs, les gammes de produits, ainsi que l'organigramme décrivant ses différentes directions.

4.2.2 Historique :

CeVital est un groupe familial de plusieurs sociétés, crée par des fonds privés en 1998 à Bejaia, CEVITAL est parmi les entreprises algériennes qui ont vu le jour dès l'entrée du pays dans l'économie de marché. Avec un taux de croissance annuel de deux chiffres, le groupe CeVital a atteint aujourd'hui une taille qui lui permet d'acquérir le statut de "global Player" régional et continental. Un statut déjà consacré par le rapport The African challengers de BCG, le prestigieux cabinet américain de stratégie.

4.2.3 Activités de CeVital :

Le Complexe Agro-alimentaire est composé de plusieurs unités de production :

- Huiles Végétales ;
- Margarinerie et graisses végétales ;
- Sucre blanc ;
- Sucre liquide ;
- Silos portuaires ;
- Boissons.

4.2.4 Missions et objectifs :

L'entreprise a pour mission principale de développer la production et d'assurer la qualité et le conditionnement des huiles, des margarines et du sucre à des prix nettement plus compétitifs et cela dans le but de satisfaire le client et le fidéliser. Les objectifs visés par CeVital peuvent se présenter comme suit :

- L'extension de ses produits sur tout le territoire national ;
- L'importation de graines oléagineuses pour l'extraction directe des huiles brutes ;
- L'optimisation de ses offres d'emploi sur le marché du travail ;
- L'encouragement des agriculteurs par des aides financières pour la production locale des graines oléagineuses ;
- La modernisation de ses installations en termes de machine et technique pour augmenter le volume de sa production ;
- Le positionnement de ses produits sur le marché étranger par leurs exportations.

4.2.5 Situation géographique :

Son complexe de production se situe dans le quai du port de Bejaia à 3 Km du sud-ouest de cette ville, à proximité de la RN 26. Cette situation géographique de l'entreprise lui a beaucoup profité étant donné qu'elle lui confère l'avantage de proximité économique, et s'étale sur une superficie de 45000 m.

FIG. 4.1 – Photo satellite de CEVITAL ; Bejaia (Google Earth, 2011).

4.3 La gestion du stock au CeVital :

CeVital est une grande puissance qui gère plusieurs produits, pour le faire d'une manière pertinente, CeVital fournit tout les besoins nécessaires pour garder une bonne production et éviter toute rupture de stock car cette dernière entraîne un arrêt de production. CeVital répartie son stock en quatre parties comme suit :

- Matières premières ;

- Matières semi-finies ;
- Produits finis ;
- Stock IP(Stock Intrant Packaging) et PDR(Stock de maintenance De Pièces de Rechange) :

Nous avons effectué notre stage dans le service qui gère un stock de maintenance de pièces de rechange pour tout le complexe, nous avons choisi ce service pour l'importance et l'utilité des produits qu'il gère .

4.3.1 Magasin Pièce De Rechange de CeVital :

L'entreprise CeVital dispose de cinq magasins de stockage de PDR dont le volume est considérable et chaque magasin est dédié à un pole de production dans le souci de proximité des services de maintenance.
La base de données PDR contient 45000 références dont la rotation de stock de chaque article dépend de sa catégorie et sa spécification technique.
Le magasin de pièces comporte des rayons qui sont divisés en étages, l'emplacement des articles se fait par rayon pour la pièce spécifique (électriques, mécaniques ...) et la pièce commune (boulonnerie ...).
Son fonctionnement est assuré par 20 magasiniers, 15 gestionnaires et un 5 chef magasinier.
La codification de ces articles se fait selon le type de la pièce.
Principalement le magasinier a comme rôle de service la PDR par la maintenance , et le suivi des mouvements des stocks.
Le gestionnaire de stock a comme rôle de réceptionner selon la conformité la PDR et faire la demande de réapprovisionnement.
Chaque article géré en stock est codifié selon un système de codification alphanumérique propre à CeVital.
La codification se fait par rapport à la spécification technique et stratégique .
La gestion se fait sur un système informatique (GMAO Gestion de Maintenance Assisté par Ordinateur).

4.3.2 Mode d'approvisionnement de la pièce de rechange :

(1) Procédure de demande d'achat de pièces de rechange : Tout besoin d'achat en pièces de rechange doit être signalé par le service maintenance au magasinier (article portant la mention non disponible en stock), qui, après étude, transmettra au service approvisionnements une demande d'achat présentant le code et la référence de la pièce désirée et la quantité à commander.

Deux types d'achat sont distingués :

- Niveau national, la procédure d'acquisition sera automatiquement lancée ;
- La pièce de rechange d'importation est conditionnée par les fournisseurs étrangers, le service approvisionnement devra alors communiquer au demandeur de la pièce de rechange le délai de fourniture qui lui sera imposé par le fournisseur étranger.

(2) Procédure de réception : A l'arrivée de la pièce de rechange, le gestionnaire doit la recevoir et la vérifier avec les techniciens. Après vérification, si celle ci existe déjà, elle sera réceptionnée et mise au rayon correspondant.

(3) Procédure de sortie : Une demande de sortie de pièce est formulée par le technicien en donnant le code et la référence de la pièce. Aprés verification, si la pièce existe, elle est remise en disposition, le système mis à jour automatiquement le stock, sinon, une demande de réapprovisionnement est formulée.

Le magasinier doit garantir un stock minimum pour chaque pièce et faire des demandes d'achat au département approvisionnement avant épuisement du stock.

les diffirentes procédures citées ci-dessus sont résumées sur le schéma suivant :

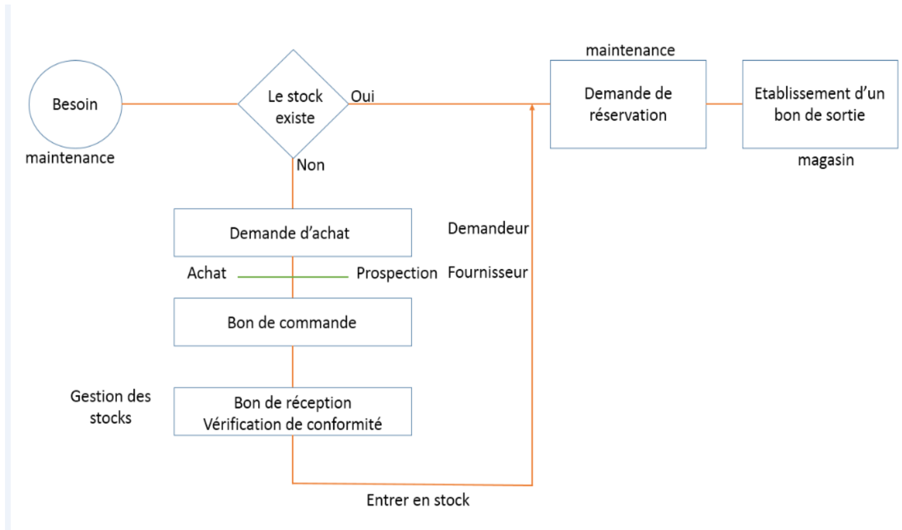

FIG. 4.2 – La procédure d'approvisionnement de la piéce de rechange au CeVital

4.4 Application :

Lorsque l'entreprise gère plusieurs milliers d'articles (cas CeVital 45000 articles), il est difficile qu'elle accorde à tous une même priorité de gestion. C'est pour cela que toute étude de gestion de stocks est précédée par une étude sélective, en utilisant par exemple l'analyse ABC ou analyse de PARETO. L'analyse sélective comme son nom l'indique, ne peut prendre en considération que les articles les plus influents, sur la base d'un seul critère (Coût où consommation, ...). Il est, donc, difficile voir impossible, de prendre en considération tous les articles.

4.4.1 Détermination des pièces à étudier :

Pour la détermination des pièces à étudier, nous avons sélectionné avec la collaboration des gestionnaires du stock du complexe CEVITAL, les quinze articles les plus importants de chaque gamme. Puis nous avons réalisé une analyse ABC, en prenant en considération les critères suivants :

- Le coût des pièces ;
- La quantité consommée durant l'année 2015.

Le tableaux suivant représente les 15 articles que nous avons choisi ainsi que leurs différentes caractéristiques :

Code	Description	Référence constructeur	PMP	Consommation 2015
B1997Y0004	GAZ FREON 13.6KG	R22	16 769,28	152
B1997Y0003	GAZ FREON 13.6KG	R134A	9 520,75	62
B1997Y0006	GAZ FREON 11.3KG	R407c	9 500,03	88
B1962Y0011	HUILE DE GRAISSAGE	PG VG 220 / TIVELLA S220	1 309,71	4 849,52
B1998Y0003	GAZ ARGON	ARGON $V = 8m^3$	1 026,12	9 840,00
B1998Y0001	GAZ ACETYLENE	ACETYLENE $V = 5m^3$	656,62	216
B1636Y0005	FLEXIBLE	BLINDE TRESSE DN20 PN20	243	600
B1998Y0004	GAZ AZOTE	AZOTE $V = 8m^3$	242,5	384
B1998Y0006	GAZ OXYGENE	OXYGENE $V = 7m^3$	211,54	629
B1961Y0001	HUILE HYDRAULIQUE	TISKA HVI ISO VG 46	203,2	7 760,00
B4004E0001	FICHE DE COURANT MALE	2P+T / 220V	175	222
B1777Y0003	PATE A JOINT EN SILICONE	COULEUR BLANCHE	140,74	481
B2437Y0007	SPIT FIX METALLIQUE	$M10 * 160$	58,8	129
B5555Y1001	CHATTERTON	Noir	24.24	1 049,00
B3925E0002	COLLIER COLSON	$100 * 2.5$	0,6	4 056,00

TAB. 4.1 – Les 15 articles choisis et leurs caractéristiques

4.4.2 Analyse ABC :

Après avoir sélectionné les 15 produits les plus influents, nous avons utilisé le coût de consommation de chaque produit, pendant l'année 2015 comme critère de choix pour l'analyse ABC.

Les résultats de l'analyse ABC, sont résumés dans le tableau suivant :

Nu	Référence constructeur	PMP	Consommation	Coût de consommation	coût de consommation/total	cumulé	%cumulé
1	GAZ ARGON	1 026,12	9 840,00	10097020,8	0,445659868	0,4457	44,57% A
2	HUILE DE GRAISSAGE	1 309,71	4 849,52	6351464,839	0,280339423	0,7260	72,60 % A
3	GAZ FREON R22 13.6KG	16 769,28	152,00	2548930,56	0,112504082	0,8385	83,85% B
4	HUILE HYDRAULIQUE	203,20	7 760,00	1576832	0,06959783	0,9081	90,81% B
5	GAZ FREON 11.3KG	9 500,03	88,00	836002,64	0,036899283	0,9450	94,50% B
6	GAZ FREON 13.6KG	9 520,75	62,00	590286,5	0,026053923	0,9711	97,11% C
7	FLEXIBLE BLINDE TRESSE	243,00	600,00	145800	0,006435285	0,9775	97,75% C
8	GAZ ACETYLENE	656,62	216,00	141829,92	0,006260055	0,9837	98,37% C
9	GAZ OXYGENE	211,54	629,00	133058,66	0,005872911	0,9896	98,96% C
10	GAZ AZOTE	242,50	384,00	93120	0,004110108	0,9937	99,37% C
11	PATE A JOINT	140,74	481,00	67695,94	0,002987947	0,9967	99,67% C
12	FICHE DE COURANT MALE	175,00	222,00	38850	0,001714752	0,9984	99,84% C
13	CHATTERTON	24,24	1 049,00	25427,76	0,001122324	0,9996	99,96% C
14	SPIT FIX METALLIQUE	58,80	129,00	7585,2	0,000334794	0,9999	99,99% C
15	COLLIER COLSON	0,60	4 056,00	2433,6	0,000107414	1,0000	100,00% C

TAB. 4.2 – L'étude ABC

Les trois zone A, B et C obtenues de l'étude ABC sont illustrés sur la figure ci-dessous :

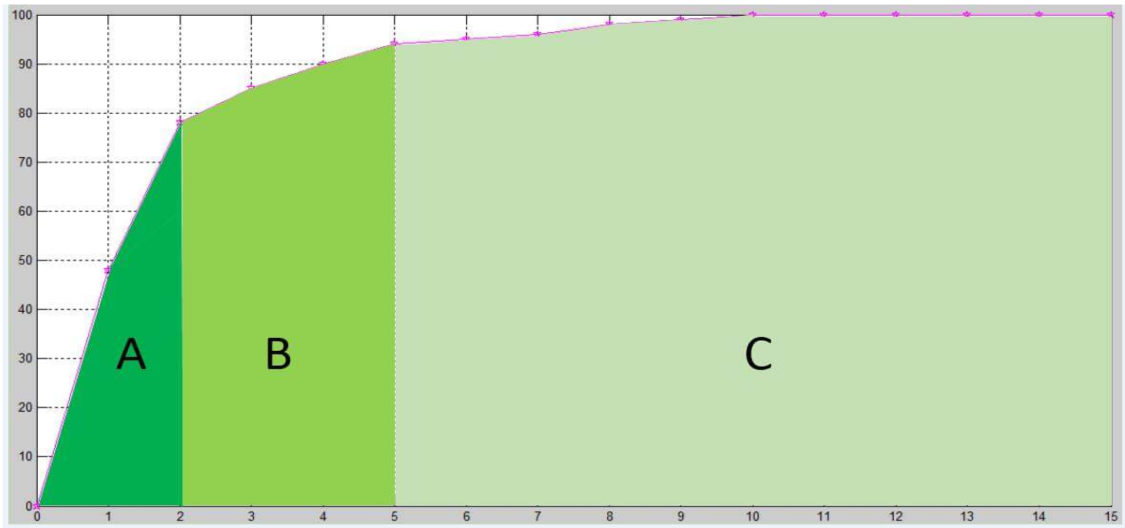

FIG. 4.3 – Résultat de l'analyse ABC

- **Interprétation des résultats :**

L'analyse ABC a révélé les résultats suivants :

- Les deux premiers produits de la zone A, le gaz argon ainsi que l'huile de graissage dont les codes sont respectivement $B1998Y0003$ et $B1962Y0011$,représentent environ 80% des coûts consommation.

- Nous constatons aussi que la zone B comporte trois produits le gaz freon $R22$, huile hydraulique et le gaz freon $R407$ dont les codes sont respectivement $B1997Y0004$,$B1961Y0001$ et $B1997Y0006$,représentent environ 15% des coûts.

- La zone C comporte les dix produits restants qui représentent 5% des coûts de consommation .

Il est donc clair que les deux produits, le gaz argon ainsi que l'huile de graissage feront l'objet de notre étude.

Bien que le gaz freon $R22$ appartient à la zone B il fera aussi l'objet de notre étude, vu son importance dans le processus de production (son manque provoque un arret de production).

4.4.3 Etude des articles

Pour l'étude des articles sélectionnés, nous avons utilisé l'historique de la base de donnée de l'année 2015.
Nous allons d'abord, présenter les données collectées, selon ces dernières, nous allons choisir la méthode approprié pour chaque article.
La deuxième étape sera consacrée à l'application des méthodes choisies.

***Remarque* 4.4.1.** Dans ce qui suit une unité de temps sera égal à 1 mois

I) Le gaz freon R22

Les données nécessaires pour l'étude du gaz freon R22 sont :

- La quantité entrée(commandée pendant l'année) :130Kg
- Nombre de commande :3 commandes
- La quantité de chaque commande :

$$Q1 = 40;$$

$$Q2 = 60;$$

$$Q3 = 30;$$

- Le délai de livraison :1 semaine.
- La durée entre deux commande :4 mois.
- La consommation :136Kg, elle est détaillée dans le tableau suivant :

Le mois	La consommation
Janvier	6
Février	8
Mars	15
Avril	5
Mai	14
Juin	8
Juillet	15
Août	8
Septembre	18
Octobre	15
Novembre	9
Décembre	15

4.4.4 La modélisation :

D'après les donnée collectées, nous avons constaté que la quantité entrée de commande est variable, contrairement à la durée entre deux commandes qui est fixe .
Donc le modèle approprié au gaz freon $R22$, est la gestion calendaire à niveau de recomplètement.
L'objectif est de calculer le niveau de recomplétement S ainsi que la quantité à commander à chaque période.

1) Calcul du niveau de recomplétement : Pour calculer le niveau de recomplétementt nous avons utilisé la formule suivante :

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

Tel que

- DEM(consommation moyenne) : $\frac{136}{12} = 11.33KG$
- DLM(Délai de livraison moyen) : 1 semaine
- T(durée entre deux commandes) : 4 mois
- SS(stock de sécurité) : $20KG$

***Remarque* 4.4.2.** Le stock de sécurité est fixé par l'entreprise.

Alors

$$S = 11.33 \times (\frac{1}{4} + 4) + 20 = 68.15 \; Kg$$

1) Les quantité à commander pour chaque période : Une fois que le niveau de recompétement est calculé, nous pouvons passer au calcul des quantités à commander pour chaque période. la formule est donnée par :

$$Q_i = S - SMP_i$$

Où SMP_i correspond à la valeur du stock au moment de passer la commande pour la période i. Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

période	S en KG	SMP_i en KG	Q_i *en KG*
Période 1	68.15	28	40
Période 2	68.15	26	42.15
Période 3	68.15	22	46

TAB. 4.3 – Quantités à commander pour chaque périodes pour le gaz freon R22

1) Utilisation de la méthode de Wilson pour l'optimisation de la durée entre deux commandes : La durée économique entre deux commandes est donnée par :

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

Tel que

- cp(coût de passation d'une commande) : 50 DA
- θ(unité du temps) : 12 $mois$
- D(consommation annuelle) : 136 KG
- p (prix unitaire) : 16769.28 DA

Détermination du taux de possession t :

Le coût de possession s'écrit comme suit :

$$Cs = \frac{Q}{2} \times p \times t$$

Il peut aussi s'exprimer :

$$Cs = \frac{Q}{2} \times cs \times \theta$$

d'où

$$\frac{Q}{2} \times p \times t = \frac{Q}{2} \times cs \times \theta$$

alors

$$t = \frac{cs \times \theta}{p}$$

- $Cs = 125\ Da$

$$t = \frac{125 \times 12}{16769.28} = 0.089\%$$

A présent on peux calculer la durée optimal entre deux commandes :

$$T_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 144}{136 \times 16769.28 \times 0.00089}} = 3\ Mois$$

2)Optimisation du nombre de commande :

Après avoir calculé la durée optimal entre deux commandes, nous allons donné le nombre de commande optimal, en utilisant la méthode de Wilson :

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

$$N_{ec} = \sqrt{\frac{16769.28 \times 0.00089 \times 136}{2 \times 50}} = 4\ commandes$$

d'après les résultats obtenu après l'optimisation, on constate qu'on doit passer une commande chaque 3 mois, 4 fois par an.

3) Calcule du coût optimal de gestion du stock :

Le coût total optimal de gestion de stock est donné par :

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

On calcule d'abord la quantité économique :

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times cp \times D}{t \times p}} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 136}{0.00089 \times 16769.28}} = 30\ Kg$$

Donc

$$CT(Q_{ec}) = \frac{120}{2} \times 0.00089 \times 16769.28 + \frac{50 \times 136}{120} = 952.15\ DA$$

• **Comparaison avec le coût total de gestion du stock :**
La fonction du coût total est donné par :

$$CT(Q) = \frac{Q}{2} \times P \times t + \frac{(cp \times D)}{Q}$$

$$CT(Q) = \frac{130}{2} \times 0.00089 \times 16769.28 + \frac{50 \times 136}{130} = 1022.41\ DA.$$

$$CT(Q) - CT(Q_{ec}) = 1022.41 - 952.15 = 70.25\ DA$$

• On remarque qu'il ya une différence de 70.25 DA entre le coût total de gestion de stock, et le coût total de gestion de stock optimal(en incluant la quantité optimale).

Calcule du niveau de recomplétement optimal : On applique la méthode de recomplètement pour trouver la quantité optimale à commander pour chaque période.

$$S = DEM \times (DLM + T_{ec}) + SS$$

Pour le calcule du stock de sécurité SS, nous devant vérifié si la consommation ainsi que le délai de livraison(si il est variable) suivent la loi normal, afin de pouvoir appliquer la méthode appropriée.

Ajustement de la loi de consommation :

Cas gaz freon R22 :
L'utilisation du logiciel "XLStat", nous donne l'histogramme de la demande, et sa fonction

de densité représentés dans la figure (4.4).

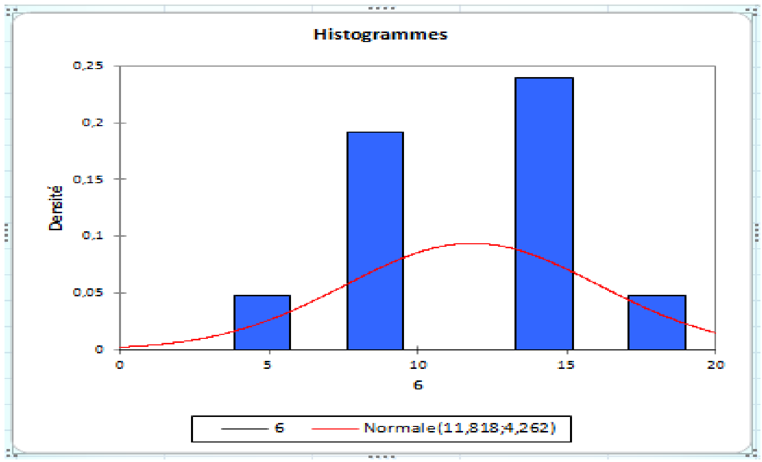

FIG. 4.4 – la densité de la demande de "gaz freon R22"

A l'issue de l'étude statistique de la demande, on a obtenu les résultats suivants :
La moyenne et l'écart type de l'échantillon sont évaluées :

Paramètre	Valeur
μ	11,818
σ	4,262

L'ajustement de la distribution de la demande "gaz freon R22" par une loi normale en utilisant le test de Kolmogorov-Smirnov, nous a donné les résultats ci-dessous(tab 4.4) :

D	0,241
p-value	0,473
α	0,05

TAB. 4.4 – Ajustement de la loi des demandes par le test de Kolmogorov Smirnov

Interprétation du test :

1) H_0 : L'échantillon suit une loi Normale.
2) H_1 : L'échantillon ne suit pas une loi Normale.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est de $47,25\%$.
D'après les résultats obtenues après l'ajustement de la consommation, nous pouvons appliquer la formule suivante afin de calculé le stock de sécurité :

$$\begin{aligned} SS &= Z \times \sigma_x \times \sqrt{DLM + T_{ec}} \\ &= 1.64 \times 4.262 \times \sqrt{\frac{1}{4} + 3} \\ &= 12.60\ KG \end{aligned}$$

Calcul de niveau de recomplétement :

$$\begin{aligned} S &= DEM \times (DLM + T_{ec}) + SS \\ &= 11.33 \times (\frac{1}{4} + 3) + 12.60 \\ &= 49.42\ Kg \end{aligned}$$

Une fois que le niveau de recompétement est calculé, nous pouvons passer au calcul des quantités à commander pour chaque période. la formule est donnée par :

$$Q_i = S - SMP_i$$

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

période	$S\ enKG$	$SMP_i\ enKG$	$Q_i\ enKG$
Période 1	49.42	28	21.42
Période 2	49.42	26	23.42
Période 3	49.42	22	27.42
Période 4	49.42	23	26.42

TAB. 4.5 – Quantités à commander pour chaque périodes

II) Gaz argon

Les données nécessaires pour l'étude du gaz argon sont :

Mois	Entré	consommation
Janvier	560	280
Février	640	672
Mars	1000	680
Avril	800	1224
Mai	1184	1152
Juin	1536	1392
Juillet	536	728
Août	744	720
Septembre	960	728
Octobre	640	880
Novembre	960	904
Décembre	928	640
Total	10488	10000

- La durée entre deux commandes :1 $mois$;
- Le délai de livraison :15 $jours$.

La modélisation :

D'après les données collectées nous avons constaté que la quantité entrée de commande est variable, contrairement à la durée entre deux commandes qui est fixe .
Donc le modèle approprié à cet article est la gestion calendaire à niveau de recomplètement.

4) **Calcul du niveau de recomplétement :**

Pour calculer S le niveau de recomplétement, nous avons utilisé la formule suivante :

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

Tel que :

- DEM(consommation moyenne) :10000/12 = 833.33 m^3
- DLM(Délai de livraison moyen) :$\frac{1}{2}$ $Mois$
- T(durée entre deux commande) :1$mois$
- SS(stock de sécurité) :80 m^3

Alors

$$S = 833.33 \times (\frac{1}{2} + 1) + 80 = 1329.995\ m^3$$

Les quantités à commander pour chaque périodes :

$$Q_i = S - SMP_i$$

Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Mois	S	SMP_i	Q_i
Janvier	1329.995	1088	242
Février	1329.995	976	354
Mars	1329.995	936	394
Avril	1329.995	712	618
Mai	1329.995	360	970
Juin	1329.995	152	117
Juillet	1329.995	960	370
Août	1329.995	776	554
Septembre	1329.995	792	538
Octobre	1329.995	872	458
Novembre	1329.995	608	722
Décembre	1329.995	928	402

TAB. 4.6 – Quantités à commander pour chaque périodes pour le gaz argon

Optimisation de la durée entre deux commandes et le nombre de commande :

1) La durée économique entre deux commandes est donnée par :

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

Tel que :

- Cp (coût de passation d'une commande) : 50 DA
- θ(unité de temps) : 12 $mois$
- D(consommation annuelle) : 10000 m^3

- P(prix unitaire) : 1021.62 DA

Détermination du taux de possession t :

$$t = \frac{cs \times \theta}{p} = \frac{46.875 \times 12}{1021.62} = 0.55\%$$

la durée optimal entre deux commandes :

la durée optimal entre deux commandes :

$$T_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 144}{10000 \times 1021.62 \times 0.0055}} = 0.5\ mois$$

1) Après avoir calculé la durée optimal entre deux commandes nous allons donné le nombre de commande optimal :

$$\begin{aligned} N_{ec} &= \sqrt{\frac{p \times t \times D}{2 \times cp}} \\ &= \sqrt{\frac{1021.62 \times 0.0055 \times 10000}{2 \times 50}} = 24 \end{aligned}$$

D'après les résultats obtenu après l'optimisation, on constate qu'on doit passer une commande chaque 15 jours, 24 fois par an.

5) Calcul du coût optimal de gestion du stock :

Le coût total optimal de gestion de stock est donné par :

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

On calcule d'abord la quantité économique :

$$Q_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times cp \times D}{t \times p}} = \sqrt{\frac{2 \times 50 \times 10000}{0.0055 \times 1021.62}} = 421.64\ m^3$$

Donc

$$CT(Q_{ec}) = \frac{10119.36}{2 \times 0.0055 \times 1021.62} + \frac{50 \times 10000}{10119.36} = 28479.29\ DA$$

Comparaison avec le coût total de gestion du stock :

La fonction du coût total est donné par :

$$\begin{aligned} CT(Q) &= \frac{Q}{2} \times p \times t + \frac{cp \times D}{Q} \\ &= \frac{10488}{2} \times 0.0055 \times 1021.62 + \frac{50 \times 10000}{10488} = 29513.23\ DA \end{aligned}$$

$$CT(Q) - CT(Q_{ec}) = 29513.23 - 28479.29 = 1033.94\ DA$$

- On remarque qu'il ya une différence de 1033.94 DA entre le coût total de gestion de stock, et le coût total de gestion de stock optimal(en incluant la quantité optimale).

Calcul du niveau de recomplétement optimal :

On applique la méthode de recomplètement pour trouver la quantité optimal à commander à chaque période.

$$S = DEM \times (DLM + T_{ec}) + SS$$

Ajustement de la loi de consommation :

Cas gaz argon

L'utilisation du logiciel "XLStat", nous donne l'histogramme de la demande, et sa fonction de densité représentés dans la figure (4.5) :

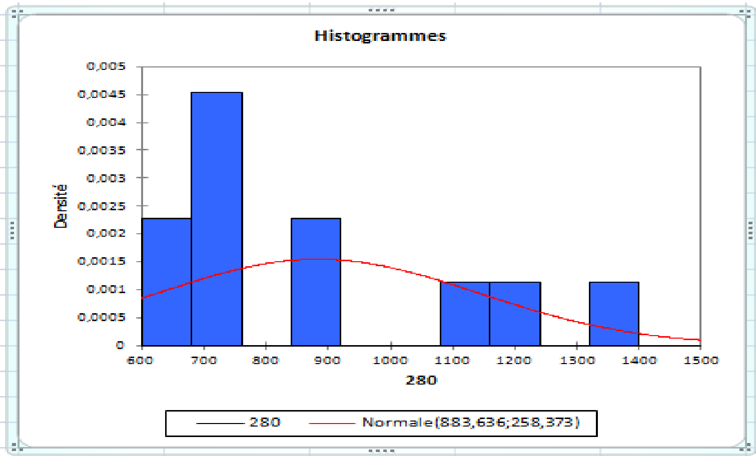

FIG. 4.5 – la densité de la demande de "gaz argon"

A l'issue de l'étude statistique de la demande, on a obtenu les résultats suivants :
La moyenne et l'écart type de l'échantillon sont évaluées :

Paramètre	Valeur
μ	883,636
σ	258,373

L'ajustement de la distribution de la demande "gaz argon" par une loi normale en utilisant le test de Kolmogorov-Smirnov, nous a donné les résultats ci-dessous(tab 4.7) :

D	0,272
p-value	0,328
alpha	0,05

TAB. 4.7 – Ajustement de la loi des demandes du gaz argon par le test de Kolmogorov-Smirnov

Interprétation du test :

1) H_0 : L'échantillon suit une loi Normale.

2) H_1 : L'échantillon ne suit pas une loi Normale.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est de $32,80\%$.

Ajustement de la loi du délai de livraison :

Cas gaz argon

L'utilisation du logiciel "XLStat", nous donne l'histogramme du déali de livraison, et sa fonction de densité représentés dans la figure (4.6) :

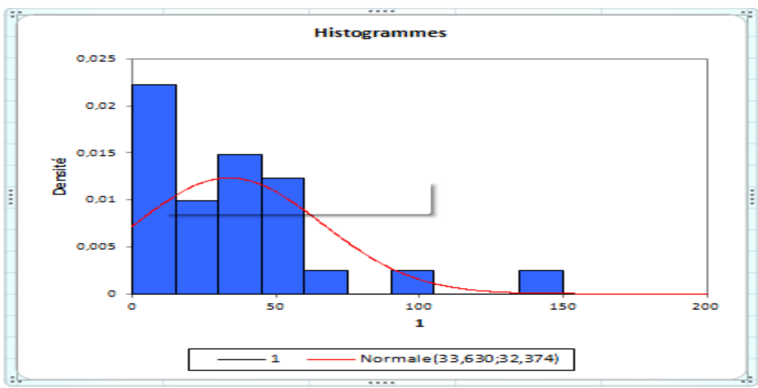

FIG. 4.6 – densité du délai de livraison du "gaz argon"

A l'issue de l'étude statistique du délai de livraison, on a obtenu les résultats suivants :
La moyenne et l'écart type de l'échantillon sont évaluées :

Paramètre	Valeur
μ	33,630
σ	32,374

L'ajustement de la distribution du délai de livraison "gaz argon" par une loi normale en utilisant le test de Kolmogorov-Smirnov, nous a donné les résultats ci-dessous(tab 4.8) :

D	0,158
p-value	0,460
alpha	0,05

TAB. 4.8 – Ajustement de la loi des délai de livraison du gaz argon par le test de Kolmogorov-Smirnov

Interprétation du test :

H_0 : L'échantillon suit une loi Normale.
H_1 : L'échantillon ne suit pas une loi Normale.

Etant donné que la p-value calculée est supérieure au niveau de signification seuil $\alpha = 0,05$, on ne peut pas rejeter l'hypothèse nulle H_0.

Le risque de rejeter l'hypothèse nulle H_0 alors qu'elle est vraie est de $46,04\%$.

D'après les résultats obtenues après l'ajustement de la consommation et le délai de livraison, nous pouvons appliquées la formule suivante afin de calculé le stock de sécurité :

$$SS = z \times \sigma$$

tel que :

$$\sigma^2 = (\sigma_l)^2 + (DLM + T_{ec}) \times \sigma_{xD}.$$

La consommation suit une loi de gauss, de moyenne $\mu = 883.636$ et d'écart type $\sigma_x = 258.373$.
Le délai moyen de livraison est de 15 jours ($\frac{1}{2} mois$) avec une variation d'écart type $\sigma_l = 32.374$.
En considérant le délai fixe on peut calculer :

$$\sigma^2_{x,DLM} = DLM.\sigma^2_x = \frac{1}{2} \times 258.373^2 = 33378.3035$$

En considérant la consommation fixe, on peut calculer :

$$\sigma_l(conso) = (consommation/mois).\sigma_l(mois) = 833.33 \times 32.374 = 26978.33$$

Soit :

$$\sigma^2_l = 727830469.44$$

En considérant la consommation et le délai variable, on peut calculer :

$$\sigma^2 = \sigma_l^2 + (DLM + T).\sigma_{x,DLM}^2 = 727880536.89$$

Soit :

$$\sigma = 26978.95$$

En acceptant un risque de rupture de 5% ($z = 1,64$) le stock de sécurité est alors :

$$SS = z.\sigma = 1,64 \times 26978.95 = 44245.48\ m^3$$

Interpritation du résultat :

La valeur du stock de sécurité obtenue $SS = 44245.48\ m^3$ est trés grande par rapport à la consommation annuelle, ce qui rend ce résultat insensé, donc la méthode proposée n'est pas conseillée.

Le résultat obtenue est due à l'irrégularité de la consommation, ce qui confirme l'importance de l'hypothése de régularité de la consommation dans le cas de la méthode de recomplétement (voir remarque2.3.1).

III)L'huile de graissage

Les données nécessaire pour l'étude de l'huile de graissage sont résumées dans le tableau suivant :

date	Entrée	sortie	stock
			0,00
23/04/2015	1 777,52		1 777,52
2/04/2015		1 777,52	0,00
21/10/2015	1 200,00		1 200,00
21/10/2015		1 200,00	0,00
15/11/2015	1 040,00		1 040,00
23/11/2015		1 040,00	0,00
15/12/2015	832,00		832,00
21/12/2015		832,00	0,00

Interprétation des données :

D'après les données collectées l'huile de graissage est caractérisé par :

- La quantité entrée est entièrement consommée (pas de stockage pour de longues périodes) ;
- SMP_i(la valeur du stock au moment de passer la commande)$= 0$;
- La quantité et la durée entre deux commande sont variables(l'entreprise ne lance une commande qu'en cas de besoin de nettoyage des machines) .

Aucune des méthode d'optimisation du coût de gestion du stock proposé dans la partie théorique de ce mémoire, ne peut être appliqué sur l'huile de graissage .
L'entreprise applique la méthode du juste-à-temps pour la gestion de ce produit ,vue son accomplissement des conditions d'application de cette méthode :

- L'approvisionnement est local(Naftal) ;
- Le réseau de transport et de livraison sont fiables ;
- L'entreprise Ce vital est entourée d'une équipe réactive qui accepte de pratiquer des horaires flexibles.

4.5 Conclusion

Ce chapitre nous a permet d'appliquer quelques méthodes de gestion de stocks sur trois produits :gaz freon R22, gaz argon et l'huile de graissage (au niveau de complexe CeVital) révélés par l'analyse ABC.
La méthode de Wilson ainsi que la méthode de recomplétement appliquées au gaz freon R22, donnent des résultats intéressants. Pour la gaz argon on a constaté que l'application de la méthode de Wilson est très intéressante vue le grand écart qu'il ya entre le coût total de gestion de stocks et le coût total en incluant la quantité économique.
Pour l'application de la méthode recomplétement sur le gaz argon, le stock de sécurité proposé par l'entreprise est le plus recommandable (l'irrégularité de la consommation, nous donne un stock de sécurité insensé).
Après avoir effectué une étude sur l'huile de graissage, on a constaté qu'aucune des méthodes de gestion de stocks proposée dans la partie pratique de ce mémoire n'est approprié, l'entreprise CeVital applique la méthode du juste à temps qui est effectivement la plus adaptée pour la gestion de ce produit.

Conclusion générale

L'un des objectifs que se fixe une entreprise est bien la satisfaction du client qui est un élément prioritaire. Ce qui montre sans ambiguïté que les préoccupations des entreprises sont tournées vers le client et vers la rapidité avec laquelle il sera servi.

Les stocks avec leurs différents types (matières premières, semi finis, etc.), malgré leurs utilité indiscutable, sont souvent encombrants et engendrent des coûts importants ; leurs gestion demande une étude détaillée qui doit prendre en considération les facteurs les plus influents sur celle-ci.

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 ou à plusieurs objets.

Nous avons étudié l'évolution du stock d'un ensemble d'articles au sein de l'entreprise Ce-Vital. Ces derniers ont été choisi selon leur importance dans le processus de production et leurs coûts (prix d'achat).

Pour cibler les articles à étudier, nous leur avons appliqué l'analyse ABC, en choisissant le coût de consommation comme critère de sélection.

Des méthodes de gestion de stocks ont été appliquées à chaque article. Celles-ci ont été choisies en fonction des spécificités de chaque produit.

Les méthodes appliquées ont aboutis à des différents résultats qui confirment l'indispensabilité de l'utilisation de ces modèles développés dans l'entreprise.

Bibliographie

[1] ARDA, Y. (2008). Politique d'Approvisionnement dans les Systèmes à plusieurs fournisseurs et Optimisation des Décisions dans les Chaines Logistiques Décentralisées. Thèse de Doctorat. Système Industriel.

[2] BESSAI, K. et CHIBOUT, H. (2004). Elaboration d'un modèle multicritère pour la gestion des stocks de pièces de rechange. Mémoire de fin d'études (Diplôme d'ingénieur).

[3] BENKHELLAT, Z. et MOUSSAOUI, B. (2011). Modélisation Markovienne d'un problème de gestion de stock Cas Unité Margarinerie, CeVital. Mémoire de fin d'études (Diplôme d'ingénieur).

[4] BOUHADJ, D. et DIB, N. (2004). Maintenance et gestion des stocks des pièces de rechange au sein de l'entreprise TRANSBOIS. Mémoire de fin d'études (Diplôme d'ingénieur).

[5] CIRVAC, A. (2008,2009). Gestion de Stock Multi-produit. Mémoire thématique master recherche génie industriel. Spécialité OSIL.

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

[7] ,COURTOIS, A., MARTIN-BONNEFOUS, C., et PILLET, M. (2003).Gestion de Production. 4 éme édition.

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

[9] GRATACUP, A.et MEDAN, P. (2009). Management de la Production (Concept, Méthodes, Cas).3 éme édition.

[10] HNAIEN, F. (2008). Gestion des stocks dans des chaînes logistiques face aux aléas des délais d'approvisionnements. Thèse de Doctorat.

[11] JAVEL, G. (2010). Organisation et Gestion de la Production. Cours avec exercices corrigés. 3 éme édition.

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

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

[14] LAMOURI, S. et THOMAS, A. (2000). Gestion des Stocks dans un Contexte de Demandes Indépendantes.

[15] PELLERIN, L. (1997). La Formalisation des activités de Gestion des Stocks dans PME Manufacturières Quebéquoises

[16] PILLET, M. (2002). Appliquer la Maitrise Statistique des Procédés MSP/SPC.

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

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

[19] Cours de Gestion des Stocks (Master MIMSE, Année 1).

[20] Cours de Gestion des Stocks (La gestion sur seuil).

[21] https ://www.youtube.com/watch ?v=EnCA-zkZhhg Gestion de stock avec pénurie.

[22] https ://www.youtube.com/watch ?v=hyxHL54sP0E Gestion de stock sans pénurie.

[23] https ://www.ooreka.fr/. Stockage Juste à Temps.