

*République Algérienne Démocratique et Populaire*  
*Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique*  
**UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU**



*Faculté des Sciences*  
*Département de Mathématiques*

## ***Mémoire de fin d'étude***

*En vue de l'obtention du Diplôme de Master Professionnel en*  
*Mathématiques Appliquées à la Gestion*

### ***Thème***

***Optimisation de la gestion des stocks des produits  
pharmaceutiques cas PHAREACT***

#### ***Présenté par***

*Hadj-Abderrahmane Lamia*

*Zamoum Kamelia*

#### ***Proposé et dirigé par***

*Mr: Chebbah Mohammed*

#### ***Devant jury:***

- ❖ *Leslous Fadhila*
- ❖ *Oukacha Brahim*

***Promotion 2020-2021***



## Remerciements

*Nous remercions dieu le tout puissant de nous avoir donné la force, la volonté et le courage pour accomplir ce travail.*

*En second lieu nous tenons à remercier vivement Monsieur **CHÉBBAH Mohammed** pour nous avoir fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail et le soutenir. Pour votre encadrement, votre enseignement, et vos précieux conseils, pour les connaissances que vous nous avez apportées. Veuillez croire en notre profond respect.*

*Nos remerciements s'adressent également à Monsieur Menguelettet Ferhat notre encadreur au sein de l'entreprise PHAREACT, pour sa générosité et la patience dont il a su faire preuve malgré ses charges professionnelles ainsi qu'à l'équipe de PHAREACT pour leur accueil bienveillant et leurs conseils avisés.*

*Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

*Enfin nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné, et toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

## *Dédicaces*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi  
mon père.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, **maman** que j'adore.*

*Je dédie ce travail à mes chers frères : **Sofiane** et **Smail** avec tout l'amour que je leur porte.*

*Je dédie aussi ce travail, avec beaucoup de joies et d'estimes, à ma chère sœur: **Lília** et ses princesses **Flora** et **Ryanna**.*

*Ames grands-parents en leur souhaitant une bonne santé et une longue vie.*

*A tous les membres de ma famille : tantes et oncles, cousins et cousines.*

*A ma binôme **Lamia** et sa famille avec qui j'ai eu le plaisir de partager ce travail.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près et de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci d'être toujours là pour moi.*

***Zamoum kamelia***

## *Dédicaces*

*A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi **mon père**.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur, **maman** que j'adore.*

*À mon très cher frère **Mohamed**, je te dédie spécialement ce travail et je te remercie pour ton aide, ta patience et ton écoute.*

*Je dédie aussi ce travail, avec beaucoup de joies et d'estimes, à mes chères sœurs : **Zohra** et son mari, **Fahima** et son mari et à ma petite sœur adorée **Amira**.*

*À ma très chère nièce **Chahrazed** et mes neveux que j'adore **Salim** et **Mohamed Adem**.*

*À mes grands-parents en leur souhaitant une bonne santé et une longue vie.*

*A mes chers oncles.*

*A ma binôme **Kamelia** et sa famille avec qui j'ai eu le plaisir de partager ce travail.*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près et de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci d'être toujours là pour moi.*

***Hadj-Abderrahmane Lamia***



*Liste des Abréviations*

## Abréviations

**DM** : Dispositifs Médicaux.

**DCI** : Dénomination Commune Internationale.

**QEC** : Quantité économique à Commander.

**ABC**: Activity Based Costing.

**PL**: Programme linéaire.

**Min** : Minimum.

**Max** : Maximum.

**AFF** : Affectation.

**QAP** : Quadratic Assignment Problem.

**DA** : Dinar Algérien.

*Liste des Tableaux et  
figures*

### Liste des tableaux :

**Tableau 1.1** : typologies des produits pharmaceutiques.

**Tableau 1.2** : condition de stockage des produits pharmaceutiques

**Tableau 1.3** : Dispositions des produits pharmaceutiques sur une étagère

**Tableau 1.4** : classement des produits pharmaceutiques à l'intérieur des étagères.

**Tableau 2.1** : Nature, avantages et inconvénients des stocks.

**Tableau 2.2** : modèles mathématiques de gestion des stocks.

**Tableau 1** : Matrice des coûts originaux

**Tableau 2** : Réduction des lignes

**Tableau 3** : Réduction des colonnes

**Tableau 4** : Dénotation de l'unique affectation

**Tableau 5** : Procédure de marquage (phase finale)

**Tableau 6** : Amélioration de la nouvelle matrice

**Tableau 7** : Amélioration de la nouvelle matrice [éléments couverts 2 fois]

**Tableau 8** : solution optimale

**Tableau 3.1** : coûts de livraison

**Tableau 3.2** : données entrepôts et clients

**Tableau 5.1** : livraison des clients.

### Liste des figures :

**Figure 1.1** : Organigramme de l'entreprise

**Figure 1.2** : Organigramme du service stocks et logistique.

**Figure 2.1** : représentation graphique du niveau de stock maximum

**Figure 2.2**: représentation graphique du niveau de stock minimum.

**Figure 2.3** : représentation graphique du niveau de stock sécurité

**Figure 2.4**: représentation graphique du niveau de stock d'alerte

**Figure 2.5** : représentation graphique du stock moyen.

**Figure 2.6 :** classement des méthodes de gestion des stocks selon la nature de la demande

**Figure 2.7 :** graphe de l'analyse abc.

**Figure 2.8 :** modèle de Wilson avec demande régulière

**Figure 2.9 :** variation des coûts selon le modèle de Harris.

**Figure 2.10 :** modèle de Wilson avec pénurie

**Figure 2.11 :** Evolution du stock avec la politique

**Figure 2.12 :** évolution du stock avec la politique

**Figure 2.12 :** Evolution du stock avec la politique (s, S).

**Figure 2.13:** Evolution du stock avec la politique.

**Figure 4.1 :** Résultat graphique de l'analyse ABC

**Figure 5.1 :** LINGO 13.0

**Figure 5.2 :** Page d'accueil du logiciel

**Figure 5.3 :** La barre des outils de LINGO

**Figure 5.4 :** problème d'affectation simple

**Figure 5.5 :** bouton d'exécution.

**Figure 5.6 :** Résultats du programme d'affectation simple

**Figure 5.7 :** problème d'affectation généralisé

**Figure 5.8 :** résultat su programme d'affectation généralisé

**Figure 5.9 :** l'icône Visual Xpress

**Figure 5.10 :** interface de Visual Xpress

**Figure 5.11:** information à propos de VISUAL XPRESS

**Figure 5.12 :** program de localisation d'entrepôts

**Figure 5.13 :** résultat du programme localisation d'entrepôt

**Figure 5.14 :** données du program

**Figure 5.15 :** données du program



*Sommaire*

## Sommaire

<b>Remerciements.</b> .....	<b>I</b>
<b>Dédicaces.</b> .....	<b>II</b>
<b>Liste des abréviations.</b> .....	<b>IV</b>
<b>Liste des tableaux et figures.</b> .....	<b>V</b>
<b>Sommaire</b> .....	<b>VI</b>
<b>Introduction générale.</b> .....	<b>01</b>

### *Chapitre I : Entreprise PHAREACT*

<b>1.1 Présentation de l'entreprise PHAREACT :</b> .....	<b>04</b>
1.1.1 Les enjeux et objectif de PHAREACT .....	<b>04</b>
1.1.2 Organigramme de l'entreprise .....	<b>04</b>
1.1.3 Effectif général .....	<b>06</b>
1.1.4 Présentation des différents services .....	<b>07</b>
<b>1.2 Champs d'étude : Service stock et logistique</b> .....	<b>08</b>
1.2.1 Organigramme du service stock et logistique .....	<b>09</b>
1.2.2 Les différentes tâches principales des employés présents en service stock et logistiques .....	<b>09</b>
1.2.3 Produits pharmaceutiques .....	<b>10</b>
1.2.4 Méthodes de stockage .....	<b>11</b>
<b>1.3. Présentation des problèmes liées au service stock et logistique</b> .....	<b>13</b>
1.3.1 Suggestions et recommandations. ....	<b>14</b>

### *Chapitre II: Modèles de gestion des stocks*

<b>Introduction</b> .....	<b>15</b>
<b>2.1 Concepts et généralités sur les stocks et la gestion des stocks :</b> .....	<b>15</b>
2.1.1 Stocks : .....	<b>15</b>

2.1.1.1 Combien coute un stock ? .....	16
2.1.1.2 . Les différents niveaux de stock : .....	17
2.1.1 Gestion des stocks : .....	20
<b>2.2 Modèles mathématiques de gestion des stocks : .....</b>	<b>25</b>
2.2.1 Méthode de classement des stocks : .....	26
2.2.2 Modèles de gestion des stocks : .....	28
<b>Conclusion : .....</b>	<b>44</b>

### *Chapitre III : la programmation linéaire*

<b>3.1 Introduction : .....</b>	<b>45</b>
3.1.1 Forme d'un programme linéaire .....	47
3.1.2 Méthode du simplexe .....	48
3.1.3 La M-méthode .....	52
<b>3.2 Modèle d'affectation .....</b>	<b>53</b>
3.2.1 Formulation de problème .....	53
3.2.2 Résolution par la méthode Hongroise (Kuhn, Egervary, König) .....	54
<b>3.3. Affectation généralité .....</b>	<b>59</b>
<b>3.4 Modèle d'affectation quadratique .....</b>	<b>60</b>
3.4.1 Modélisation .....	60
<b>3.5 Un problème de mélange multi-produit .....</b>	<b>61</b>
<b>3.6 Modèle de localisation d'entrepôts .....</b>	<b>62</b>
3.6.1 Modélisation .....	63

### *Chapitre IV : modélisations et solutions retenus*

<b>Introduction .....</b>	<b>65</b>
<b>4.1 Analyse ABC : .....</b>	<b>65</b>
4.1.1 Démarche.....	65
<b>4.2 Calcule de point de commande : .....</b>	<b>69</b>
4.2.1. Calcul du point de commande pour un niveau de service $1 - \alpha = 95\%$ : .....	69

---

Conclusion.....	70
-----------------	----

*Chapitre V : Simulations numériques et informatique*

Introduction .....	71
--------------------	----

<b>1.1 Logiciel LINGO :</b> .....	71
-----------------------------------	----

1.1.1 Description du logiciel : .....	71
---------------------------------------	----

1.1.2 Les fonctions utilisées dans un modèle de LINGO : .....	71
---	----

1.1.3 Type de variables dans LINGO : .....	71
--	----

1.1.4 Environnement de travail du logiciel : .....	72
--	----

1.1.5 Programmation des exemples sur LINGO : .....	73
--	----

<b>1.2 Logiciel VISUAL XPRESS :</b> .....	76
---	----

1.2.1 Qu'est-ce que Visual Xpress ? .....	76
---	----

1.2.2 Présentation du logiciel : .....	77
--	----

1.2.3 Exemples d'applications : .....	78
---------------------------------------	----

<b>Conclusion générale.</b> .....	83
-----------------------------------	----

**Bibliographie.**

**Annexes.**



*Introduction générale*

### Introduction générale

L'accès aux soins médicaux, qui comprend l'accès aux produits pharmaceutiques essentiels (médicaments, instruments, médicochirurgicaux) est une condition indispensable à la jouissance du droit humain. Les produits pharmaceutiques sauvent des vies et améliorent la santé. Ils jouent un rôle capital dans de nombreux aspects des soins de santé en offrant une réponse simple et efficace pour cela, ils doivent être disponibles à tout moment dans le cadre du système de santé fonctionnel, en quantité suffisante de manière appropriée, avec une qualité assurée, accompagnés d'une information adéquate et un prix accessible pour les individus et les communautés.

La gestion des médicaments et du matériel médical est une lourde tâche pour les personnes qui en ont la charge. C'est une nécessité dans les pays où les pénuries sont chroniques, les conditions climatiques et géographiques sont défavorables et plus particulièrement lorsque les ressources financières sont limitées. En effet la modification du profil de la demande des médicaments en Algérie est associée à la transition épidémiologique connue par notre pays reflétée dans une augmentation de la consommation de médicaments en raison de la persistance de la maladie transmissible et autrement au développement des maladies chroniques.

La gestion des stocks est donc une étape incontournable qui reste au centre des préoccupations de tout responsable souhaitant promouvoir son activité à la performance, c'est une discipline très technique car elle fait appel à de nombreux concepts de gestion, de statistique et nécessite une bonne vision du fonctionnement de la chaîne logistique de l'entreprise.

Les modèles de gestion des stocks sont fréquemment étudiés dans la recherche opérationnelle, car cette dernière recouvre des méthodes et techniques rationnelles pour trouver la meilleure façon de faire des choix et aboutir au résultat visé ou au meilleur résultat possible. C'est ce que l'on appelle une aide à la décision. Et donc, partir d'une modélisation pour analyser et maîtriser des situations complexes permettant à un décideur de mesurer les enjeux et de choisir l'option la plus efficace.

Le principal défi de la gestion de stock de produits pharmaceutiques est d'avoir suffisamment des quantités en stock et de minimiser les coûts engendrés (frais de stockage, péremptions détériorations...). Plusieurs questions peuvent ainsi être soulevées :

- ✓ Quelles sont les méthodes ou techniques utilisées pour suivre le mouvement des stocks dans les entreprises ? Quels sont les objectifs fixés pour la gestion des stocks ?
- ✓ Quels sont les objectifs fixés par les directions ?
- ✓ Quel est le degré d'organisation des décisions liées aux différentes activités de la gestion des stocks ?
- ✓ Comment s'effectue la gestion des stocks des produits pharmaceutiques ?
- ✓ Quelle est le niveau du stock nécessaire pour éviter toute rupture de stock et sur stockage ?
- ✓ Comment minimiser le coût de stockage ?

C'est dans ce sens, que l'entreprise nous a fait appel afin d'optimiser la gestion des stocks, notre travail s'articulera principalement autour de ces notions. Fondamentalement nous tenterons de répondre aux questions suivantes :

- ✓ Quel est le niveau du stock nécessaire pour éviter toute rupture de stock et sur stockage ?
- ✓ Quelle politique de gestion des stocks utilisée afin d'éviter les ruptures de stock ainsi que le sur stockage ?

Afin de mener à bien notre travail nous avons bâti notre mémoire de la façon suivante :

**Le premier chapitre** de notre travail est consacré à la présentation de l'entreprise où se déroule notre stage : PHAREACT et du champ d'études.

Dans **le deuxième chapitre** nous allons évoquer les concepts principaux des stocks ainsi que la gestion des stocks, les raisons de leurs constitutions et leurs inconvénients, par la suite nous présenterons les différentes méthodes utilisées pour cette discipline. Nous nous pencherons sur les méthodes de classification des stocks dont l'analyse ABC, ainsi que les techniques courantes en approvisionnement et discuter leurs limites.

Dans **le troisième chapitre** : un rappel de quelques notions de la programmation linéaire, ensuite nous présenterons quelques méthodes de résolution d'un programme linéaire (méthode simplexe, méthode des deux phases...etc.)Par la suite nous présenterons quelques illustrations de résolution.

Dans le quatrième chapitre une application et une analyse des méthodes de gestion des stocks sur des données réelles a été réalisée.

Le cinquième chapitre : donne une description générale des logiciels (LINGO et VISUAL XPRESS), des logiciels d'application utiles pour la résolution de problèmes d'optimisation.

Enfin nous terminerons notre travail par une conclusion générale et une bibliographie utilisée.

*Chapitre I :*

*Entreprise PHAREACT*

### 1.1 Présentation de l'entreprise PHAREACT [1] :

PHAREACT est une société à responsabilité limitée du droit algérien spécialisée dans la distribution des produits pharmaceutiques et parapharmaceutiques, en d'autres termes c'est un grossiste répartiteur régi par un guide des bonnes pratiques de distribution en gros des médicaments à usage humain. Son activité est d'acheter, de stocker et de distribuer ces produits dans les officines.

Créé en février 2018 et implanté à Draa El Mizan, au sud de la wilaya de Tizi Ouzou, PHAREACT assure la répartition des produits pharmaceutiques dans la région centrale et les régions voisines (Tizi-Ouzou, Alger, bouira, boumerdes).

Les grossistes répartiteur ont des obligations de service public :

- Détention de 90% des références de médicaments existants ;
- Détention d'un stock d'au moins deux semaines de vente ;
- Capacité de livraison en 24h de toutes les pharmacies de son secteur ;
- Services à toutes les officines de pharmacie qui en font la demande dans leur territoire d'activité déclaré ;
- Direction par une pharmacie responsable (et d'un ou plusieurs pharmaciens délégués ou assistants).

#### 1.1.1 Les enjeux et objectif de PHAREACT :

- Couvrir les 48 wilayas à moyen terme, pour devenir le partenaire privilégié des professionnels de la santé ;
- Améliorer sa qualité de service ;
- Optimiser le circuit de distribution ;
- Améliorer la rotation des stocks ;
- Le renforcement de tous ses moyens matériels et humains ;
- La création des emplois.

#### 1.1.2 Organigramme de l'entreprise [1] :

L'organigramme suivant illustre la structure générale de PHAREACT

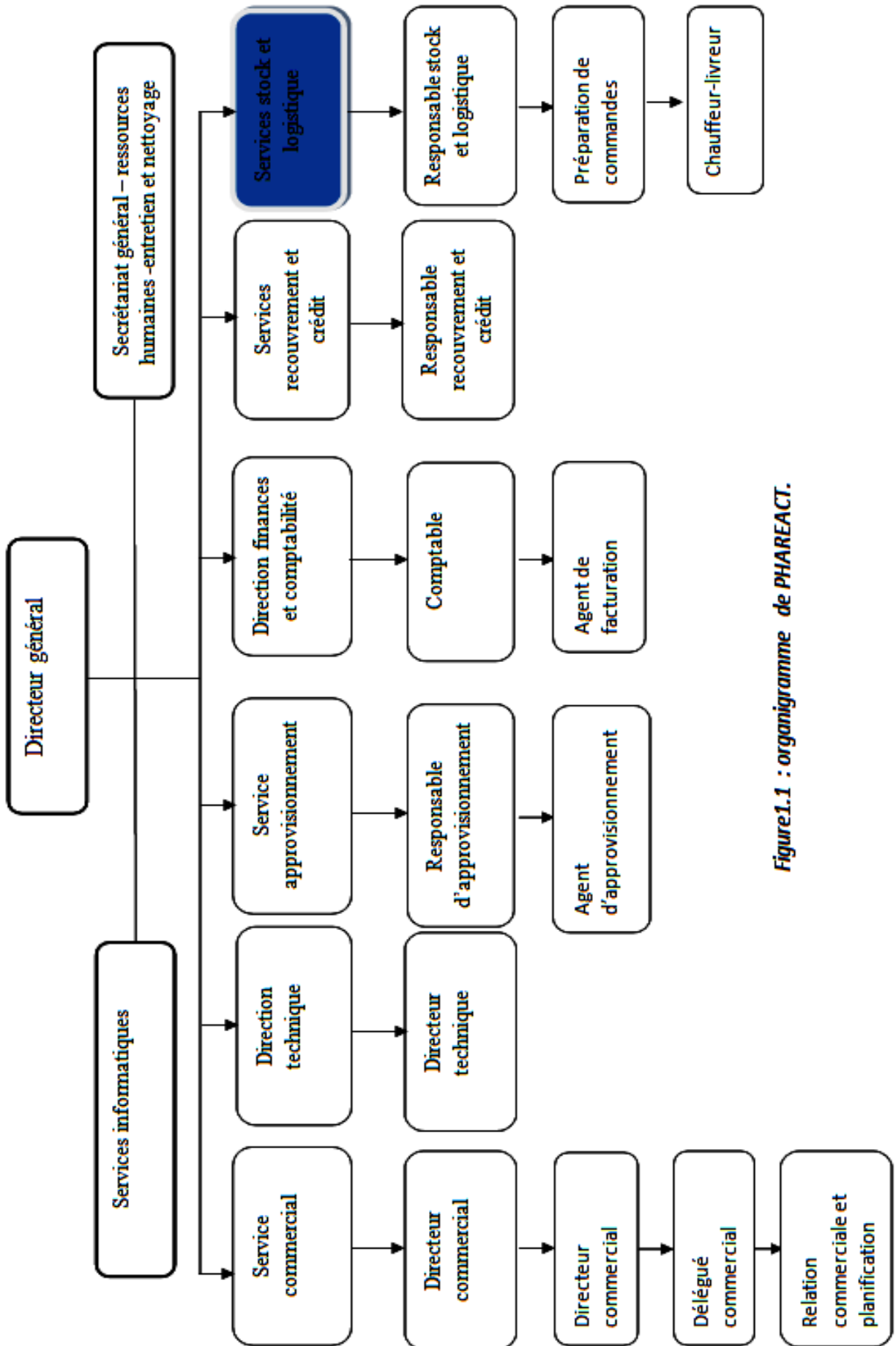


Figure 1.1 : organigramme de PHAREACT.

### 1.1.3 Effectif général :

#### Identification de l'entreprise :

**Raison sociale :** SARL.

#### Logo :



**Date de création :** Février 2018.

**Gérant :** Mr Ferhat Menguellat.

**Adresse :** Route de Tizi-Ouzou- Draa El Mizan.

**Téléphone/Fax :** 026.13.22 07.

**Site web:** [www.phareact.com](http://www.phareact.com).

#### Les moyens et matérielles :

- Un espace administratif de 150 m<sup>2</sup> ;
- Un espace de stockage de 780 m<sup>3</sup> ;
- Un espace de préparation de commande de 500 m<sup>2</sup> ;
- Une chambre froide positive de 45 m<sup>3</sup> ;
- Un coffre-fort pour le stockage de produit dangereux et psychotrope ;
- Une chambre de produit non conforme et endommagé ;
- Une chambre de produit en cours d'analyse.

L'entreprise dispose de deux véhicules utilitaires utilisés pour l'approvisionnement et la distribution des produits :

- ✓ 03 Fourgons de marque Ford Transit.
- ✓ 05 Peugeot Partner.

Les valeurs du groupe et moyen de Communication :

Un référentiel des valeurs a été mis en œuvre. Leurs applications doivent être le reflet d'un comportement exemplaire basé sur :

- ✓ Écoute et Respect ;
- ✓ Intégrité et Transparence ;
- ✓ Solidarité et Esprit d'équipe ;
- ✓ Initiative et persévérance ;
- ✓ Courage et Engagement de performance.

La communication entre les employés et les différentes cellules de l'entreprise est faite par :

- ✓ Contact direct ;
- ✓ Contact par la messagerie de l'entreprise ;
- ✓ Contact par appel téléphonique.

### 1.1.4 Présentation des différents services :

#### ➤ **Service approvisionnement :**

- ✓ Chargé des achats de l'entreprise et de la négociation avec les fournisseurs ;
- ✓ Assure la disponibilité des produits ;
- ✓ Veille à la fiabilité des sources d'approvisionnements sur le plan des délais, de la qualité, de la quantité et des prix ;
- ✓ Choisit les fournisseurs et surveille leurs agréments et leurs capacités à fournir des produits.

#### ➤ **Service commerciale :**

- ✓ Chargé de la vente et la commercialisation des médicaments ;
- ✓ La communication, qui lui permet de transmettre des informations concernant le produit ou le service aux clients ciblés ;
- ✓ La vente à proprement parler, qui vient conclure la phase de l'approche du client et de la présentation commerciale du service ;
- ✓ Le service, qui doit intervenir avant et après la vente en se mettant à la disposition du client et en écoutant ses remarques.

### ➤ **Service Stock et Logistique :**

- ✓ Chargé de la réception ;
- ✓ Optimiser les stocks et organiser les espaces de stockage ;
- ✓ Le stockage et le déstockage des produits achetés auprès des fournisseurs. D'autre part, la préparation des commandes, leurs contrôles et leurs livraisons ;
- ✓ Améliorer la gestion de l'approvisionnement et la gestion des stocks.

### ➤ **Service recouvrement et Crédit :**

- ✓ Responsable de l'évaluation de la solvabilité des clients ;
- ✓ La réévaluation de la situation des clients en retard de paiement ;
- ✓ Mise en place des procédures juridiques de recouvrement et la veille au maintien d'un contact privilégié avec les créanciers.

### ➤ **Direction Technique :**

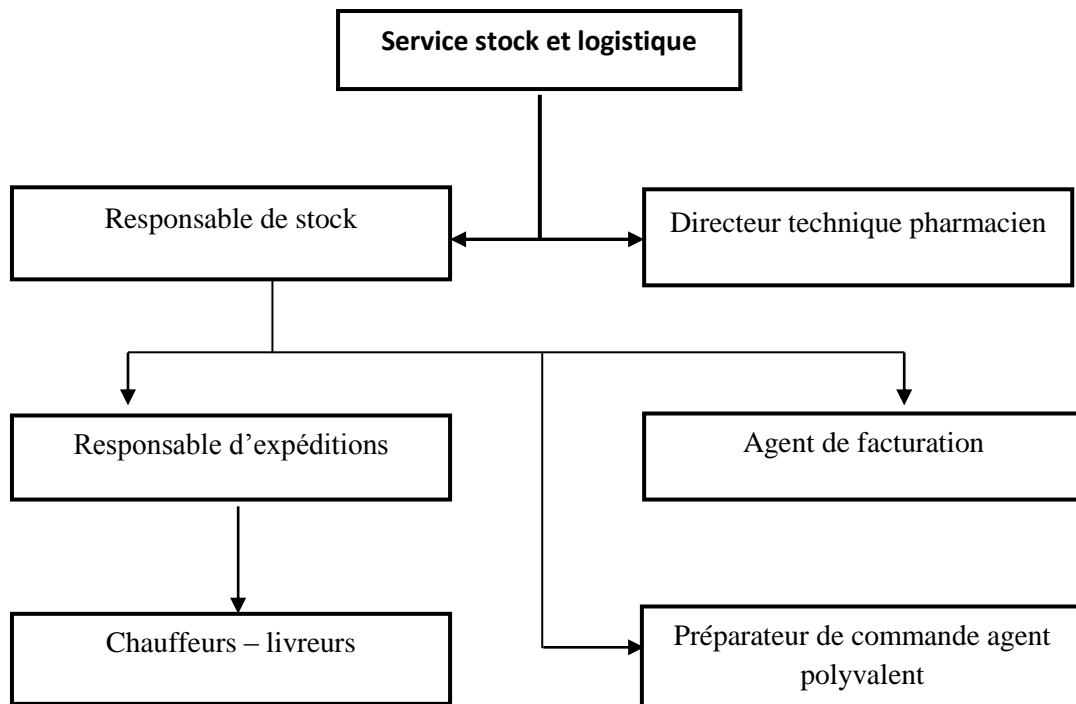
- ✓ Chargée de l'application de l'ensemble des règles techniques et administratives édictées dans l'intérêt de la santé publique ;
- ✓ Intervient sur les méthodes, sur la qualité, la sécurité et l'environnement et veille au respect des normes et du cadre législatif.
- ✓ Direction Finance et Comptabilité :
- ✓ Chargée de la comptabilité et la facturation ;
- ✓ L'évaluation régulière des principaux indicateurs financiers ;
- ✓ La gestion budgétaire, comptable et financière de la société.

## **1.2 Champs d'étude : Service stock et logistique**

La logistique est le processus de base dans chaque système d'alimentation pharmacologique qui consiste à gérer de manière stratégique l'approvisionnement, le déplacement et le stockage des produits. Ces fonctions ont pour objet d'organiser au moindre coût, le circuit de matières aboutissant à livrer au client le bien qu'il souhaite à l'endroit et au moment voulu.

Les principaux éléments de la chaîne logistique sont les fournisseurs en premier lieu puis les stocks au niveau des services, la distribution et enfin l'utilisation. Ces éléments sont coordonnés par différents acteurs avec un flux d'informations divers, tout au long de la chaîne.

## 1.2.1 Organigramme du service stock et logistique [1] :



**Figure 1.2 :** Organigramme du service stocks et logistique.

## 1.2.2 Les différentes tâches principales des employés présents en service stock et logistiques

✓ **Responsable des stocks** : un superviseur des commandes chargé du suivi des prévisions et des ventes pour ne jamais se confronter à un épuisement des stocks. C'est aussi un responsable d'équipe dans le cadre d'évènements commerciaux divers.

✓ **Le pharmacien directeur technique** : est personnellement responsable de l'application de l'ensemble des règles techniques et administratives édictées dans l'intérêt de la santé publique. Ces tâches sont : le contre administratif, techniques et de sécurité des substances et médicaments ayant des propriétés psychotropes.

✓ **Responsable expéditions** : a pour fonction d'assurer la réception, le stockage, la préparation et la distribution des produits.

✓ **Agent de facturation** : assure l'ensemble de la saisie des factures fournisseur et clients. Ces missions principales sont : le contrôle et l'enregistrement des factures reçues.

✓ **Préparateur de commandes** : le préparateur de commandes suit les indications du bon de commande émis par le service commercial destiné à un client. Il rassemble les produits et les conditionne dans un conteneur spécifique (colis, carton, palette, glacière, etc.). Après

vérification de la conformité de sa préparation par rapport à la commande (quantités, références, etc.), le préparateur de commandes emballe le tout et transmet la commande préparée au service livraison. Essentiel dans le bon déroulement d'une commande, il joue un rôle particulièrement clé dans le développement d'entreprise.

✓ **Chauffeurs** : Le chauffeur-livreur est chargé d'effectuer des livraisons en temps et en heure auprès de clients particuliers ou professionnels. Il livre ses clients, occasionnels ou réguliers, et recueille leur signature sur le bon de livraison. Il sait se montrer sympathique et avenant car il représente l'image de son entreprise.

### 1.2.3 Produits pharmaceutiques [2]

Définition des produits pharmaceutiques :

Le terme « produits pharmaceutiques » désigne l'ensemble des articles dont la gestion est sous la responsabilité d'un ou plusieurs pharmaciens. Ils comprennent, outre les médicaments, une diversité de produits destinés à l'amélioration de la santé, que ce soit en permettant l'administration d'un traitement, ou l'établissement d'un diagnostic, ou la préparation de médicaments eux-mêmes.

Les typologies des produits pharmaceutiques :

À cet effet, il existe trois types de produits de santé tels que : les médicaments ; les dispositifs médicaux et les produits à allégation de santé. Le tableau ci-dessous nous montre les types de produits pharmaceutiques :

Typologies des produits pharmaceutiques		
LES MEDICAMENTS	DISPOSITIFS MEDICAUX (DM)	PRODUIT ALLEGATION DE SANTE
Un médicament c'est toute substance utilisée pour prévenir, atténuer, ou guérir une maladie ou ses symptômes, il est constitué de deux parties. Principe actif et les excipients Et aussi d'une forme galénique.	Les DM sont des produits pharmaceutiques non médicamenteux tels que matériel médicochirurgical, accessoires...etc. Les <b>DM</b> sont utilisés à des fins telles : de diagnostic, prévention, contrôle, traitement ou atténuation d'une maladie ; par exemple : Thermomètre médical, Hémodialyseur, stéthoscope, pansements etc.	On appelle allégation de santé tout message (texte, nom de marque, image etc.) qui affirme, suggère ou implique qu'un produit procure des bénéfices particuliers en termes de santé.

**Tableau 1 .1** : typologies des produits pharmaceutiques.

#### 1.2.4 Méthodes de stockage [1]:

La planification du stockage comprend la sélection des emplacements, la conception des installations de stockage, la mise en œuvre de systèmes permettant de manipuler des médicaments dans les zones de stockage et la sélection de médicaments qui doivent être stockés à chaque niveau.

PHAREACT dispose d'un outil informatique conçu dès le départ pour permettre une gestion rapide et efficace de tous ses processus, en commençant par le processus de la préparation des commandes par :

- L'utilisation des étiquettes et des douchettes pour une meilleure vérification (diminuer le taux d'erreurs pendant la préparation des commandes) ;
- L'utilisation d'un système informatisé dans l'organisation de stock et le guide des préparateurs des commandes : stockage dynamique par zones qui évite des marches arrière lors de la préparation.

#### Conditions de stockage :

En premier lieu Il est important de garder chaque produit dans son emballage d'origine pour différentes raisons :

- Identification de la molécule ;

- Identification de la date d'expiration : les dates d'expiration doivent être respectées pour des raisons légales, mais avant tout pour ne pas altérer la qualité du médicament ;
- Conservation : certains produits injectables sont photosensibles : la coloration du verre de l'ampoule permet une protection contre la lumière. De plus, pour prévenir de l'humidité, les boîtes de comprimés peuvent contenir un sachet de produit déshydratant qui doit rester au contact des comprimés.

**Autres conditions de stockage résumées dans le tableau suivant :**

Températures				Produits contrôlés	Matériels médicaux
<-15°C	+2°C à +8°C	+8°C à +15°C	+15°C à +25°C	Ces produits doivent être obligatoirement conservés dans un endroit sécurisé (armoire fermée à clé), en respectant les directives nationales comme les psychotropes, les analgésiques.	Produit ranges séparément, par groupe d'article.
Au congélateur certains vaccins comme : botox, tissucol.	Au réfrigérateur la plupart des vaccins comme : les insulines.	Au frais comme certains vaccins.	Produits standard conserver à température ambiante comme : les collyres.		

**Tableau 1.2 :** condition de stockage des produits pharmaceutiques

**Dispositions des produits pharmaceutiques sur une étagère :**

DISPOSITIONS SUR UNE ETAGERE		
ETAGERE DU HAUT	ETAGERE DU MILIEU	ETAGERE DU BAS
Formes solides : comprimés, capsules, sachets.	Produits liquides incluant les injectables et les crèmes.	Consommables comme les produits chirurgicaux, de laboratoire etc.

**Tableau 1.3 :** Dispositions des produits pharmaceutiques sur une étagère

## Classement de produits à l'intérieur des étagères

Le tableau ci-dessous nous montre le classement des produits selon trois catégories :

CLASSEMENT DE PRODUITS DANS LES ETAGERES		
SELON LEUR FORME GALENIQUE	SELON LEUR THERAPEUTIQUE	SELON LEUR DCI
<p>La forme galénique c'est la forme sous laquelle on trouve les produits pharmaceutiques</p> <p>Les différentes formes sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Usage interne : médicaments oraux (comprimés, sachets, sirops).</li> <li>• Injectables : vaccins.</li> <li>• Usage externe : pommades, désinfectants.</li> </ul> <p>Autre produit : petits matériels (cotons compresses), matériels de laboratoire</p>	<p>Le classement par spécialités donne directement une indication sur l'utilité du médicament</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Allergologie.</li> <li>• Endocrinologie.</li> <li>• Antalgiques.</li> <li>• Cardiologie.</li> <li>• Dermatologie.</li> <li>• ETC.</li> </ul>	<p>Les médicaments ont un nom chimique appelé DCI qui est le plus souvent différent de celui qui lui est donné par le fabricant (nom commercial)</p> <p>Exemple : la DCI de l'Efféralgan est Paracétamol.</p> <p>Les produits similaires sont rangés ensemble sous leur dénomination commune internationale (DCI).</p>

**Tableau 1.4** : classement des produits pharmaceutiques à l'intérieur des étagères.

### 1.3. Présentation des problèmes liées au service stock et logistique :

Suite à la réalisation du stage de trois mois dans l'entreprise PHAREACT, il sera question pour nous de souligner les insuffisances et les divers problèmes relevés dans la gestion des stocks des produits pharmaceutiques et trouver des solutions aux différents problèmes.

- Logiciel de l'entreprise PHAREACT : l'entreprise dispose d'un logiciel qui détermine les quantités disponibles en stock de chaque produit et la consommation moyenne. Mais qui ne définit pas le stock de sécurité, un point important afin d'éviter les ruptures de stock.
- Absence de méthodes scientifiques d'approvisionnement : PHAREACT ne dispose pas de méthode scientifique afin de gérer ces achats. Cette dernière gère ces approvisionnements en se basant sur la consommation moyenne ainsi qu'à l'expertise de ces approvisionnements.
- L'inutilisation des méthodes et techniques de la recherche opérationnelle à savoir : L'analyse, la modélisation, la résolution et l'interprétation des résultats, en se basant sur la gestion classique des approvisionnements et des stocks

- Le sur stockage : le sur stockage trouve son origine dans les approvisionnements peu judicieux, certains produits ne devraient pas être approvisionnés en grande quantité car ce sont les moins demandés.

### 1.3.1 Suggestions et recommandations :

Compte tenu de l'importance des notions du temps et des couts, l'entreprise PHAREACT doit s'orienter vers l'utilisation des méthodes basées sur des techniques de la recherche opérationnelle afin d'optimiser au mieux la gestion des stocks et d'approvisionnement.

- Assure un bon taux de rotation des stocks.
- Passer une commande au fournisseur lorsque le stock sécurité est atteint.
- Travailler avec la commande livrée jusqu'au seuil minimum, puis passer une nouvelle commande.
- La mise en place d'un logiciel de gestion des stocks.

## *Chapitre II :*

### *Modèles de gestion des stocks*

### Introduction

La gestion des stocks est une fonction importante dans l'entreprise, son rôle consiste à chercher quand et combien approvisionner pour satisfaire la demande à moindre coût. Le stock regroupe l'ensemble des tâches, de la plus simple à la plus complexe. En premier lieu nous insisterons sur la définition et les catégories du stock, une analyse des différents niveaux du stock et les coûts engendrés, ensuite on invoquera l'importance de la gestion des stocks et son rôle dans l'entreprise ainsi que les différents critères d'aide au choix du modèle mathématique. En second lieu on présentera les méthodes traditionnelles de gestions des stocks

#### 2.1 Concepts et généralités sur les stocks et la gestion des stocks :

##### 2.1.1 Stocks :

➤ **Qu'est-ce qu'un stock ? :**

Un stock est une provision de produits en instance de consommation se trouvant en réserve à un instant  $t$ , dans un magasin. Il est régi par des flux entrants et sortants. Deux éléments opposés mais sont complémentaires tant sur le plan de la logique des mouvements physiques que sur le plan de logique économique des coûts.

- ✓ **Flux entrant** : est le résultat de la passation et de la réception des commandes fournisseurs. Ils permettent d'alimenter le stock.
- ✓ **Flux sortant** : est représenté par les différentes dispensations, ou délivrances, il démunie le stock consisté.

### Nature, avantages et inconvénients des stocks :

Type des stocks	Avantage des stocks	Inconvénients des stocks
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Stocks de matières premières et de composantes.</li> <li>✓ Stocks des pièces en cours de fabrication.</li> <li>✓ Stocks des pièces en cours de fabrication.</li> <li>✓ Les emballages.</li> <li>✓ Les matières consommables</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Assurer le délai de livraison du client.</li> <li>✓ Se protéger des variations de valeur des marchandises.</li> <li>✓ Demande du client Satisfait (pas de rupture de stock).</li> <li>✓ Assurer une production stable et une consommation régulière.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Immobilisation des surfaces de stockage.</li> <li>✓ Immobilisation des moyens financiers importants.</li> <li>✓ Vieillessement, détérioration du produit.</li> <li>✓ Les coûts engendrés par l'entretien et la protection des stocks.</li> </ul>

**Tableau 2.1** : Nature, avantages et inconvénients des stocks.

#### 2.1.1.1 Combien coute un stock [3] ?

Les couts de stocks sont les couts liés au fait de stocker et d'entretenir du stock sur une certaine durée. On distingue trois types de frais :

➤ **Frais de passation de commandes :**

Ils comprennent tous les frais engagés pour faire des achats, ils sont souvent beaucoup plus élevés qu'ils ne paraissent à première vue, ils se composent de ces principaux éléments suivants :

- ✓ Salaires majorés des charges salariales et charges d'approvisionnement, et comptabilité fournisseurs.
- ✓ Frais de déplacement des acheteurs et contrôleurs itinérants et réceptions des articles achetées.
- ✓ Frais de postes, téléphones.
- ✓ Montant des fournitures des services déjà cités.
- ✓ Amortissement et frais accessoires : location du matériel et du mobilier, frais de poste, téléphones, frais d'énergie.
- ✓ Coût du service informatique.

➤ **Frais possession du stock :**

Posséder, conserver et compter un stock entraînent un certain nombre de charges qui sont réparties dans un grand nombre de postes différents de la comptabilité.

On distingue deux catégories :

- ✓ Charge financière : taux d'argent immobilisé dans le stock.
- ✓ Frais du magasinage :
- ✓ L'entretien de ces magasins : salaires des magasiniers, location ou amortissement des locaux, machines matérielles et mobilières utilisées.
- ✓ Frais d'énergie (manutention, électricité, chauffage, climatisation).
- ✓ Primes d'assurances.
- ✓ Cout de l'informatique et de comptabilité matières.
- ✓ Pertes par détériorations, vols, erreurs, etc.

➤ **Frais de rupture de stock :**

Ce sont les frais supportés lorsqu'il est impossible de satisfaire une demande exprimée. La quantité en stock est alors nulle, le cout d'une rupture de stock est peut-être un manque à gagner, la perte d'un client, une pénalité du retard de livraison, l'achat ou la location d'un produit de remplacement, un arrêt plus au moins long de fabrication, un chômage technique partiel, un dépannage coûteux, etc.

Il est généralement très difficile, sinon impossible, d'évaluer de tel cout, mais on peut affirmer que, tout aussi généralement, ils sont très élevés.

### 2.1.1.2 . Les différents niveaux de stock [4] :

- i. **Stock maximum** : C'est le niveau des stocks le plus élevé, détenu par l'entreprise, il détermine la capacité physique maximale de stockage. Au-dessus de ce seuil de stockage le stock devient onéreux.

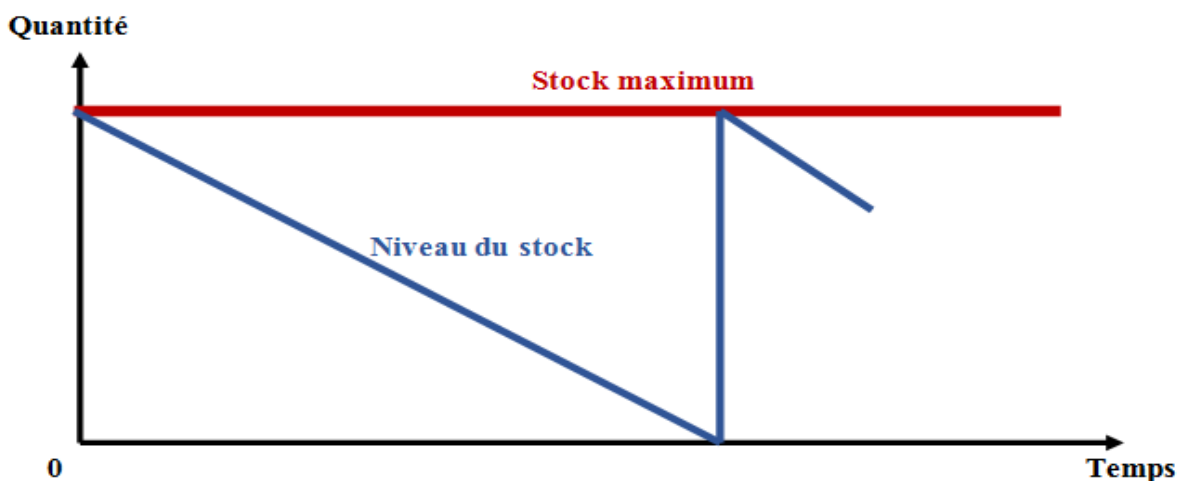


Figure2.1 : représentation graphique du niveau de stock maximum [4]

- ii. **Stock minimum** : plus bas du stock déclenchant la passation de commande lorsqu'il est atteint. C'est le niveau de stock qui permet de déterminer le point de commande pour les consommations régulières.

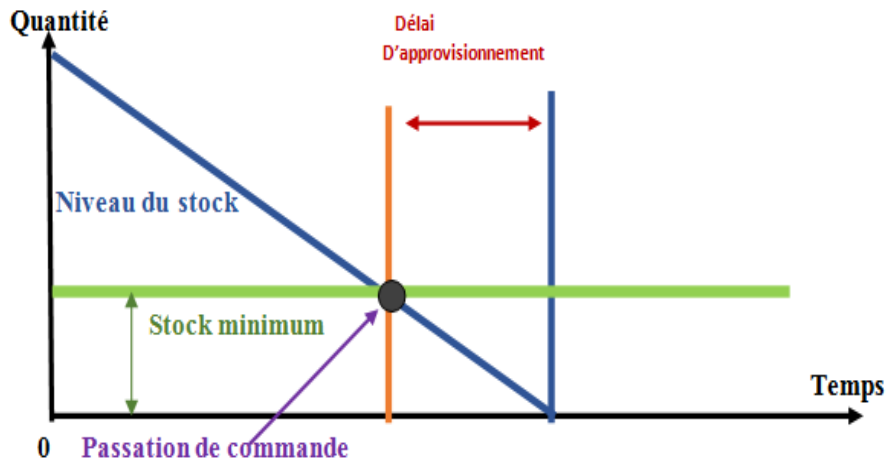


Figure 2.2: représentation graphique du niveau de stock minimum [4].

- iii. **Stock de sécurité** : le niveau de stock disponible pour répondre à des situations imprévues telles que retard d'approvisionnement ou commandes exceptionnelles. C'est un stock « dormant » qui doit être reconstitué dès lors qu'il est entamé afin qu'il puisse jouer son rôle.

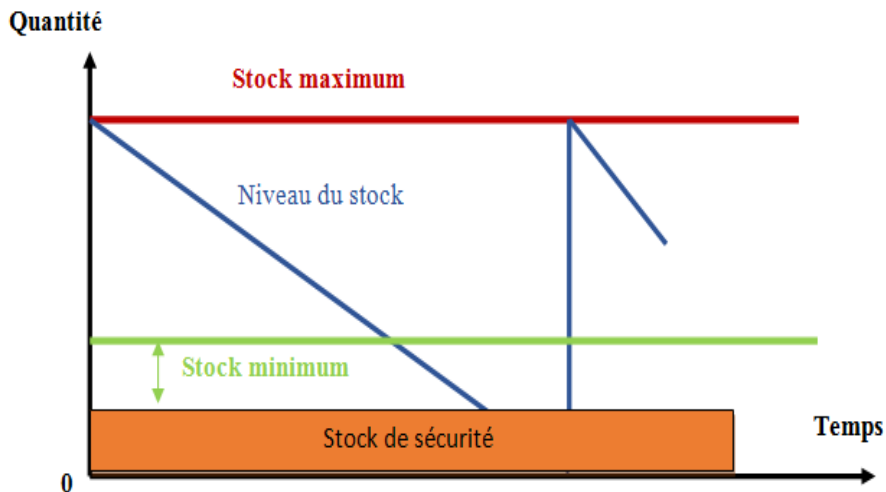


Figure 2.3 : représentation graphique du niveau de stock sécurité[4]

- iv. **Stock d'alerte** : C'est le niveau de stock prédéfini par le gestionnaire, supérieur au stock de sécurité qui déclenche le réapprovisionnement. Il est égal au Stock minimum + Stock de sécurité.

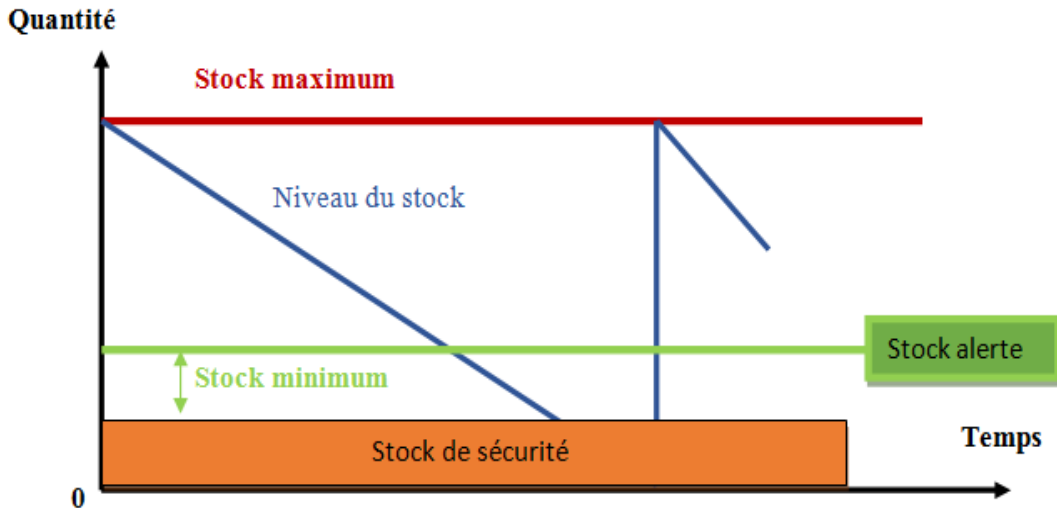


Figure 2.4: représentation graphique du niveau de stock d'alerte [4]

- v. **Stock moyen [3]** : Représente le moyen arithmétique entre le stock maximum et le stock minimum.

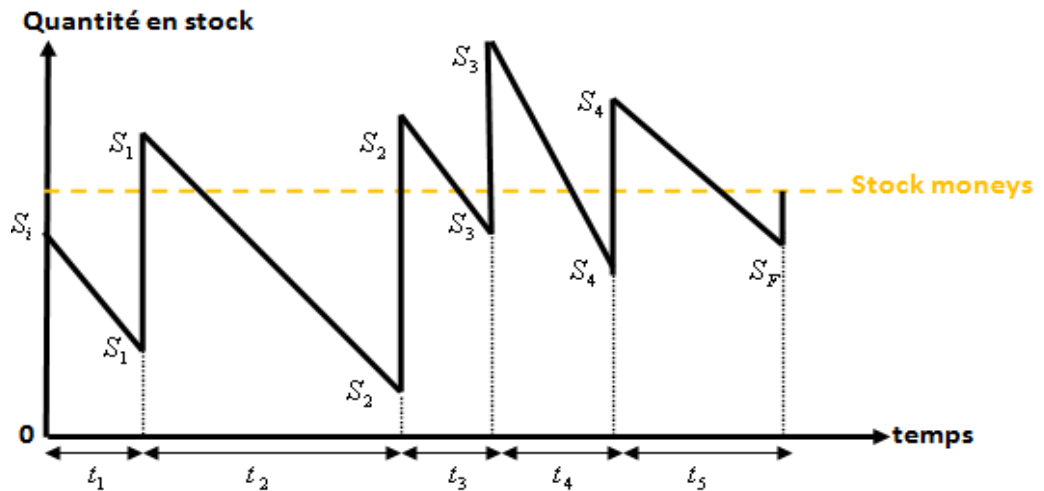


Figure 2.5 : représentation graphique du stock moyen [3]

La diminution du stock entre deux livraisons est représentée par une droite pendant un temps. Chaque livraison est représentée par un segment vertical dont la longueur est proportionnelle à la quantité livrée. On obtient alors une représentation suivant une courbe en « dents de scie ». Le stock moyen est donné par la formule suivante :

$$S_m(t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_f) = \frac{S_i + S_1}{2} t_1 + \frac{S_1 + S_2}{2} t_2 + \frac{S_2 + S_3}{2} t_3 + \frac{S_3 + S_4}{2} t_4 + \frac{S_4 + S_f}{2} t_f$$

- vi. **Stock disponible** : niveau de stocks qui correspond au stock existant additionner des entrées prévisionnelles et diminué des sorties prévisionnelles.
- vii. **Stock outil** : stock indispensable à l'activité commercial ou industrielle considéré comme immobilisé.
- viii. **Stock mort ou dormant** : correspond à des produits stockés sans sortie depuis un certain temps. S'il s'agit de produits finis, on les appelle particulièrement rossignols, et ils sont soit soldés soit détruits.

### 2.1.1 Gestion des stocks :

#### Qu'est- ce que la gestion des stocks ?

Gérer les flux des entrées et des sorties. Consiste à maintenir à un niveau de stock acceptable, ni trop élevé, ni trop bas. La gestion des stocks est l'ensemble des tâches et technique de la plus simple à la plus complexe, nécessaire à l'établissement et à la réalisation du programme d'approvisionnement de l'entreprise, au stockage de la marchandise, à l'orientation des ventes, dans les meilleures conditions économiques tout en évitant les ruptures de stock et sur stockage.

#### ➤ Objectifs en gestion des stocks [5] :

- Maintenir un niveau de service à la clientèle élevé.
- Assurer la disponibilité constante des stocks.
- Maintenir un système de contrôle des stocks précis.
- Minimiser les coûts de stockage.
- Minimiser les coûts de commande.
- Maximiser le retour sur investissement.
- Minimiser les coûts du système de gestion des stocks.
- Zéro-stock.
- Classer les stocks dans le magasin pour une utilisation rapide.

#### ➤ Les avantages de la gestion des stocks :

La gestion des stocks permet donc, grâce à une maîtrise des stocks, d'assurer le lissage de la production. C'est un véritable avantage notamment pour les activités saisonnières. Il sera aussi possible de réduire les coûts liés aux matières premières dont les prix varient durant l'année.

Un stock optimal permet de limiter les goulots d'étranglement puisque vous pourrez constituer des stocks tampon. Dans tous les cas, il est important de trouver la méthode de gestion des stocks qui répond le mieux à votre besoin et de l'approvisionnement.

### ➤ **Difficultés de la gestion des stocks :**

La gestion des stocks revêt un certain nombre de difficultés dont les principales sont :

- ✓ La difficulté pour une programmation rigoureuse à cause de fluctuation saisonnière, des actions de la publicité et de la concurrence ainsi que de la variation possible de délais de livraison.
- ✓ Les contraintes relatives au produit industriel spécialisé nécessitent un service de vente qualifié dont parfois seul le fabricant est en mesure d'assurer.
- ✓ Les caractères périssables de produits exigent un acheminement rapide dans les meilleures conditions de conservation.

### ➤ **Les paramètres de la gestion des stocks [6] :**

Nous étudions quelques paramètres qui influent sur le coût de stock :

- ✓ Le prix unitaire d'achat : il est possible d'obtenir des remises quantitatives et ainsi, le prix unitaire d'achat est réduit par le système de tarif à seuil.
- ✓ Le délai d'approvisionnement : il représente le temps entre le moment où l'ordre doit être livré (la due date) et la date de lancement de l'ordre. Il a une influence sur la gestion des stocks que nous montrons dans les chapitres suivants.
- ✓ Le coût de lancement et le coût de possession d'une commande : l'objectif d'une bonne gestion des stocks est de trouver le nombre optimal de lancements en tenant compte des délais entre deux lancements, le coût de lancement d'une commande et son coût de possession afin de réduire le coût total de lancement sur un horizon d'une année, par exemple.
- ✓ Les politiques de gestion des stocks : une fois les paramètres qui interviennent dans le calcul du coût de stockage sont connus, nous pouvons déterminer les politiques de gestion des stocks qui minimisent le coût total en tenant compte de la satisfaction des clients.

### ➤ **Méthodes utilisées en gestions des stocks [7] :**

**Méthode utilise pour rechercher, organiser et traiter l'information sur les stocks**

**A. Qualitative :** les méthodes qualitatives utilisent des données subjectives. Le résultat dépend donc du jugement de l'expérience et de l'expertise de ceux qui formulent les prévisions. Elles se basent principalement sur :

- ✓ Opinion des vendeurs.
- ✓ Opinion des consommateurs (enquête).
- ✓ Opinion d'experts.
- ✓ Opinion des cadres.

➤ **Les méthodes qualitatives les plus connues sont :**

- ✓ Enquêtes auprès des consommateurs.
- ✓ Les panels d'experts.
- ✓ La méthode Delphi.
- ✓ L'analogie historique.

**B. Quantitative :** les méthodes quantitatives sont basées sur des données historiques ou sur des associations entre des variables de l'environnement

- ✓ Les registres comptables.
- ✓ Les cartes de contrôle attachées à chaque groupe d'articles entreposé.
- ✓ Le système MRP.
- ✓ L'analyse ABC.
- ✓ Un système de code à barre et de lecteur optique.
- ✓ Kanban.
- ✓ Autres.

➤ **La classification des modèles [5] :**

Il existe une variété de modèles mathématiques en gestion des stocks permettant la détermination des quantités à commande, des dates de réapprovisionnement, du niveau des stocks de sécurité, pour la plupart de ces modèles, il existe également une série de modèles hybrides pouvant répondre à diverses contraintes alentours. Il est important de définir les caractéristiques qui nous permettent de classer au maximum les principaux modèles de gestion de stock.

**Caractéristique de classification des modèles de gestion des stocks [8] :**

**i. Nature de la demande :**

L'origine la plus courante des problèmes d'excès de stock est la méconnaissance de la nature de la demande lors de la conception du système de contrôle des stocks.

Cependant on distingue deux catégories de nature :

**a) Demande indépendante :** elle se rapporte aux produits finis (ou service), c'est toute demande qui n'est pas liée à la demande d'un autre produit.

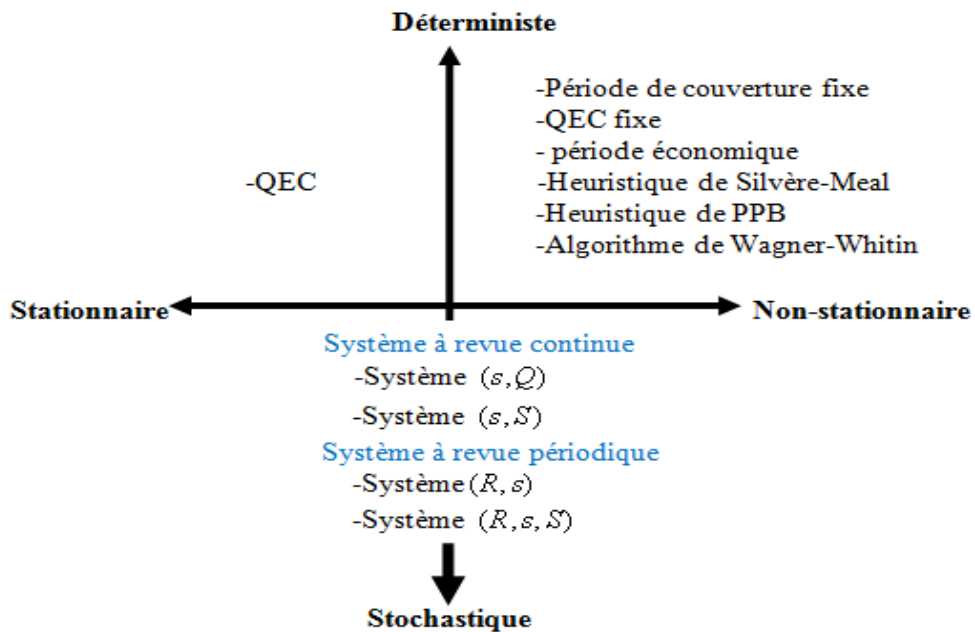
**b) Demande dépendante :** lorsque pour certains assemblage, composante ou pièces La disponibilité de la demande se reflète à divers niveaux de montage.

Exemple : fabriquer 45 produits X et chaque produit X et fait avec 2Y et 3H.

Les besoins se calculent en fonction de la demande pour les produits finis où de la demande pour d'autres composantes.

Une autre caractéristique peut également être considérée lorsqu'on aborde la nature de la demande.

- **Sa variabilité :** on dit d'une demande qu'elle est déterministe lorsqu'elle est parfaitement connue à l'avance.
- **Stochastique :** la demande peut également être non stationnaire selon que son niveau moyen varie ou non dans le temps.



**Figure 2.6 : classement des méthodes de gestion des stocks selon la nature de la demande [8]**

### Remarque 2.1 :

La notation des méthodes stochastiques de gestion des stocks peut différer d'un ouvrage à un autre. Par exemple : système  $(s, Q)$  , système  $(s, S)$  , système  $(R, s)$  , système  $(R, s, S)$  , noté respectivement : système  $(Q, r)$  , système  $(s, S)$  , système  $(R, T)$  , système  $(T, r, s)$ .

### Autres critères de classification [9] :

- i. **Nombre d'article** : un seul ou plusieurs articles.
- ii. **Structure du flux des marchandises** : parallèle, en série ou bien multi-échelon.
- iii. **Fréquence de révision du modèle** : périodique ou continue.
- iv. **Variabilité des quantités à commander** : quantité fixe ou variable.
- v. **Manière de modéliser le cout** : linéaire, concave, convexe etc.
- vi. **Processus d'approvisionnement** : fini ou infini.
- vii. **Le délai de livraison** : zéro ou non-zéro.
- viii. **Les situations spéciales** : produits périssables, obsolescence des produits, limite des produits en stock.
- ix. **L'horizon de Planification** : fini ou infini.
- x. **Satisfaction de la demande** : demande devant être satisfaite ou possibilité de pénurie.
- xi. **Manière de modéliser les coûts** : linéaire, linéaire plus coûts fixes, concave, convexe, etc.
- xii. **Les situations spéciales** : produits périssables, obsolescence des produits, limite des produits en stock, etc.

### 2.2 Modèles mathématiques de gestion des stocks :

Les modèles de gestion de stocks étudiés dans la littérature sont aussi nombreux que variés des modèles déterministes, pour lesquels il n'existe aucune incertitude sur les paramètres du problème considéré.

Il est possible de gérer le stock en agissant sur deux éléments, l'intervalle entre deux commandes et la quantité commandée. Or quantités et intervalles peuvent être soit fixes soit variables. Deux paramètres (pouvant avoir deux positions) fournit en tout et pour tous  $2 \times 2 = 4$  méthodes de gestion des stocks, pas une de plus, pas une de moins suivant le tableau ci-dessous :

<i>Périodes</i>	<i>Période fixe</i>	<i>Période variable</i>
<i>Quantité fixe</i>	Modèle de Wilson et ses variantes	Modèle de point de Commandes
<i>Quantité variable</i>	Modèle de Re-complètement Périodique	Modèles hybrides

**Tableau2.2** : modèles mathématiques de gestion des stocks.

On voit tout de suite que la première méthode est très brutale est totalement de souplesse, alors que la dernière, très souple et sans doute très difficile d'application, la deuxième et la troisième méthode sont d'application plus simple.

Il y a donc dans l'ordre de classement adopté une progression dans le degré d'élaboration de ces méthodes et nous appliquerons l'une ou l'autre suivant les parties de stock à gérer.

### 2.2.1 Méthode de classement des stocks [5] :

#### ➤ Méthode ABC :

Il n'est pas très économique de contrôler de façon très rigoureuse les articles à faible valeur d'utilisation annuelle. À l'opposé, le gestionnaire doit accorder une attention particulière aux articles à forte valeur d'utilisation annuelle. Un bon outil permettant de réaliser ce constat est la méthode d'analyse ABC. Cette méthode, aussi connue sous le nom de courbe ou d'analyse de Pareto, divise les stocks en trois catégories :

- ✓ **Les articles de classe A** : représentent en général 20% du total des articles entreposés mais ont une valeur d'utilisation cumulative d'environ 80% du total des articles.
- ✓ **Les articles de Classe B** : sont ceux qui n'ont pas suffisamment de valeur pour se retrouver dans la classe A mais un peu plus que les articles compris dans la classe C (des articles intermédiaires souvent entre 20 à 40% de nombre totale d'élément).
- ✓ **Les articles de Classe C** : comprend pour sa part les articles à faible valeur. Ces articles représentent environ 60% des articles entreposés mais en revanche, n'ont une valeur d'utilisation cumulative guère plus élevée que 10% du total des articles.

Il apparaît clairement qu'un contrôle très précis des articles A va certainement agir puissamment sur l'investissement en stock, nécessaire à la bonne marche de l'entreprise. Inversement, le contrôle précis des articles C ne va probablement pas être rentable.

### Les étapes de la menthe ABC :

1. Calcul de la consommation annuelle par article (en valeur).
2. Classement des articles dans l'ordre des valeurs décroissantes.
3. Calcul de pourcentage par rapport au total, et du pourcentage cumulé.
4. Définition des tranches A, B, C.
5. Représentation graphique (éventuellement).

### ➤ Explication de l'indice GINI (Y) :

L'indice de Gini ou indice de concentration permet de déterminer, avec l'aide du graphique, si le critère retenu est pertinent, et donc de savoir s'il faut poursuivre l'étude, ou s'il faut choisir un autre critère d'analyse.

Soit le graphe d'analyse ABC suivant :

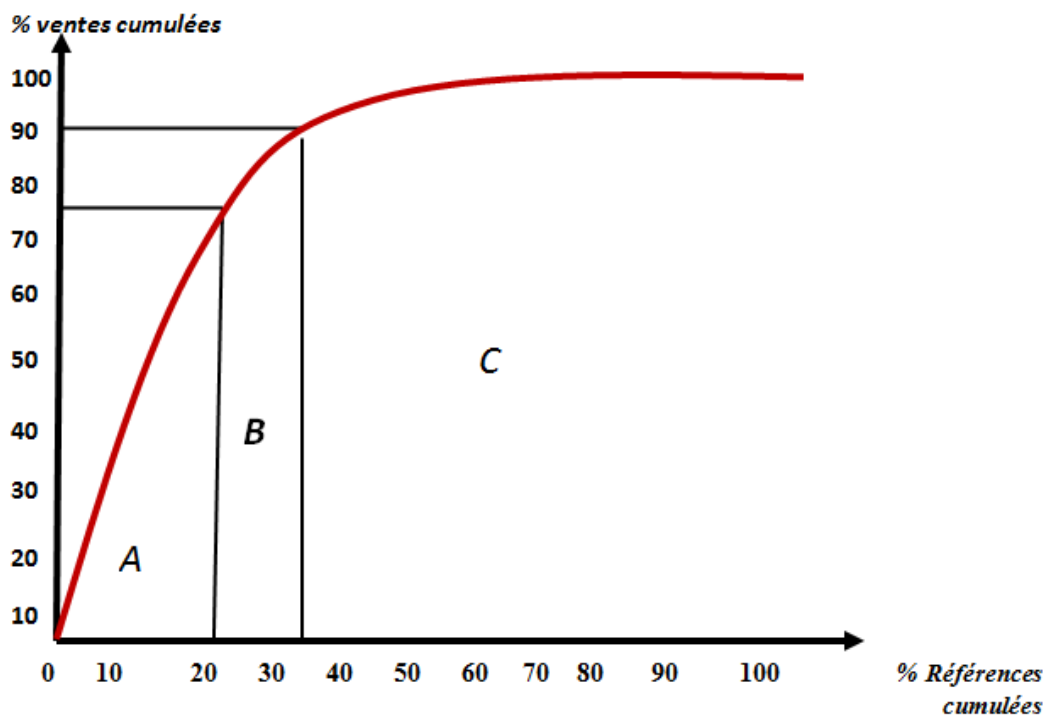


Figure 2.7 : graphe de l'analyse abc.

### On ajoute :

- Une diagonale reliant les 2 extrémités de la courbe, soit les points O (0,0) et B (100,100).
- Le point A sur l'axe des ordonnées placées à 100.
- Le point C sur l'axe des abscisses placé à 100.
- La surface S comprise entre la courbe et la diagonale OB.

L'indice de GINI est en fait un rapport de surface, il permet de déterminer le pourcentage d'occupation de la surface S dans le triangle AOB.

Le chiffre 5000 dans la formule en se référant au graphe on constate que les points A, O, B, C forment un carré est égale à  $100 \times 100 = 10000$ . Le chiffre 5000 de la formule correspond à la moitié de cette surface, soit la surface AOB déjà citée dans l'explication ci-dessus.

L'indice est symbolisé par le signe Y. Il doit être supérieur à 0.6 pour montrer que l'étude est intéressante, il ne peut jamais être supérieur à 1.

### Remarque 2.2 :

- ✓ Plus l'ascendance de la courbe sera forte et plus l'indice de Gini sera élevé. A l'inverse, plus l'ascendance sera faible et plus l'indice sera faible.
- ✓ Dans certaines études très particulières, les professionnels poursuivent l'analyse même dans le cas où l'indice de Gini est inférieur à 0.6.
- ✓ Dans le cas où l'on doit effectuer un choix entre plusieurs critères, il faut retenir celui dont l'indice de Gini est le plus élevé.

### 2.2.2 Modèles de gestion des stocks :

#### ➤ Modèles déterministes de gestion des stocks : Quantité économique de commande : le modèle de Wilson [10]

Le modèle le plus connu dans le domaine de la gestion des stocks est celui proposé par Harris (1913), bien que souvent attribué (à tort) à Wilson (1934). Ce modèle est connu sous le nom Quantité Économique de Commande. La formule associée est l'un des résultats fondateurs de la gestion des stocks, il est basé sur un modèle mathématique dans lequel on considère que la

demande est stable sans tenir compte des évolutions du prix, des risques de la rupture et des variations dans le temps des coûts de commandes et lancements, on dit aussi un « avenir certain ».

- **Objectifs de modèle de Wilson :**

Déterminer la quantité économique à commander  $Q_{ec}$  ou bien le nombre de commande, ou même la durée optimale  $T_{ec}$  séparant deux commandes. D'une façon à minimiser l'ensemble des couts liés au stock.

$$C_T = C_L + C_p + C_r.$$

- **Paramètres et variable du modèle :**

**Les paramètres :**

$C_T$  : Coût totale « la somme des coûts liés au stock » ;

$C_L$  : Coût de passation (coût lancement) ;

$C_p$  : Coût de possession (cout d'achat);

$C_r$  : Coût de rupture de stock ;

$\lambda$  : La demande (consommation) sur une durée de gestion du stock ;

$\theta$  : Durée de gestion des stocks ;

$p$  : Prix unitaire d'un article ;

$h$  : Coût de lancement d'un article ;

$c_s$  : Coût de stockage d'une unité en stock ;

Ce cout est généralement exprimé en pourcentage du cout unitaire de l'article :  $c_s = \tau \times p$ ,  $\tau$  : taux de possessions d'un article en stock qui est exprimé en pourcentage.

**Les variables :**

$Q$  : La quantité à commander ;

$N$  : La cadence de demande ;

$T$  : Le temps de lancement de commande ;

### a)- Model de Wilson sans pénurie :

Soit la fonction du cout totale :

$$C_T = C_L + C_P.$$

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

### Hypothèse simplificatrice :

- ✚ **H1** : La demande annuelle périodique est connue et certaine.
- ✚ **H2** : La consommation (demande) est régulière (linéaire).
- ✚ **H3** : Les quantités commandées sont constantes.
- ✚ **H4** : Pénuries et ruptures de stock sont exclues.
- ✚ **H5** : Les coûts sont invariables dans le temps.

### Représentation graphique :

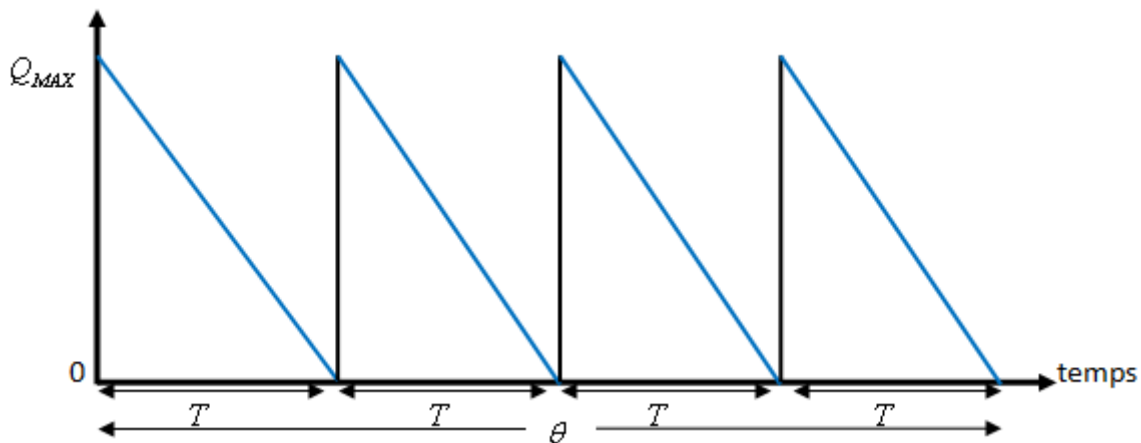


Figure 2.8 : modèle de Wilson avec demande régulière.

### Détermination de la quantité économique à commandé $Q_{ec}$

Le coût total en fonction de la quantité  $Q$  :

$$C_T(Q) = C_L(Q) + C_P(Q);$$

Avec

$$C_p(Q) = \frac{SI + SF}{2} \times c_s = \frac{Q}{2} \times c_s;$$

Et

$$C_L(Q) = \frac{(h \times \lambda)}{Q}.$$

D'où

$$C_T(Q) = \frac{Q}{2} c_s + \frac{(h \times \lambda)}{Q}.$$

Pour que  $C_T(Q)$  soit minimal faudrait trouver  $Q_{ec}$  de sorte que  $C_L = C_p$ .

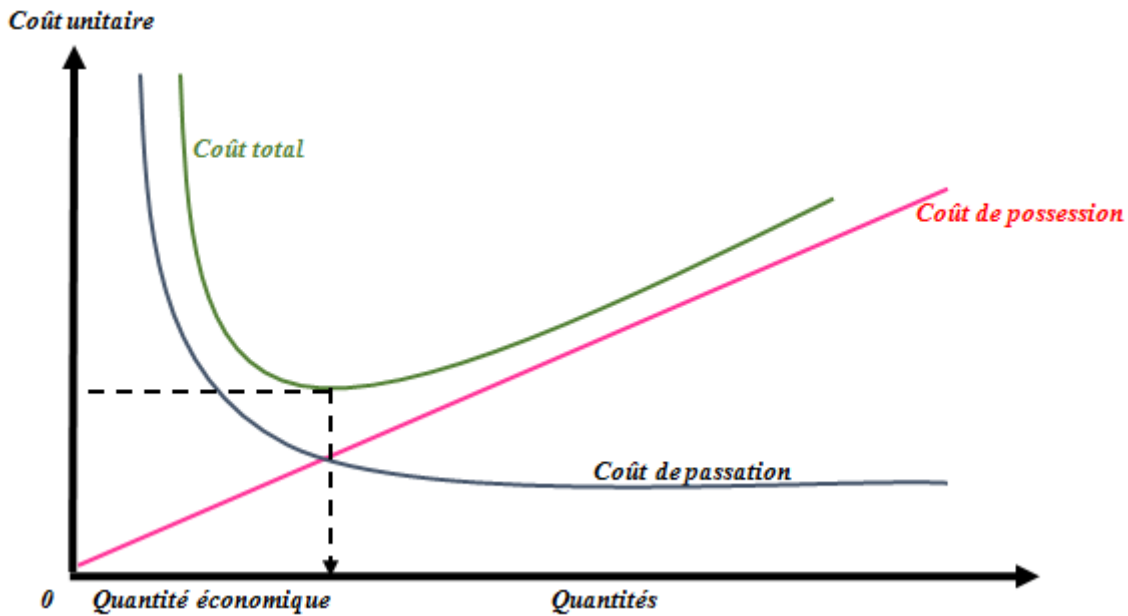


Figure 2.9 : variation des coûts selon le modèle de Harris.

Le minimum est atteint si :

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dC_T(Q)}{dQ} = 0; \end{array} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{d^2C_T(Q)}{d^2Q} \geq 0. \end{array} \right. \quad (2)$$

De (1) on a :

$$\frac{dC_T(Q)}{dQ} = 0 \Leftrightarrow \frac{1}{2}c_s - h \frac{\lambda}{Q^2} = 0,$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2}c_s = h \frac{\lambda}{Q^2},$$

$$\Rightarrow Q^2 = \frac{2 \times h \times \lambda}{c_s},$$

$$\Rightarrow Q = \pm \sqrt{\frac{(2 \times h \times \lambda)}{c_s}}.$$

On retient la seule valeur positive :

$$\Rightarrow Q = \sqrt{\frac{(2 \times h \times \lambda)}{c_s}}.$$

De (2) on obtient :

$$\frac{d^2 C_T(Q)}{d^2 Q} = \frac{2 \times h \times \lambda}{Q^3} \geq 0,$$

Alors :

$$Q_{\min} = Q_{ec} = \sqrt{\frac{(2 \times h \times \lambda)}{c_s}}.$$

Le coût total en fonction de  $N_{ec}$  :

$$C_T(N) = C_L(N) + C_p(N).$$

On a

$$N = \frac{\lambda}{Q} \Rightarrow Q = \frac{\lambda}{N} :$$

Donc

$$C_T(N) = \frac{\lambda}{2N} \times c_s \times h \times N.$$

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

$$N_{ec} = \sqrt{\frac{c_s \times \lambda}{2h}}.$$

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

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

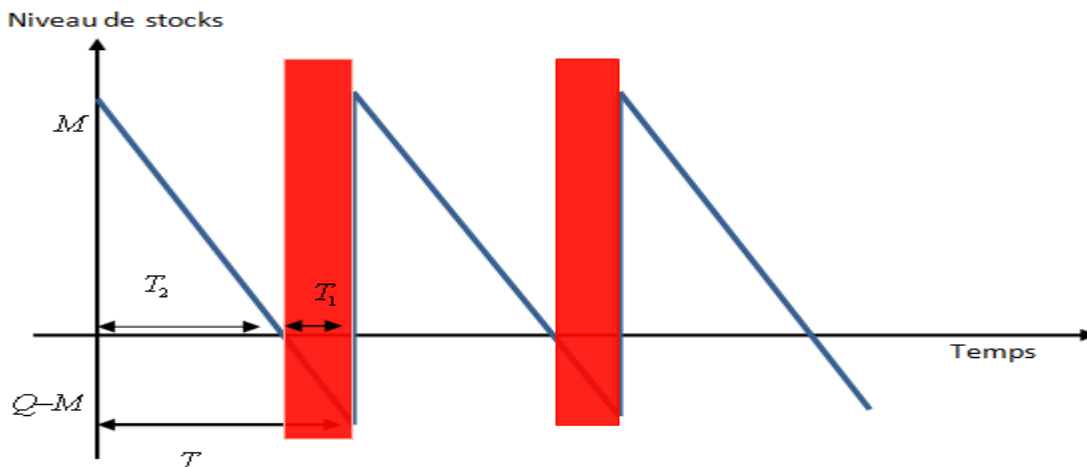
La durée optimale entre deux commandes  $T_{ec}$  est la durée qui minimise la fonction du coût total  $C_T$ . Ce minimum est atteint en :

$$T_{ec} = \sqrt{\frac{2 \times h \times \theta^2}{\lambda \times c_s}}$$

### b)- Modèles de Wilson avec pénurie :

Le modèle de Wilson étant très théorique, cette technique de gestion de stock est complétée de diverses améliorations qui lui permettent de mieux coller à la réalité par exemple l'acceptation d'une rupture de stocks.

Le graphe ci-dessous illustre l'évolution de la quantité de matière, produit ou marchandise en stock. La demande est continue et elle se traduit par des droites qui descendent en suivant toujours la même pente. L'arrivée d'une livraison se traduit par une droite verticale. En zone rouge la demande existe mais ne peut être satisfaite pour cause de rupture de stock.



**Figure 2.10** : modèle de Wilson avec pénurie

La fonction de coût total est donnée sous la forme suivante :

$$C_T = C_L + C_p + C_r.$$

$C_r$  : Coût de pénurie ;

$\pi$  : Coût de pénurie par article et par unités de temps ;

$M$  : Le niveau maximum du stock ;

$S = Q - M$  : Le nombre maximum d'unités en pénurie pendant la période de commande  $T$  ;

$T_1$  : Durée pendant laquelle le stock est actif ;

$T_2$  : Durée de la pénurie.

**En appliquant la formule de TALES :**

$$\begin{cases} \frac{T_1}{T} = \frac{M}{Q}; \\ \frac{T_2}{T} = \frac{Q-M}{Q}. \end{cases}$$

**Alors**

$$\begin{cases} T_1 = 1 - \frac{M}{Q} T; \\ T_2 = \frac{Q-M}{Q} T. \end{cases}$$

**Le coût total sur une période  $N = 1$ :**

$$C_T(Q, M) = h + \frac{M}{2} c_s \times T_1 + \frac{Q-M}{2} \pi \times T_2,$$

$$C_T(Q, M) = \frac{M}{2} c_s \times \frac{M}{Q} T + \frac{Q-M}{2} \pi \times \frac{Q-M}{Q} T + h,$$

$$C_T(Q, M) = \frac{M^2}{2Q} T c_s + \frac{(Q-M)^2}{2Q} \pi T + h.$$

**Le coût sur la durée de gestion des stocks :**

$$C_T(Q, S) = \left( \frac{M^2}{2Q} T c_s + \frac{(Q-M)^2}{2Q} T \pi + h \right) N,$$

**Avec**

$$N = \frac{\theta}{T} \text{ Où } N = \frac{\lambda}{Q}$$

$$C_T(Q, M) = \frac{M^2}{2Q} T c_s \times N + \frac{(Q-M)^2}{2Q} T \pi \times N + h \times N;$$

$$C_T(Q, M) = \frac{M^2}{2Q} c_s T \times \frac{\theta}{T} + \frac{(Q-M)^2}{2Q} \pi T \times \frac{\theta}{T} + h \times \frac{\lambda}{Q};$$

$$C_T(Q, M) = \frac{M^2}{2Q} c_s \times \theta + \frac{(Q-M)^2}{2Q} \pi \times \theta + h \times \frac{\lambda}{Q};$$

$$C_T(Q, M) = \frac{M^2}{2Q} c_s \times \theta + \frac{Q^2 \pi}{2Q} \theta - M \pi \theta + \frac{M^2 \pi}{2Q} \theta + h \times \frac{\lambda}{Q};$$

$$C_T(Q, M) = \frac{M^2 \theta}{2Q} (c_s + \pi) + \frac{Q \pi}{2} \theta - M \pi \theta + h \times \frac{\lambda}{Q}.$$

Afin de trouver la quantité économique :

On dérive à l'ordre 1 par rapport à  $Q$  et  $M$  :

$$(\varphi) \begin{cases} \frac{dC_T(Q, M)}{dQ} = -\frac{M^2 \theta}{2Q^2} (c_s + \pi) + \frac{1}{2} \pi \theta - \frac{h \lambda}{Q^2}, \\ \frac{dC_T}{dM} = M \frac{\theta}{Q} (c_s + \pi) - \pi \theta. \end{cases}$$

➤ Déterminer le couple  $(Q, M)$  solution du système  $(\varphi)$  :

$$(\varphi) \begin{cases} \frac{-M^2 \theta}{2Q^2} (c_s + \pi) + \frac{1}{2} \pi \theta - \frac{h \lambda}{Q^2} = 0, \dots\dots(1) \\ M \frac{\theta}{Q} (c_s + \pi) - \pi \theta = 0, \dots\dots(2) \end{cases}$$

De (2):

$$M \frac{\theta}{Q} (c_s + \pi) = \pi \theta;$$

$$\frac{M}{Q} (c_s + \pi) = \pi;$$

$$\frac{M}{Q} = \frac{\pi}{(c_s + \pi)};$$

$$M = \frac{\pi}{(c_s + \pi)} \times Q.$$

Posons :  $R = \frac{\pi}{(c_s + \pi)}$  avec  $0 \leq R \leq 1$ ; R appelé taux de service est une proportion liée à la période durant laquelle le stock est actif. Alor :

$$M = R \times Q, \dots (3)$$

$$R = \frac{M}{Q} = \frac{T_1}{T}, \quad \frac{T_2}{T} = \frac{Q - M}{T} = 1 - \frac{M}{Q} = 1 - R.$$

**(3) dans (1) implique**

$$-\frac{R^2 Q^2}{2} \times \frac{\theta}{Q^2} (c_s + \pi) + \frac{1}{2} \pi \theta - \frac{h \times \lambda}{Q^2} = 0;$$

$$-\pi R \theta + \pi \theta - \frac{2h \times \lambda}{Q^2} = 0;$$

$$\frac{2C \times D}{Q^2} = (1 - R) C_p \times \theta;$$

$$Q^2 = \frac{2h\lambda}{(1 - R)\pi\theta};$$

$$Q^2 = \frac{2h\lambda}{c_s \theta} \times \frac{\pi + c_s}{\pi};$$

$$Q^2 = \frac{2h\lambda}{c_s \theta} \times \frac{1}{R}.$$

Finalement nous pouvons conclure que :

$$Q = \pm \sqrt{\frac{2h\lambda}{c_s\theta}} \times \frac{1}{\sqrt{R}}.$$

On retient la valeur positive :

$$Q = \sqrt{\frac{2h\lambda}{c_s\theta}} \times \frac{1}{\sqrt{R}},$$

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

**Détermination du nombre de commande :**

$$N_{ecp} = \frac{\lambda}{\pi} = \lambda \frac{\sqrt{R}}{Q_{ec}} = \frac{\lambda}{Q_{ec}} \sqrt{R} = N_{ec} \times \sqrt{R}.$$

Le nombre de commandé est :  $N_{ecp} = N_{ec} \times \sqrt{R}$ .

➤ **Détermination de la période d'approvisionnement :**

$$T_{ecp} = \frac{\theta}{N_{ecp}} = \frac{\theta}{N_{ec} \times \sqrt{R}} = T_{ec} \times \frac{1}{\sqrt{R}}.$$

La période d'approvisionnement est  $T_{ecp} = T_{ec} \times \frac{1}{\sqrt{R}}$ .

**Le coût minimal de gestion des stocks est :**

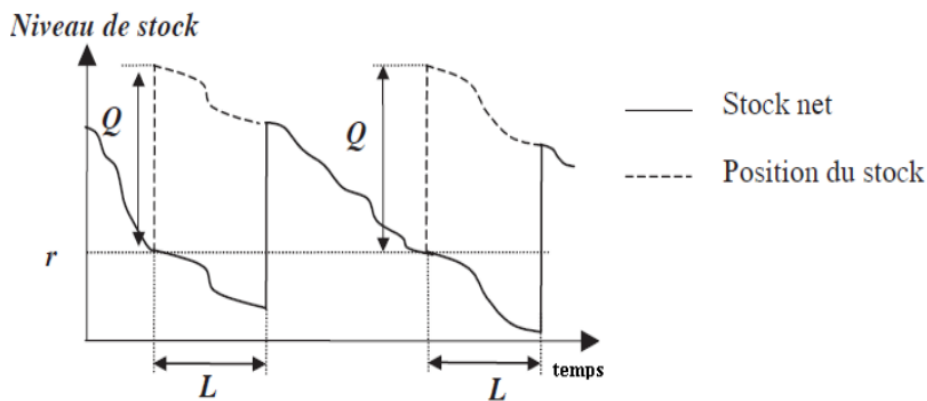
$C_{\min} = C_T \times \sqrt{R}$ , Où  $C_T$  est le coût minimal de gestion des stocks sans pénurie.

➤ **Modèles stochastiques de gestions des stocks :**

Dans la pratique, on est souvent confronté au caractère aléatoire de la demande et du délai de livraison. On a alors recours aux techniques probabilistes pour améliorer notre maîtrise de nos stocks. Pour les modèles stochastiques, on suppose que la demande moyenne est constante, mais la demande ponctuelle (par exemple, pendant une journée) suit une loi de probabilité qui change d'une application à une autre. Par exemple, pour une demande importante on utilise la loi normale, mais pour de petits volumes de commande on utilise la loi de Poisson ou la loi exponentielle.

- **Système a point de commande  $(r; Q)$ [11]**

Cette politique est a suivi continue, consiste à définir un niveau minimal de stock appelé point  $r$ , quand ce seuil est atteint, une commande de quantité fixe  $Q$  est déclenchée au fournisseur pour être livrée après un délai d'approvisionnement  $L$ . Notons que pour ce modèle, les cycles de réapprovisionnement de stock se diffèrent d'une période à une autre, mais la quantité commandée est toujours constante. L'évolution du stock suivant cette politique est donnée par le (figure 2.11)



**Figure 2.11 : Evolution du stock avec la politique  $(r, Q)$**

Du fait que cette politique soit a suivi continu, la connaissance du stock disponible à tout instant est nécessaire pour être alerté dès qu'un produit atteint son point de commande. Ceci peut entraîner en pratique des coûts de gestion élevés (par exemple la mise en place d'un système de suivi informatisé). De plus dans le cas où plusieurs produits proviennent d'un même fournisseur, on ne peut pas effectuer un regroupement des commandes parce que tous les produits n'atteignent pas forcément leur point de commande au même temps.

**Calcul du point de commande  $r$  :**

**Objectifs :**

Maximiser le niveau de service où minimiser le coût total de gestion des stocks.

**Soit**

$Q$  : Quantité a commandée calculé par la formule de Wilson ;

$D$  : La demande ponctuelle de l'article durant une unité de temps ;

On suppose que  $D$  est une variable aléatoire continue et  $f$  sa densité de probabilité ayant une moyenne  $\mu_D$  et un écart-type  $\sigma_D$ . On définit la variable aléatoire :

$X$  : La demande durant le délai de livraison  $L$  ;

Pour des demandes indépendantes émanant d'un grand nombre de clients, il s'ensuit que

$X = \sum_{i=1}^L D_i = LD$  suit la loi normale de paramètres  $\mu_X$  et  $\sigma_X$ , tels que :

$$\begin{cases} \mu_X = L\mu_D, \\ \sigma_X = \sqrt{L}\sigma_D. \end{cases}$$

### Cas de rupture de stock $\alpha$ :

Soit  $\alpha = P(X > r)$  probabilité que la demande durant  $L$  dépasse  $r$  unités.

Et soit  $1 - \alpha = P(X \leq r) =$  Probabilité que la demande durant  $L$  est inférieure à  $r$ . Le réel  $1 - \alpha$  est appelé taux de service celui-ci est défini par le rapport entre la demande satisfaite et la demande totale durant une période donnée.

$$\text{Taux de service} = \frac{\text{demande satisfaite}}{\text{demande totale}}.$$

On a

$$P(X \leq r) = 1 - \alpha \Rightarrow P\left(\frac{X - \mu_X}{\sigma_X} \leq \frac{r - \mu_X}{\sigma_X}\right) = 1 - \alpha.$$

$$\text{Posons : } Z = \frac{X - \mu_X}{\sigma_X} \rightarrow N(0,1), \text{ d'où : } r = \mu_X + Z_{1-\alpha} \times \sigma_X,$$

Où  $Z_{1-\alpha}$  est le quantile associé à la loi normale centrée réduite de probabilité  $1 - \alpha$ . Cette valeur est lue à partir de la table de la loi  $N(0,1)$ .

Le tableau suivant résume les quartiles associés aux taux de service suivants :

$1 - \alpha$	90 %	95 %	97.5%	99%
$Z_{1-\alpha}$	1.29	1.65	1.96	2.33

### Calcul du stock de sécurité :

Le niveau du stock de sécurité est calculé comme suit :

$$S = r - \mu_x = Z_{1-\alpha} \times \sigma_x = \sqrt{L} \sigma_D Z_{1-\alpha}.$$

### Calcul du niveau de service :

#### Cas 1

$n$  : Nombre d'année connue avec une seule rupture de stock noté  $\alpha$  .

Donc on aura : le risque de rupture de stock  $\times$  nombre de commandes

$= \frac{1}{n}$  Comme le nombre de commandes par année est  $\frac{\lambda}{Q}$  alors on aura :

$$\alpha \frac{\lambda}{Q} = \frac{1}{n} \Rightarrow \alpha = \frac{Q}{n\lambda}.$$

Où  $\lambda$  la demande annuelle moyenne de l'article  $\mu_D$ .

#### Cas 2 : le cout de pénurie d'une unité en stock :

Sans perte de généralité, on suppose qu'on gère en stock un seul article et durant la période de gestion du stock, soit  $\pi$  le cout de pénurie d'une unité de l'article. Considérons la v.a  $X$  : "la demande de l'article durant le délai de livraison fixe  $L$ " ayant une densité de probabilité  $f$  et une moyenne  $\mu_x$  .

Le nombre d'articles en pénurie de stock durant une période de commande est la v.a

$$\begin{cases} 0, & \text{si } X \leq 0; \\ X - r, & \text{si } X > 0. \end{cases}$$

Le nombre moyen d'unités en rupture de stock pendant une période de réapprovisionnement est  $E(Y) = \int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx$  son cout annuel moyen est alors :

$$C_r = \pi \frac{\lambda}{Q} E(Y) = \pi \frac{\lambda}{Q} \int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx.$$

Le niveau moyen du stock est  $\frac{Q}{2} + S = \frac{Q}{2} + r - \mu_x$  son cout annuel de stockage est :

$$C_p = \left(\frac{Q}{2} + r - \mu_x\right)c_s.$$

Donc le cout moyen total de gestion du stock est :

$$C_T(Q, r) = C_L + C_p + C_r;$$

$$C_T(Q, r) = \frac{\lambda}{Q} h + \left(\frac{Q}{2} + r - \mu_x\right)c_s + \pi \frac{\lambda}{Q} \int_r^{\infty} (x-r)f(x)dx.$$

L'objectif ici est de calculer le point de commande  $r$  qui minimise la fonction coût  $C_T(Q, r)$ .

Si on fixe la quantité de commande  $Q$ , alors le point minimum  $r$  de la fonction CT vérifie :

$$\frac{\partial C_T}{\partial r} = c_s - \frac{\lambda\pi}{Q} \int_r^{\infty} f(x)dx = 0 \Rightarrow \int_r^{\infty} f(x)dx = \frac{c_s Q}{\pi\lambda} \Rightarrow \alpha = P(X > r) = \frac{c_s Q}{\pi\lambda}.$$

Donc le niveau de service  $1 - \alpha = 1 - \frac{c_s Q}{\pi\lambda}$ .

Par conséquent, le point de commande et le stock de sécurité peuvent respectivement être obtenus en utilisant les formules (3.1) et (3.2).

- **Le système a réapprovisionnement périodique  $(T, S)$ [11]**

Cette politique est à suivi périodique. Au début de chaque période de longueur  $T$ , si la position du stock descend en dessous d'une valeur donnée, appelée niveau de recomplètement et notée  $S$ , un ordre de réapprovisionnement est lancé de manière à ramener la position du stock à  $S$ . La commande est réceptionnée a l'issue du délai d'approvisionnement  $L$ . L'évolution du stock suivant cette politique est donnée par le (figure 2.12)

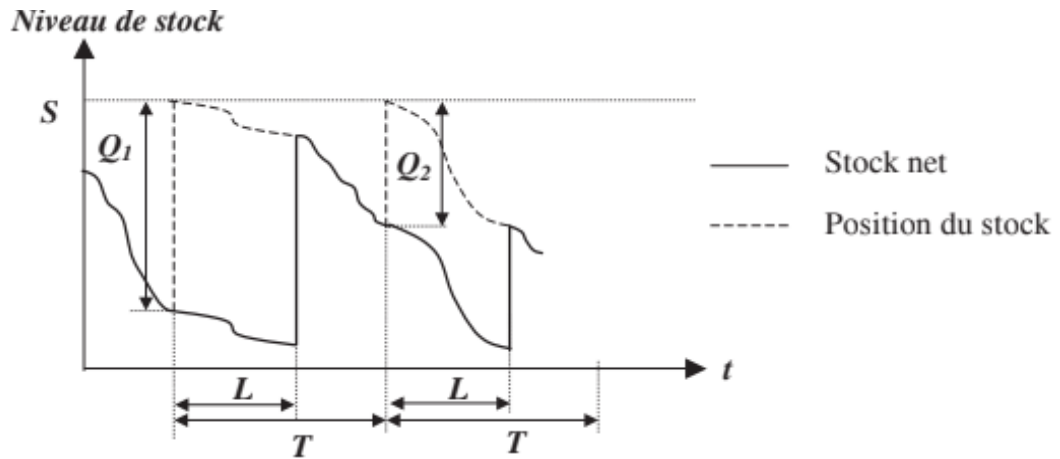


Figure 2.12 : évolution du stock avec la politique  $(T, S)$ .

**Calcul du niveau de reapprovisionnement  $S$  :**

Pour déterminer  $S$  dans le système  $(T, S)$ , on procède de la même façon que dans le modèle  $(Q, r)$  pour calculer  $r$ , sauf que l'on doit remplacer la fonction de densité de la demande pendant  $L$  par la fonction de densité de la demande ponctuelle durant  $(T + L)$ .

Soit la variable aléatoire  $D$  : "demande de l'article par unité de temps", avec  $D$  suit une loi normale de paramètres  $\mu_D$  et  $\sigma_D$ .

Considérons la variable aléatoire  $X$  : "la demande durant  $T + L$ ".

Dans le cas où le délai de réapprovisionnement  $L$  est constant, on a :

$$X = D(T + L) \rightarrow N(\mu_X, \sigma_X), \text{ avec } \begin{cases} \mu_X = (T + L)\mu_D; \\ \sigma_X = \sqrt{T + L}\sigma_D. \end{cases}$$

Si on exige un niveau de service  $1 - \alpha$ , alors on aura :

$$P(X \leq S) = 1 - \alpha \Rightarrow P\left(\frac{X - \mu_X}{\sigma_X} \leq \frac{S - \mu_X}{\sigma_X}\right) = 1 - \alpha.$$

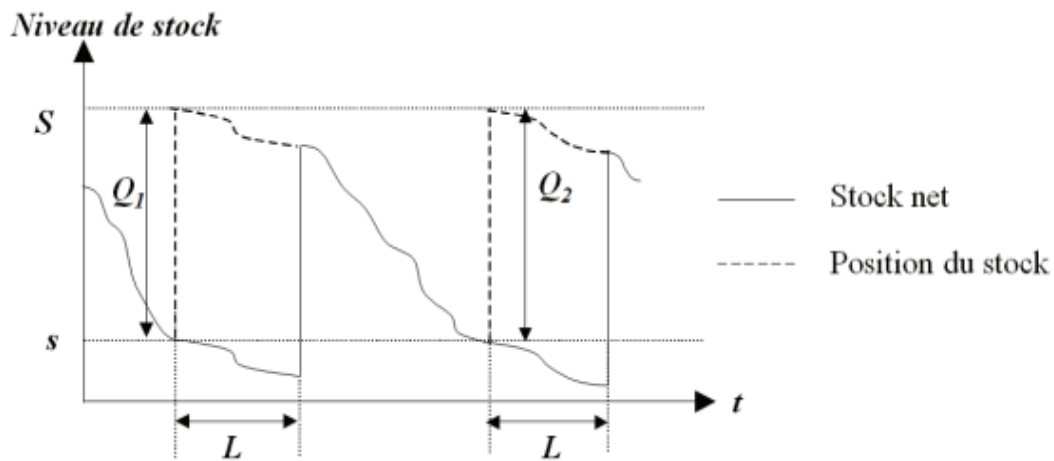
Notons par la variable aléatoire  $Z = \left(\frac{X - \mu_X}{\sigma_X}\right) \rightarrow N(0,1)$ .

Alors, on aura :

$$P\left(Z \leq \frac{S - \mu_x}{\sigma_x}\right) = 1 - \alpha \Rightarrow S = \mu_x + \sigma_x Z_{1-\alpha} = (T + L)\mu_D + \sqrt{T + L}\sigma_D Z_{1-\alpha}.$$

- **Système  $(s, S)$**  [7]

Dans cette politique à suivie continue, dès que la position du stock descend en dessous du seuil de commande  $s$ , on reconstitue la position du stock jusqu'à un niveau de reconstitement  $S$ , contrairement à la politique  $(r, Q)$  où la quantité commander est fixe, avec cette politique, la commande est de taille variable. L'évolution du stock suivant cette politique est donnée par la (figure 2.12)



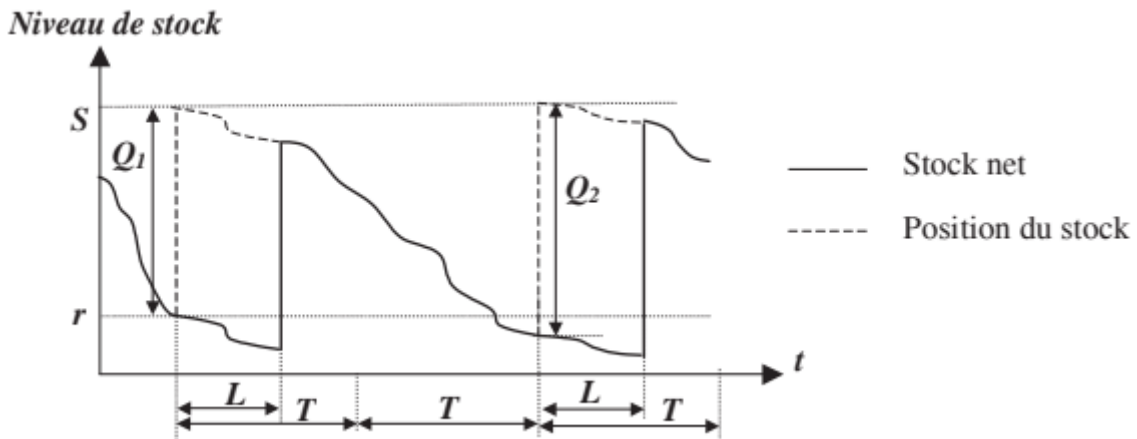
**Figure 2.12 :** Evolution du stock avec la politique  $(s, S)$ .

Il faut remarque que si toutes les demandes sont unitaires, les commandes sont lancées exactement quand la position du stock atteint le niveau  $s$ , la quantité commandée est alors fixe et elle est égale à  $S - s$ , nous retrouvons alors la politique  $(r, Q)$  décrite précédemment avec  $(r = s \text{ et } Q = S - s)$ . Le cas particulier de la politique  $(s, S)$  où les demandes sont unitaires et le seuil de commandes est tel que  $s = S - 1$ , est appelé politique à stock nominale (appelée aussi dans la littérature anglo-saxonne politique Base stock). Cependant si les demandes ne sont pas unitaires la quantité commandée pour décompléter le niveau de stock  $s$  est variable et elle est supérieur ou égale à  $Q = S - s$ .

L'inconvénient de cette politique est la complexité de la procédure de détermination des paramètres optimaux  $s$  et  $S$ .

- **Système  $(T, r, S)$**  [7]

Dans cette politique à suivi périodique, les deux politiques  $(r, Q)$  et  $(T, S)$  sont combinées. En effet, à la fin de chaque période de suivi  $T$ , on examine la position du stock. On ne passe pas de commande que si cette position est inférieure à un seuil de commande noté  $r$ . La quantité commandée a pour but de ramener la position du stock à un niveau de recombètement  $S$ . L'évolution du stock suivant :



**Figure 2.13 : Evolution du stock avec la politique  $(T, r, S)$ .**

Par rapport à la politique  $(T, S)$ , l'avantage de cette stratégie est qu'elle permet d'éviter de passer des commandes de trop petite taille si la demande pendant la période a été très faible.

Il est à noter que la politique  $(s, S)$  est un cas particulier de la politique  $(T, r, S)$  qui correspond au cas où la période de suivi  $T$  tend vers zéro. Donc, la politique  $(T, r, S)$  peut être considérée comme une version périodique de la politique  $(s, S)$ . Pour le cas où  $r = S - 1$ , nous retrouvons également la politique  $(T, S)$ .

### Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de comprendre les raisons pour lesquelles une entreprise doit constituer un stock. Néanmoins, nous avons également vu que malgré leur utilité, les stocks présentaient des inconvénients et engendreraient des coûts. Outre les coûts d'acquisitions et de possessions, en détenant des stocks moins importants, l'entreprise est menacée de rupture de stock. À l'inverse, lorsque les stocks sont trop importants, la mobilisation financière est conséquente.

L'objectif de la gestion des stocks consiste donc à trouver le meilleur équilibre entre les coûts des stocks et le taux de services.

Nous avons vu qu'il existe différentes méthodes traditionnelles de gestion des stocks dépendantes de la quantité fixes ou variable à commander et de la période pouvant aussi être fixe ou variable. Chacune de ces méthodes présente des avantages mais aussi des inconvénients. Néanmoins, ces méthodes font face à des limites. En effet, les articles sont gérés indépendamment les uns des autres ces méthodes supposent que la consommation antérieure des articles se répétera dans le futur. De plus, ces méthodes ne tiennent pas compte de la date où le besoin sera effectif.

*Chapitre III :*  
*La programmation*  
*linéaire*

**3.1 Introduction [12] :**

La programmation linéaire (PL) est une branche de la programmation mathématique (résolution de programmes économiques ou autres à l'aide des mathématiques). Trois types de problèmes relèvent de la programmation mathématique :

- La programmation linéaire, où les fonctions données sont linéaires.
- La programmation quadratique.
- La programmation non linéaire, où une partie des fonctions données sont représentées sous la forme de fonctions non linéaires.

Quelques rappels :

Tout problème de la programmation linéaire peut se formuler de la manière suivante :

Trouver les valeurs des variables  $x = (x_j, j = \overline{1, n})$  qui maximisent ou minimisent la fonction linéaire suivante :

$$Z = Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_jx_j + \dots + c_nx_n = \sum_{j=1}^n c_jx_j \rightarrow (\max/\min) \quad (1)$$

Les sous contraintes suivantes :

$$(PL) \left\{ \begin{array}{l} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2j}x_j + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n = b_i \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n = b_m \end{array} \right. \quad (2)$$

$$x = (x_j, j = \overline{1, \dots, n})$$

$$x_j \geq 0, j = \overline{1, n} \quad (3)$$

Où  $c_j, j = \overline{1, n}$  représentent les coûts des différents produits.

Les coefficients  $c_j$  et  $a_{ij} (i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n})$  sont supposés être des nombres réels, en plus on considère que l'entier m est inférieur ou égale à n, tous les nombres  $b_i (i = \overline{1, m})$  sont tous positifs ou nuls et le rang du système (2) est inférieur ou égal à m.

**Définition1 :**

La fonction  $Z$  est appelée fonction objective ;

Les contraintes (2) sont appelées, contraintes principales, ou essentielles,

Les contraintes (3) sont dites directes (non négativité).

**Remarque1 :**

Si l'objectif consiste à minimiser une fonction linéaire :

$$Z = Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \dots + c_j x_j + \dots + c_n x_n$$

Alors on maximisera la fonction linéaire opposée :

$$\bar{Z} = -Z(x_1, x_2, \dots, x_n) = -c_1 x_1 - c_2 x_2 - \dots - c_j x_j - \dots - c_n x_n$$

**Écriture matricielle d'un problème de programmation linéaire :**

Pour écrire le problème de programmation linéaire (1) -(2) -(3) sous forme compacte, on utilise la forme matricielle (vectorielle). Pour ce faire on introduit les notations suivantes :

Soient  $I = \{1, 2, \dots, m\}$  l'ensemble d'indice lignes et  $J = \{1, 2, \dots, n\}$  l'ensemble des indices des colonnes.

Ainsi l'ensemble des variables  $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n$  s'écrira sous la forme vectorielle :

$$x = x(j) = (x_j, j \in J).$$

De manière analogue on aura :

$$c = c(J) = (c_j, j \in J), b = b(I) = (b_i, i \in I).$$

L'ensemble des coefficients  $a_{ij}, i \in I, j \in J$ , sera représenté sous forme d'une matrice  $A$  d'ordre  $(m \times n)$  :

$$A = A(I, J) = (a_{ij}, i \in I, j \in J) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1n} \\ \vdots & & \ddots & & & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mj} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}$$

On écrit souvent  $A$  de la manière suivante :

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_j, \dots, a_n), \text{ où } a_j \text{ est un vecteur colonne :}$$

$$a_j = A(I, j) = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \vdots \\ a_{ij} \\ \vdots \\ a_{mj} \end{pmatrix}$$

Avec ces nouvelles notations le problème (1) -(3) peut être écrit sous forme matricielle suivante :

$$\begin{cases} Z = Z(x) = c'x \rightarrow \max \\ Ax = b \\ x \geq 0 \\ x \in R^n \end{cases}$$

Ici  $c'$  est la transposé de  $c$ , la matrice  $A$  est la matrice de condition du problème et  $b$  vecteur (second membre)

### 3.1.1 Forme d'un programme linéaire :

Un programme linéaire peut être écrit sous une :

**Forme générale :**

$$(P.L) = \begin{cases} (\min/ \max) Z(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j \\ s.c \\ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq, \geq \text{ou} = b_i, i = \overline{1, m} \\ x_j \geq 0, \forall j = \overline{1, n} \end{cases}$$

**Forme canonique :**

$$(P.L) = \begin{cases} (\min/ \max) Z(x) = c'x \\ s.c \\ Ax \leq (\text{resp} \geq) b \\ x \geq 0 \end{cases}$$

**Forme standard :**

$$(P.L) \begin{cases} (\min/ \max) Z(x) = c'x \\ s.c \\ Ax = b \\ x \geq 0 \\ b \geq 0 \end{cases}$$

**Remarque :**

Les problèmes de minimisation et de maximisation sont en fait équivalents puisque,  
 $\min Z = -\max(-Z)$  et  $\max Z = -\min(-Z)$

**3.1.2 Méthode du simplexe :**

La méthode du simplexe est une méthode itérative. Elle démarre d'un point extrême (sommet de départ) et passe au sommet voisin, et ceci constitue une itération de l'algorithme du simplexe. Pour cela, on doit définir le point extrême de départ et le test d'arrêt.

Soit le problème standard de programmation linéaire (avec maximisation) suivant :

$$Z(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_jx_j + \dots + c_nx_n \rightarrow \max \quad (1)$$

$$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1j}x_j + \dots + a_{1n}x_n = b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2j}x_j + \dots + a_{2n}x_n = b_2 \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{ij}x_j + \dots + a_{in}x_n = b_i \\ \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mj}x_j + \dots + a_{mn}x_n = b_m \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, \dots, x_n \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

Ici on suppose  $b_1, b_2, \dots, b_m \geq 0$  et rang  $A = m \leq n$ .

Le problème (1) -(3) peut être écrit sous sa forme matricielle :

$$\begin{cases} c'x \rightarrow \max \\ Ax = b \\ x \geq 0 \end{cases} \quad (4)$$

Où  $A = A(I, J)$  est la matrice des conditions  $a_j = A(I, j)$  les colonnes de  $A$ .

$c' = c'(J)$  le vecteur des coûts,  $b = b(I)$  le vecteur des contraintes (second membre),

$x = x(J) = (x_j, j \in J)$  Le vecteur des variables.

$I = \{1, 2, \dots, m\}$ ,  $J = \{1, 2, \dots, n\}$  les ensembles d'indices des lignes et des colonnes de sa matrice  $A$ .

**Problème standard et solution de base :**

- **Définition 1 :**

Tout vecteur  $x$  vérifiant les contraintes (2) et (3) est appelé solution réalisable (admissible) du problème (1)-(3).

- **Définition 2 :**

Une solution réalisable de base  $x^0$  de (1)-(3) est optimale si  $c'x^0 = \max(c'x)$ , pour toute solution réalisable.

• **Définition 3 :**

Une solution réalisable  $x$  est dite base si  $(n-m)$  de ses composantes sont nulles, et aux autres  $(x_{j_1}, x_{j_2}, \dots, x_{j_m})$ , correspondent  $m$  vecteurs  $a_{j_1}, a_{j_2}, \dots, a_{j_m}$  de la matrice de condition  $A$  linéairement indépendants.

L'ensemble  $J_B = \{j_1, j_2, \dots, j_m\}$  est appelé ensemble des indices de base,

$J_H = J \setminus J_B$  ensemble des indices hors base.

Autrement :

Une solution réalisable  $x = x(J)$  est une solution de base si  $x_H = x(J_H) = 0$ .

$\det A_B \neq 0$ , où  $A_B = A(I, J_B)$ ,  $x(J_B) \geq 0$ .

La matrice  $A_B$  est appelée la matrice de base,  $x_j, j \in J_B$  les composantes de base.

$x_j, j \in J_H$  Les composantes hors base.

• **Définition 4 :**

Une solution réalisable de base  $x$  est dite non dégénérée si  $x_j > 0, j \in J_B$ .

L'accroissement de la fonction objective  $Z$  est égale à :

$$\Delta Z = Z(\bar{x}) - Z(x) = c' \bar{x} - c' x = c' \Delta x$$

Construisons le  $m$ -vecteur  $y = y(I)$  vecteur de potentiels :

$$y' = c'_B A^{-1}_B$$

Et le vecteur  $\Delta = \Delta(J) = (\Delta_j, j \in J)$  ; le vecteur estimations :

$$\begin{cases} \Delta' = y' A - c' \\ \Delta_j = y' a_j - c_j, j \in J \end{cases}$$

**Critères d'optimalité :**

**Théorème 1 :**

Soit  $\{x, A_B\}$  une solution réalisable de base de départ.

L'inégalité  $\Delta_H = \Delta(J_H) \geq 0$  est suffisante et dans le cas de la non dégénérescence elle est nécessaire pour l'optimalité de  $\{x, A_B\}$ .

**L'algorithme du simplexe [13]**

1. Soit  $\{x, A_B\}$  une solution réalisable de base de départ.
2. Calculer  $y' = c'_B A_B^{-1}$  et  $\Delta_j = y' a_j - c_j, j \in J_H$

Si  $\Delta_j \geq 0, j \in J_H$

Stop,  $x$  est solution optimale.

Sinon :

Soit  $j_0 \in J_H : \Delta_{j_0} = (\min \Delta_j / \Delta_j < 0), j \in J_H$ .

Si  $A_B^{-1} a_{j_0} \leq 0, j \in J_H$

Stop le maximum de la fonction objective tend vers l'infinie ;

Sinon :

$$\text{Déterminer : } j_1 / \theta_0 = \theta_{j_1} = \left\{ \min \left( \frac{x_j}{x_{j_0 j}} > 0, j \in J_B \right) \right\}$$

Calculer  $\bar{x} = \bar{x}(J) = (\bar{x}(J_B), \bar{x}(J_H))$

$$\bar{x}(J_B) = x(J_B) - \theta A_B^{-1} a_{j_0}, \bar{x} = 0, j \in J_H / j_0, \bar{x}_{j_0} = \theta^0$$

Poser  $\bar{J}_B = (J_B - j_1) \cup j_0, \bar{J}_H = (J_H - j_0) \cup j_1, \bar{A}_B = A(I, \bar{J}_B)$ , d'où  $\{\bar{x}, \bar{A}_B\}$ , la nouvelle solution réalisable de base puis aller en (2).

**Exemple 3.1:**

Nous allons résoudre le problème de programmation linéaire suivant par la méthode du simplexe :

$$(PL) = \begin{cases} Z = x_1 + x_2 \rightarrow \max \\ -2x_1 + x_2 \leq 1 \\ x_1 + x_2 \leq 3 \\ x_2 \leq 2 \\ x_1, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Transformons le problème à la forme standard en ajoutant des variables d'écart

$$(PL) = \begin{cases} Z = x_1 + x_2 \rightarrow \max \\ -2x_1 + x_2 + x_3 = 1 \\ x_1 + x_2 + x_4 = 3 \\ x_2 + x_5 = 2 \\ x_j \geq 0 \quad j = 1, \dots, 5 \end{cases}$$

on a  $J = \{1,2,3,4,5\}$  et  $J_B = \{3,4,5\}$ ,  $J_H = \{1,2\}$  avec  $A_B = I_3$  donc la solution réalisable de base est  $x = (0,0,1,3,2)$ , dressons alors le premier tableau du simplexe.

$c$			1	1	0	0	0	$\theta_j$
$c_B$	<i>Base</i>	<i>B</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	
0	$a_3$	1	-2	1	1	0	0	/
0	$a_4$	3	1	1	0	1	0	3
0	$a_5$	2	0	1	0	0	1	/
$Z = 0$		$\Delta_j$	-1	-1	0	0	0	

On remarque que la relation  $\Delta_j \geq 0, J \in J_H$  n'est pas vérifiée, donc la solution réalisable de base initiale n'est pas optimale, on doit alors changer la base de la manière suivante :

$\min \Delta_j = \Delta_i = -1$  donc  $j_0 = 1$ , de là le vecteur  $a_1$  va rentrer dans la nouvelle base, et calculons  $\theta^0 = \min \theta_{j/JB} = \theta_2 = 3$ , de là, le vecteur  $a_4$  va sortir de la base, et la nouvelle base  $\bar{J}_B = \{3,1,5\}$ ,  $\bar{J}_H = \{2,4\}$ , pour déterminer la nouvelle solution  $\bar{x}$ , dressons le 2<sup>ème</sup> tableau du simplexe :

$c$			1	1	0	0	0	$\theta_j$
$c_B$	<i>Base</i>	<i>B</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	
0	$a_3$	7	0	3	1	2	0	
1	$a_1$	3	1	1	0	1	0	
0	$a_5$	2	0	1	0	1	0	
$Z = 3$		$\Delta_j$	0	0	0	1	0	

On a tous les  $\Delta_j \geq 0$ , donc le critère d'optimalité est vérifié  $\bar{x} = (3,0,7,0,2)$  est la solution optimale du problème, par conséquent la solution optimale du problème de départ est  $x^o = (3,0)$  avec  $z^o = 3$

Mais il existe un  $\Delta_j$  hors base qui est nul, donc le problème possède une infinité de solutions :

Dressons alors le tableau suivant :

$c$			1	1	0	0	0	$\theta_j$
$c_B$	<i>Base</i>	<i>B</i>	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	
0	$a_3$	1	0	0	1	2	-3	
1	$a_1$	1	1	0	0	1	-1	
1	$a_2$	2	0	1	0	0	1	
$Z=3$		$\Delta_j$	0	0	0	1	0	

La solution optimale (infinité).

$$x^* = \lambda x^{1*} + (1-\lambda)x^{2*}, \quad \lambda \in [0,1], \quad x^{1*} = (3,0,7,0,2)', \quad x^{2*} = (1,2,1,0,0)'$$

### 3.1.3 La M-méthode

Le mathématicien américain Tcharness a proposé cette méthode pour résoudre les problèmes linéaires.

Soit le problème :

$$(P) = \begin{cases} Z = c'x \rightarrow \max \\ Ax = b \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, n} \end{cases}$$

On constitue le problème suivant :

$$(PM) = \begin{cases} \bar{Z} = c'x - M \sum_{i=1}^m x_{n+i} \rightarrow \max \\ [Ax]_i + x_{n+i} = b_i, i = \overline{1, m} \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, n+m} \end{cases} \quad \text{Où } M \gg 0 \text{ (un nombre positif très grand).}$$

Le vecteur  $x = (0, b)' = (x = 0, x_{n+i} = b_i, i = \overline{1, m})'$  est une solution de base réalisable pour (PM).

On résout le problème (PM) par la méthode du simplexe avec une solution réalisable de base de départ  $\{(0, b), A_B\}$  et on obtient une solution optimale  $\{x^0 = (x^0, x_{n+i}^0, i = \overline{1, m}), A_B^0\}$ .

#### Principe de la M-méthode :

Après la transformation de (P) en (PM) à l'optimum nous avons les cas suivants :

1. Si toutes les variables artificielles sont nulles, alors la solution est optimale.

De plus si  $\Delta_{j_0} = 0 / j_0 \in J_H$  alors on aura une infinité de solution optimale.

2. Au moins une variable artificielle de la base strictement positive  $\Rightarrow$  contraintes contradictoires.
3. A un certain moment on ne peut pas améliorer, par manque de pivot.

On distingue deux cas :

- toutes les variables artificielles sont nulles  $\Rightarrow$  solution infinie.
- au moins une variable artificielle strictement positive  $\Rightarrow$  contraintes contradictoires.

### 3.2 Modèle d'affectation [15]

Le problème d'affectation consiste à établir des liens entre les éléments de deux ensembles distincts, de façon à minimiser un coût et en respectant des contraintes d'unicité de lien pour chaque élément par exemple ;

On considère  $n$  tâches et  $n$  agents,

Pour tout couple  $(i, j)(i = \overline{1, n}, j = \overline{1, n})$  l'affectation de la tâche  $i$  à  $j$  entraîne un coût de réalisation noté  $c_{ij}(c_{ij} \geq 0)$ . Chaque tâche doit être réalisée exactement par un et un seul agent, et chaque agent réalise une et seule tâche.

Le problème consiste à affecter les tâches aux agents, de façon à minimiser le coût total de réalisation et en respectant les contraintes de réalisation des tâches et de disponibilité des agents ;

À tout couple tâche/agent  $(i, j)$ , on associe une variable d'affectation  $x_{ij}$  où :

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si la tâche } i \text{ est affectée à l'agent } j \\ 0 & \text{SINON} \end{cases}$$

#### 3.2.1 Formulation de problème :

On peut donc modéliser le problème d'affectation sous la forme de programme linéaire standard :

$$\text{Min} Z \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}$$

$$\left\{ \begin{array}{ll} \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 & \forall i = 1 \dots n \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = 1 & \forall j = 1 \dots n \\ x_{ij} \in \{0,1\} & \forall i = 1 \dots n, j = 1 \dots n \end{array} \right.$$

**Contraintes :**

- La première contrainte donne le nombre d'agents réalisant la tâche  $i$  qui vaut à 1 pour chaque  $i = 1 \dots n$ ;
- La deuxième contrainte donne le nombre de tâches réalisées par l'agent  $j$  qui vaut à 1 pour chaque  $j = 1 \dots n$ ;

**Remarque :**

- i. Le problème d'affectation est dit non standard, si on a  $m$  agents et  $n$  tâches avec  $m \neq n$ . Mais on peut transformer ce problème non standard à un problème standard de la manière suivante :
  - Si  $m > n$  alors nous créons  $m - n$  agents fictifs.
  - Si  $n > m$  alors nous créons  $n - m$  tâches fictives. Le coût d'affectation de ces éléments fictives est égal à zéro.
- ii. Le problème standard d'affectation peut être résolu comme un problème de transport ou les  $a_i = b_j = 1$  et les  $c_{ij}$  représentent les coûts unitaires de transport.
- iii. Le problème d'affectation peut être défini comme un problème de maximisation.

$$\text{max} Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_{ij} c_{ij}$$

- Le problème consiste à affecter les  $n$  tâches aux  $n$  agents de telle sorte que la rentabilité totale soit maximale, et sous les mêmes contraintes du problème de minimisation.

**3.2.2 Résolution par la méthode Hongroise (Kuhn, Egervary, König) [15] :**

L'algorithme hongrois parfois appelé aussi algorithme de Kuhn Munkres est un algorithme d'optimisation combinatoire, Il a été proposé en 1955 par le mathématicien américain Harold

Kuhn, qui l'a baptisé « méthode hongroise » sert à résoudre le problème d'affectation en temps polynomial.

### La description globale de la méthode hongroise :

- La méthode hongroise est applicable sur une matrice d'affectation carrée (une matrice de type  $(n, n)$ ).
- L'algorithme est basé sur la détermination des zéros sur chaque ligne et chaque colonne de la matrice d'affectation.
- L'affectation d'une personne à une tâche peut se faire en choisissant un zéro sur une ligne ou une colonne.
- Pour que chaque personne soit affectée à une seule tâche, il faut choisir des zéros si  $n$  dépendants.
- Le but de la méthode hongroise est alors d'obtenir «  $n$  » zéros si  $n$  dépendants.

### L'algorithme de recherche d'une affectation minimale :

Soit  $A = (c_{ij})$  une matrice d'affectation de type  $(n, m)$

$$A = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1j} & \cdots & c_{1m} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2j} & \cdots & c_{2m} \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ c_{i1} & c_{i2} & \cdots & c_{ij} & \cdots & c_{im} \\ \cdot & \cdot & & \cdot & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nj} & \cdots & c_{nm} \end{bmatrix}$$

### Première étape :

1) On fait apparaître au moins un zéro sur chaque ligne et chaque colonne de la matrice d'affectation, en retranchant de chaque ligne, le plus petit élément ;

On fait de même pour chaque colonne.

2) On choisit sur chaque ligne un zéro en l'encadrant, et on barre les zéros qui se trouvent sur la même ligne et la même colonne

3) Si on a obtenu  $n$  zéros si  $n$  dépendants. Alors l'affectation est optimale. Tout zéro encadré correspond à la valeur  $c_{ij}$  dans la matrice d'affectation, alors la personne

$P_i$  est affectée à la tâche  $T_j$ ; et la valeur de l'affectation minimale est égale à la

somme des  $c_{ij}$  de la matrice de départ  $V(\text{aff}) = \sum c_{ij}$  avec  $i = 1 \dots n$  et  $j = 1 \dots m$

Sinon, on passe à la deuxième étape.

**Deuxième étape :**

- 1) Marquer toutes les lignes ne contenant pas de zéros encadre
  - 2) Marquer toutes les colonnes contenant un zéro barré sur une ligne marquée
  - 3) Marquer toutes les lignes contenant un zéro encadré sur une colonne marquée
  - 4) Revenir à 2) et reprendre le même procédé jusqu'à ne pouvoir plus marquer
  - 5) On barre toutes les lignes non marquées et toutes les colonnes marquées
  - 6) On considère les éléments non barrés de la matrice, soit  $\bar{m}$  le plus petit élément d'entre eux
    - A chaque élément non barré de la matrice, on retranche l'élément  $\bar{m}$
    - A chaque élément barré deux fois de la matrice, on rajoute l'élément  $\bar{m}$
    - On laisse inchangé les éléments barrés une seule fois dans la matrice
  - 7) On intègre les nouveaux éléments calculés dans  $A$ , on obtient ainsi une nouvelle matrice.
  - 8) On choisit de nouveaux zéros pour les lignes ne contenant pas de zéro encadré
- Si on a  $n$  zéros si  $n$  dépendants allé vers (3) de la première étape sinon aller vers (2) de la première étape

**Exemple 3.2:**

Cinq ouvriers doivent être affectés à cinq tâches différentes, le temps repartit pour chaque personne pour la réalisation de chaque tâche est donné par la matrice d'affectation suivantes :

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
$T_1$	17	15	9	5	12
$T_2$	16	16	10	5	10
$T_3$	12	15	14	11	5
$T_4$	4	8	14	17	13
$T_5$	13	9	8	12	17

**Tableau 1 :** Matrice des coûts originaux

Première étape :

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	
$T_1$	12	10	4	0	7	-5
$T_2$	11	11	5	0	5	-5
$T_3$	7	10	9	6	0	-5
$T_4$	0	4	10	13	9	-4
$T_5$	5	1	0	4	9	-8

Tableau 2 : Réduction des lignes



	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	
$T_1$	12	9	4	0	7	
$T_2$	11	10	5	0	5	
$T_3$	7	9	9	6	0	
$T_4$	0	3	10	13	9	
$T_5$	5	0	0	4	9	
	0	-1	-0	0	0	

Tableau 3 : Réduction des colonnes

2)

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
$T_1$	12	9	4	⊠	7
$T_2$	11	10	5	∅	5
$T_3$	7	9	9	6	⊠
$T_4$	⊠	3	10	13	9
$T_5$	5	⊠	∅	4	9

Tableau 4 : Dénotation de l'unique affectation

**Exécution d'un test d'optimalité.**

Le nombre des zéros indépendants est différent de  $n=5$  donc la solution n'est pas optimale  
On passe à la deuxième étape.

**Deuxième étape :** Création des zéros supplémentaires.

1. Marquez (\*) les lignes n'ayant pas de zéros encadrés.
2. Marquez (\*) les colonnes ayant un zéro barré sur une ligne déjà marquée.
3. Marquez (\*) les lignes ayant un zéro encadré dans une colonne marquée.

Si le nombre de ligne rayée est égal au format de la matrice, la solution actuelle est la solution optimale, sinon passez à l'étape 6.

				*		
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	
$T_1$	12	9	4	⊖	7	*
$T_2$	11	10	5	∅	5	*
$T_3$	7	9	9	6	⊖	
$T_4$	⊖	3	10	13	9	
$T_5$	5	⊖	∅	4	9	

**Tableau 5** : Procédure de marquage (phase finale)

				*		
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	
$T_1$	12	9	4	⊖	7	*
$T_2$	11	10	5	0	5	*
$T_3$	7	9	9	6	⊖	
$T_4$	⊖	3	10	13	9	
	5	⊖	0	4	9	

**Tableau 6** : Amélioration de la nouvelle matrice  
[Le plus petit nombre découvert]



				*		
	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$	
$T_1$	8	5	0	⊖	3	*
$T_2$	7	6	1	0	1	*
$T_3$	7	9	9	10	⊖	
$T_4$	⊖	3	10	17	9	
$T_5$	5	⊖	0	8	9	

**Tableau 7** : Amélioration de la nouvelle matrice [éléments couverts 2 fois]

	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$	$P_5$
$T_1$	8	5	⊖	∅	3
$T_2$	7	6	1	⊖	1
$T_3$	7	9	9	10	⊖
$T_4$	⊖	3	10	17	9
$T_5$	5	⊖	∅	8	9

**Tableau 8** : solution optimale

On obtient 5 zéros encadrés donc 5 zéros indépendants.

Le nombre de zéro si  $n$  dépendant est égal à  $n=5$ , l'affectation est donc optimale

Ainsi, dans l'exemple, la valeur de l'affectation minimale est

$$V(\text{aff}) = \sum c_{ij} = 9 + 5 + 5 + 4 + 9 = 32$$

**3.3. Affectation généralité [15] :**

Parmi les solutions sont choisi d'étudier le modèle d'affectation généralisé

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min}Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i = 1 \dots m \quad (1) \\ \sum_{i=1}^m v_{ij} x_{ij} \leq a_j \quad \forall j = 1 \dots n \quad (2) \\ x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i, \forall j \end{array} \right.$$

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si l'individu } i \text{ est affecté a la machine } j \\ 0 & \text{SINON} \end{cases}$$

$a_j$  : La capacité sur la machine  $j$  ;

$c_{ij}$  : représente le cout liée à l'affectation de  $i$  en  $j$ .

$v_{ij}$  : la durée liée à l'affectation de  $i$  en  $j$ .

Soit un exemple numérique, relatif à l'affectation (généralisée) d'un Personnel aux machines, nombre de personnes = 2 ; nombre de machines = 3.

Application directe du modèle / On dispose de 02 matrices.

Matrice couts

<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>

Matrice Durée

<b>1</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

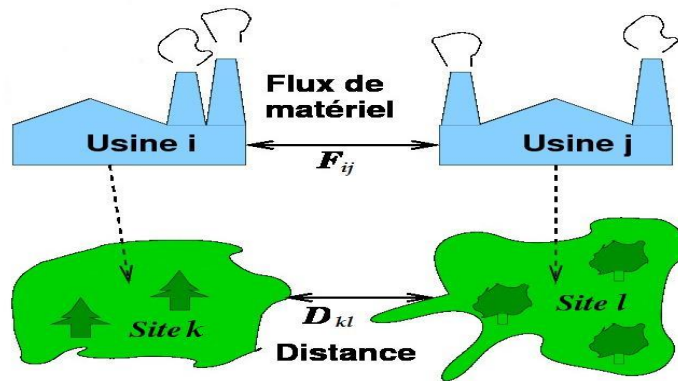
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min}Z = 2x_{11} + 3x_{12} + 4x_{13} + 5x_{21} + 6x_{22} + 7x_{23} \\ x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1 \\ x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1 \\ x_{11} + 2x_{21} \leq 3 \\ 3x_{12} + 4x_{21} \leq 5 \\ 5x_{13} + 6x_{23} \leq 7 \\ x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23} \in \{0,1\} \end{array} \right.$$

Sa résolution dans le chapitre 5.

**3.4 Modèle d'affectation quadratique [16] :**

**Présentation**

Le problème d'affectation quadratique, (QAP) a été défini par Koopmans et Beckmann en 1957 consiste à placer  $n$  unités communiquant entre elles (usines, dépôts, etc.) sur  $n$  sites prédéterminés. Entre une unité  $i$  placée sur un site  $k$  et une unité  $j$  placée sur un site  $l$  se passe une interaction qui a un coût :  $c_{ijkl}$ . En général, ce coût est le produit du flux  $f_{ij}$  entre les deux unités par la distance entre les deux sites  $d_{kl}$ . Et le problème consiste à minimiser le coût total de l'implantation des  $n$  unités sur  $n$  sites.



### 3.4.1 Modélisation

Résoudre un problème d'affectation quadratique, revient à résoudre le programme quadratique suivant :

$$\left\{ \begin{array}{l} x_{i,j} = 0 \text{ ou } 1 \quad i \in I, j \in J, \quad |I| = |J| \quad (1) \\ \sum_{j \in J} x_{i,j} = 1 \quad \forall i \in I, \quad (2) \\ \sum_{i \in I} x_{i,j} = 1 \quad \forall j \in J, \quad (3) \\ [MIN] \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} c_{ijkl} x_{ij} x_{kl} \quad (4) \end{array} \right.$$

Les trois premières contraintes définissent une affectation :

- 1<sup>ère</sup> contrainte : Si  $x_{ij}$  vaut 1, l'élément  $i$  de  $I$  est affecté à l'élément  $j$  de  $J$ .
- 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> contraintes : à un élément de  $I$  est affecté un et un seul élément de  $J$ .

L'affectation optimale est celle qui minimise une fonction de coût à valeurs positives, d'où la fonction économique (4) où :

- $c_{ijkl}$  représente le coût lié à l'affectation respective de  $i$  en  $j$  et de  $k$  en  $l$ .

### 3.5 Un problème de mélange multi-produit [14] :

Considérons ici une société devant produire différents produits  $k$  en quantité  $d_k$  (en unité de poids par exemple) à partir de l'addition de différentes matières premières  $j$  ;

Notons

$\Gamma_k$  L'ensemble des matières premières  $j$  pouvant être utilisées pour la fabrication du produit  $k$  ;

$\Gamma_j$  L'ensemble des produits  $k$  susceptibles d'être fabriqués à l'aide de la matière première  $j$ .

Ces matières premières peuvent provenir de différentes sources (producteur, dépôts, ...)  $i$  ; à la source  $i$ , la disponibilité en matière première  $j$  est  $q_{ij}$  (en poids) à un coût  $c_{ij}$  (DA /poids).

Les produits  $k$  doivent vérifier certaines contraintes de qualité relatives à différentes substances  $l$  ; soient  $\underline{b}_{kl}$  et  $\overline{b}_{kl}$  les teneurs minimales et maximales (en %) autorisées en substance  $l$  pour le produit  $k$ .

Par ailleurs  $t_{jl}$  (en %) est la teneur en substance  $l$  de la matière première  $j$ .

Le problème consiste à minimiser le coût d'achat des matières premières  $j$  destinées à la fabrication des produits  $k$  tout en respectant les différentes contraintes.

Appelons

- $x_{ij}$  (Variables continue) la quantité de la matière première  $j$  achetée à la source  $i$  (en poids) ;
- $y_{jk}$  (Variable continue) la quantité de la matière première  $j$  utilisée dans la fabrication du produit  $k$  (en poids).

Le problème de programmation linéaire se formule :

$$\begin{aligned}
 & \min \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} \\
 x_{ij} & \leq q_{ij} & \forall (i, j) \\
 \sum_i x_{ij} & = \sum_{k \in \Gamma_j} y_{jk} & \forall j \\
 \sum_{j \in \Gamma_k} y_{jk} & = d_k \\
 \sum_{j \in \Gamma_k} t_{il} y_{jk} & \leq \bar{b}_{kl} d_k & \forall (k, l) \\
 \sum_{j \in \Gamma_k} t_{jl} y_{jk} & \geq b_{kl} d_k & \forall (k, l) \\
 x_{ij} & \geq 0 & \forall (i, j) \\
 y_{jk} & \geq 0 & \forall (j, k)
 \end{aligned}$$

Le deuxième ensemble de contraintes indique que les quantités achetées de matière première  $j$  doivent être utilisées).

### 3.6 Modèle de localisation d'entrepôts [14] :

Notre entreprise désire ouvrir de nouveaux entrepôts pour desservir ses centrales d'achat. Chaque nouvelle implantation d'un entrepôt a un coût fixe et permet de livrer les centrales d'achat à proximité du site. Chaque livraison effectuée a donc un cout qui dépend de la distance à parcourir. On dispose de 12 sites pour construire les entrepôts et de 12 centrales d'achat à desservir. Le tableau 3.1 donne le coût (en DA) de livraison d'une centrale d'achat (en ligne) par un des entrepôts (en colonne). Certaines livraisons impossibles sont matérialisées par le symbole mathématique infini ( $+\infty$ ).

Par ailleurs pour chaque entreprise entrepôt, on dispose des informations suivantes : un coût fixe déconstruction à inclure dans la fonction objective et une capacité limitée. De plus, on connaît la demande de chaque client de manière précise. Ces informations sont regroupées au tableau 3.2 dans tous les cas, la demande des clients doit être satisfaite, mais une centrale d'achat peut être livrée par plusieurs entrepôts. Quels entrepôts ouvrir pour minimiser le coût total de leur construction et des livraisons qu'ils devront assurer ?

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>1</b>	120	100	70	70	80	100	120	110	80	90	85	130
<b>2</b>	140	110	80	90	85	130	160	130	100	100	95	150
<b>3</b>	160	130	100	100	95	150	180	145	120	100	100	130
<b>4</b>	160	135	150	120	60	190	120	150	130	+∞	+∞	+∞
<b>5</b>	190	100	130	+∞	+∞	+∞	200	140	110	+∞	+∞	+∞
<b>6</b>	200	130	120	+∞	+∞	+∞	170	60	150	50	80	80
<b>7</b>	100	200	150	120	160	50	120	70	80	75	65	125
<b>8</b>	120	190	160	70	65	130	140	110	180	90	85	135
<b>9</b>	140	120	50	80	175	130	170	125	200	110	90	155
<b>10</b>	170	125	40	100	90	135	190	150	10	+∞	+∞	+∞
<b>11</b>	190	10	155	+∞	+∞	+∞	200	180	20	+∞	+∞	+∞
<b>12</b>	30	180	20	+∞	+∞	+∞	100	120	50	30	60	10

Tableau3.1 : coûts de livraison

<b>Entrepôt</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Coût (DA)</b>	3700	9000	10000	6000	4000	10000
<b>Capacité(t)</b>	350	200	150	180	275	300
<b>Entrepôt</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Coût (DA)</b>	9000	5000	2000	8000	9000	8500
<b>Capacité(t)</b>	200	250	270	200	190	250

<b>Client</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Demande (t)</b>	70	80	75	100	120	140
<b>Client</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Demande (t)</b>	90	60	30	150	95	135

Tableau 3.2 : données entrepôts et clients

3.6.1 Modélisation :

Pour la modélisation mathématique, on note  $d_j$  la demande d'un client  $j$  et  $Ca_i$  à capacité maximal d'un entrepôt  $i$ . Le coût fixe de construction d'un entrepôt  $i$  sera note  $f_i$ . Le coût de livraison d'un client  $j$  par un entrepôt  $i$ ,  $c_{ij}$  les constantes  $n$  et  $m$  dénotent respectivement le nombre de sites pour la construction des entrepôts et le nombre de clients à livrer.

Pour la résolution, nous allons avoir besoin de savoir ou ouvrir les entrepôts. Pour cela, une variable binaire  $y_i$  vaudra 1 si le site est choisi pour la construction, 0 sinon. Par ailleurs, il faut savoir quel(s) entrepôt(s) livre le client  $j$ . On désigne alors par la

variable  $x_{ij}$  le pourcentage de la demande du client  $j$  qui sera livré par l'entrepôt  $i$ . Cette variable prenant valeurs dans  $[0, 1]$  ; on pose les contraintes (2).

$$(2) \quad \forall i = 1 \dots n, \forall j = 1 \dots m : x_{ij} \leq 1$$

La demande des clients doit être satisfaite complètement, c'est-à-dire qu'on doit livrer **100%** de la demande d'un client (contraintes (3)).

$$(3) \quad \forall j = 1 \dots m : \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1$$

Considérons les contraintes (4), mais en supprimant les variables  $y_i$ . Elles signifient que la quantité totale livrée par tout entrepôt  $i$  ne doit pas excéder sa capacité. Bien entendu, il serait anormal qu'un entrepôt  $i$  non construit effectue des livraisons (premier membre  $>0$ ). Idéalement, on souhaiterait traduire l'équivalence entrepôt  $i$  fermé  $\Leftrightarrow$  premier membre = 0. Une solution simple est de multiplier chaque  $x_{ij}$  par  $y_i$  dans le premier membre, mais les produits de variables sont interdits en programmation linéaire. Comment faire ?

$$(4) \quad \forall i = 1 \dots n : \sum_{j=1}^n d_j \times x_{ij} \leq ca_i \times y_i$$

On multiplie les capacités des seconds membres par  $y_i$ . Si un entrepôt  $i$  n'est pas construit, alors  $y_i = 0$  et le premier membre est nul. L'équivalence est donc vérifiée de la gauche vers la droite. La réciproque n'est pas vérifiée : la contrainte permet que  $i$  soit ouvert sans rien livrer. Heureusement la minimisation du coût va empêcher de tels cas à l'optimum. Cette manière de traduire un sens d'une équivalence par une contrainte et d'assurer l'autre sens par la minimisation de la fonction objectif est une astuce classique en PLNE.

Le cout total que l'on cherche à minimiser se répartit entre les couts d'ouverture des entrepôts et les couts de livraison. Ce sont les deux termes de la fonction objectif (1). Le modèle complet est rappelé avant la modélisation Xpress.

$$(1) \quad \text{Min} \sum_{i=1}^n f_i \times y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} \times x_{ij}$$

$$(2) \quad \forall i = 1 \dots n, \forall j = 1 \dots m : x_{ij} \leq 1$$

$$(3) \quad \forall j = 1 \dots m : \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1$$

$$(4) \quad \forall i = 1 \dots n : \sum_{j=1}^n d_j x_{ij} \leq Ca_i \times y_i$$

$$(5) \quad \forall i = 1 \dots n; \forall j = 1 \dots m : x_{ij} \geq 0$$

$$(6) \quad \forall i = 1 \dots n; y_i \in \{0,1\}$$

*Chapitre IV :*  
*modélisations et solutions*  
*retenus*

### Introduction

L'objectif de notre cas pratique au niveau de PHAREACT, consiste à voir de plus près la réalité de la gestion des stocks et la politique d'approvisionnement sur le terrain, à travers une étude empirique que nous utilisons au sein de l'entreprise ainsi de comprendre réellement le mode de fonctionnement et les méthodes utilisées.

#### 4.1 Analyse ABC :

Étant donné que l'entreprise dispose d'un nombre important d'articles dans le stock, tous ne peuvent pas être analysés, c'est pourquoi nous avons eu recours à l'analyse ABC pour effectuer la sélection des produits sur lesquelles nous focaliserons notre attention.

##### 4.1.1 Démarche

Pour effectuer cette sélection nous avons eu recours à l'analyse ABC en prenant comme critère le nombre de sortie de chaque article durant l'année 2021.

Les résultats de l'analyse ABC, sont résumés dans le tableau 4.1 suivant :

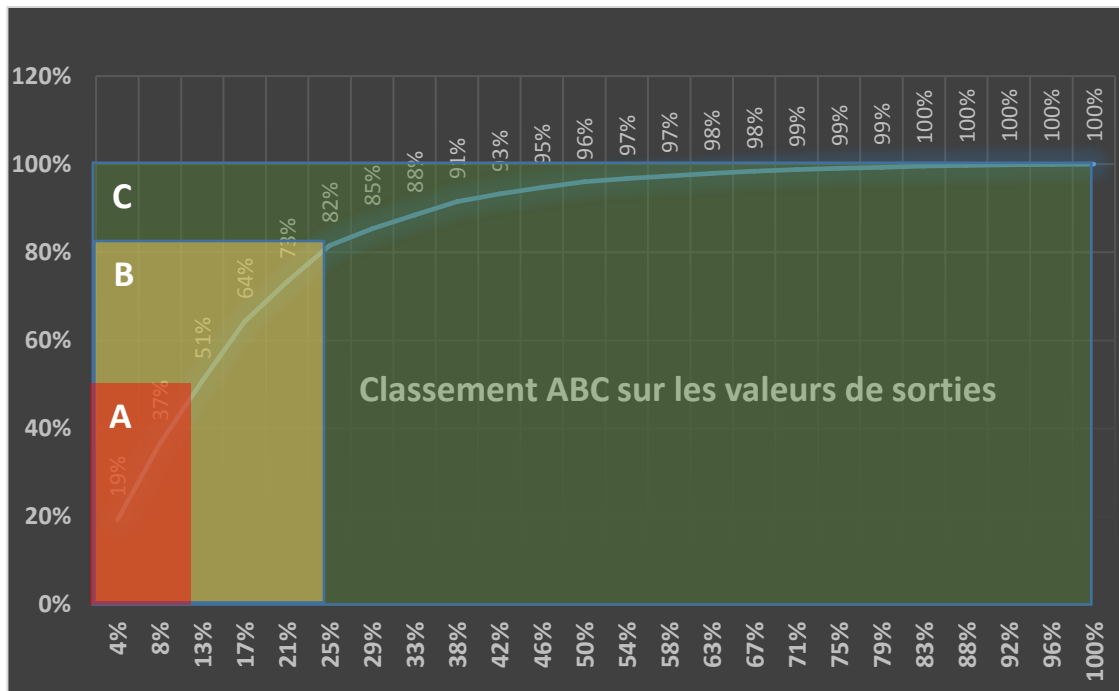
## Chapitre IV : modélisations et solutions retenus

ARTICLES	Prix U	NOMBRE DE SORTIE	VALEUR TOTALE DES SORTIES	%VALEUR TOTALES DES SORTIES	VALEUR SORTIES CUM	%VALEUR SORTIES CUM	NOMBRE DE REFERENCE	%NOMBRE DE REFERENCE	% NCUMUL DE REFERENCES	CLASSES
CELEBREX 200mg GLES B/30	1079,83	440	475125,20 DA	19%	475 125,20 DA	19%	1	4%	4%	A
RHINOCORT 64µg/DOSE PULV NASAL FL/120 DOSES	762,59	557	424 762,63 DA	17%	899 887,83 DA	37%	1	4%	8%	A
TAHOR 40mg COMP PELL B/28	1461,02	240	350 644,80 DA	14%	1 250 532,63 DA	51%	1	4%	13%	A
TAHOR 20mg COMP PELL B/28	919,71	360	331 095,60 DA	13%	1 581 628,23 DA	64%	1	4%	17%	B
ZOLOFT 50mg GLES B/14	474,61	470	223 066,70 DA	9%	1 804 694,93 DA	73%	1	4%	21%	B
VIAGRA 50mg COMP PELL B/02	354,28	574	203 356,72 DA	8%	2 008 051,65 DA	82%	1	4%	25%	B
ZINCARE PLUS BT/30	520	177	92 040,00 DA	4%	2 100 091,65 DA	85%	1	4%	29%	C
DEXAFREE 1mg/ml COLLYRE B/30	619,43	126	78 048,18 DA	3%	2 178 139,83 DA	88%	1	4%	33%	C
CELEBREX 100mg GLES B/20	378,02	195	73 713,90 DA	3%	2 251 853,73 DA	91%	1	4%	38%	C
CELEBREX 200mg GLES B/10	358,62	120	43 034,40 DA	2%	2 294 888,13 DA	93%	1	4%	42%	C
TAUBRIGENE 0,3% / 0,1% COLLYRE FL/5ML	293,88	123	36 147,24 DA	1%	2 331 035,37 DA	95%	1	4%	46%	C
MEGAMAG ONE 300mg/2mg CP B/45	1129,37	28	31 622,36 DA	1%	2 362 657,73 DA	96%	1	4%	50%	C
ARFEN 400mg/3ml SOL INJ B/06 AMP	610,31	31	18 919,61 DA	1%	2 381 577,34 DA	97%	1	4%	54%	C
VOTREX 50MG CP ENRO B/20	85	176	14 960,00 DA	1%	2 396 537,34 DA	97%	1	4%	58%	C
RELPAK 40mg COMP PELL B/03	873,24	16	13 971,84 DA	1%	2 410 509,18 DA	98%	1	4%	63%	C
AROMASINE 25mg COMP B/30	3968,12	3	11 904,36 DA	0%	2 422 413,54 DA	98%	1	4%	67%	C
SERENOX SOMMEIL	406,41	21	8 534,61 DA	0%	2 430	99%	1	4%	71%	C

CP LP B/24				DA		948,15 DA							
TRAVADROP 40µg/ml collyre FL/2.5ml	1171	6	7 026,00 DA	0%	2 437 974,15 DA	99%	1	4%	75%				C
MYCOZOL 2% CREME T/15g	131,52	52	6 839,04 DA	0%	2 444 813,19 DA	99%	1	4%	79%				C
CROPINE 0.5% COLLYRE FL/10ml	168,49	35	5 897,15 DA	0%	2 450 710,34 DA	100%	1	4%	83%				C
CORONOL 3MG/ML COLLYRE FL/5ML	118,56	38	4 505,28 DA	0%	2 455 215,62 DA	100%	1	4%	88%				C
CALMAZEN STRESS ET ANXIÉTÉ CP LP B/24	400,16	7	2 801,12 DA	0%	2 458 016,74 DA	100%	1	4%	92%				C
DEXAFINE 15g 8g 2g CRÈME T/200G	381,97	5	1 909,85 DA	0%	2 459 926,59 DA	100%	1	4%	96%				C
ACUITEL 20mg COMP PELL B/28	903,57	2	1 807,14 DA	0%	2 461 733,73 DA	100%	1	4%	100%				C
			2 461 733,73 DA	100%		2062%	24	100%					

Résultats de l'analyse ABC

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



**Figure 4.1** : Résultat graphique de l'analyse ABC

### Indice de Gini :

Pour calculer l'indice de Gini ( $y$ ) nous avons recours à la formule suivante :

$$y = \frac{(\text{somme criteres cumules en } \% \times \% \text{ d'un produit}) - 5000}{5000}$$

La somme des valeurs cumulées du critère vaut 2062 % et chaque article représente

$4\% = \frac{1 \times 100}{24}$  sur le nombre total d'articles étudiés l'application de la formule donne le

résultat suivant :

$$y = \frac{(2062 \times 4) - 5000}{5000} = 0,6496.$$

L'indice  $y$  est supérieur à 0,6 le critère des valeurs totales des sorties est donc pertinent. Nous pouvant poursuivre notre étude et passer aux politiques de gestion des stocks.

**4.2 Calcul de point de commande  $r$  :**

Après avoir déterminé les 20% des produits dans le stock, nous avons choisi de calculer le point de commande pour le produit suivant **CELEBREX 200mg GLES B/30**.

**4.2.1. Calcul du point de commande  $r$  pour un niveau de service  $1 - \alpha = 95\%$  :**

$$r = \mu_X + Z_{1-\alpha} \times \sigma_X$$

Soit la variable aléatoire  $X$  : " la demande mensuelle de **CELEBREX 200mg GLES B/30** durant

$$L = 3 \text{ jours, } X = \sum_{i=1}^L D_i = LD \rightarrow N(\mu_X, \sigma_X), \text{ Tels que :}$$

$$\begin{cases} \mu_X = L\mu_D \\ \sigma_X = \sqrt{L}\sigma_D \end{cases}$$

La demande mensuelle de **CELEBREX 200mg GLES B/30** en se basant sur les trois premiers mois  $n = 3$  de 2021, voir (tableau 4.1)

	Janvier	Février	Mars
Quantités vendus	89	31	140

**Tabelau4.1 : demande CELEBREX 200mg GLES B/30 pendant les trois premiers mois.**

$$\mu_X = \frac{1}{3}(89 + 31 + 140) = 86,66 \approx 87 \text{ boites}$$

Et

$$\sigma_X = \sqrt{\frac{1}{3}((89 - 87)^2 + (31 - 87)^2 + (140 - 87)^2)} = \sqrt{1983} = 44,53 \approx 45 \text{ boites}$$

Pour  $1 - \alpha = 95\%$ , on a  $Z_{1-\alpha} = 1.65$ , d'où :

$$r = \mu_X + Z_{1-\alpha} \times \sigma_X = 87 + 45 \times 1.65 = 161.25 \approx 161 \text{ boites}$$

Le niveau du stock de sécurité est :

$$S = r - \mu_X = 161 - 87 = 74 \text{ boites}$$

Il est souhaitable d'avoir un stock de sécurité de 74 boîtes chaque trois mois pour le produit **CELEBREX 200mg GLES B/30**, et de passer commande chaque fois que le niveau du stock baisse à 161 unités.

### **Conclusion :**

Dans ce chapitre nous avons pu appliquer quelques méthodes de gestion des stocks afin de répondre à la problématique posée et d'apporter par la suite une solution.

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

Au terme de notre analyse, nous nous rendus à l'évidence que notre étude nous a permis de mieux cerner la notion de minimisation des coûts de la gestion.

*Chapitre V:*

*Simulations numériques et  
informatique*

### Introduction

La programmation informatique est un ensemble d'outils et de techniques permettant de résoudre des problèmes mathématiques par ordinateurs, elle sert à trouver une solution optimale de n'importe quel type de problèmes

Le processus de résoudre un problème mathématique exige un grand nombre de calculs donc il est mieux de l'exécuter par machine. Pour cela on a choisi les logiciels LINGO et VISUAL XPRESS spécifiés pour résoudre des problèmes d'optimisation (linéaire, non linéaire, convexe, non convexe, etc.).

#### 1.1 *Logiciel LINGO :*

LINGO est un logiciel utilisé pour résoudre des problèmes d'optimisations linéaires, entières et quadratiques. Il est aussi utilisé pour résoudre les modèles d'optimisations globales non linéaires. Une des caractéristiques de LINGO c'est qu'il offre des outils qui peuvent aider à l'analyse des modelés utilisant la méthode du simplexe et la méthode de Brunch and Bound.

##### 1.1.1 Description du logiciel :

LINGO utilise quatre solveurs pour résoudre différents types de programmes mathématiques :

- ✓ Solveur direct.
- ✓ Solveur linéaire.
- ✓ Solveur non linéaire.
- ✓ Méthode de type séparation et évaluation.

##### 1.1.2 Les fonctions utilisées dans un modèle de LINGO :

- ✓ @FOR - utilisée pour produire des contraintes.
- ✓ @SUM - calcul de la somme.
- ✓ @MAX - recherche de maximum.
- ✓ @MIN - recherche de minimum.

##### 1.1.3 Type de variables dans LINGO :

Toutes les variables dans un modèle de LINGO sont considérées non négatives et continus, les fonctions variables d'un modèle de LINGO sont :

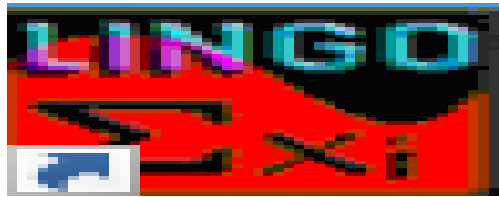
- ✓ GIN - toute valeur positive de nombre entier.
- ✓ BIN - une valeur binaire (0 ou 1).
- ✓ FREE - toute valeur positive ou négative réelle.

✓ BND - toute valeur bornée par des limites indiquées.

La forme générale pour la déclaration d'une variable  $x$ , en utilisant les fonctions variables **GIN**, **BIN**, **FREE** est : fonction ( $x$ ) ; La fonction **BND** inclut les limites inférieures et supérieures des variables, sa forme générale est : **BND** (limite inférieure,  $x$ , limite supérieure).

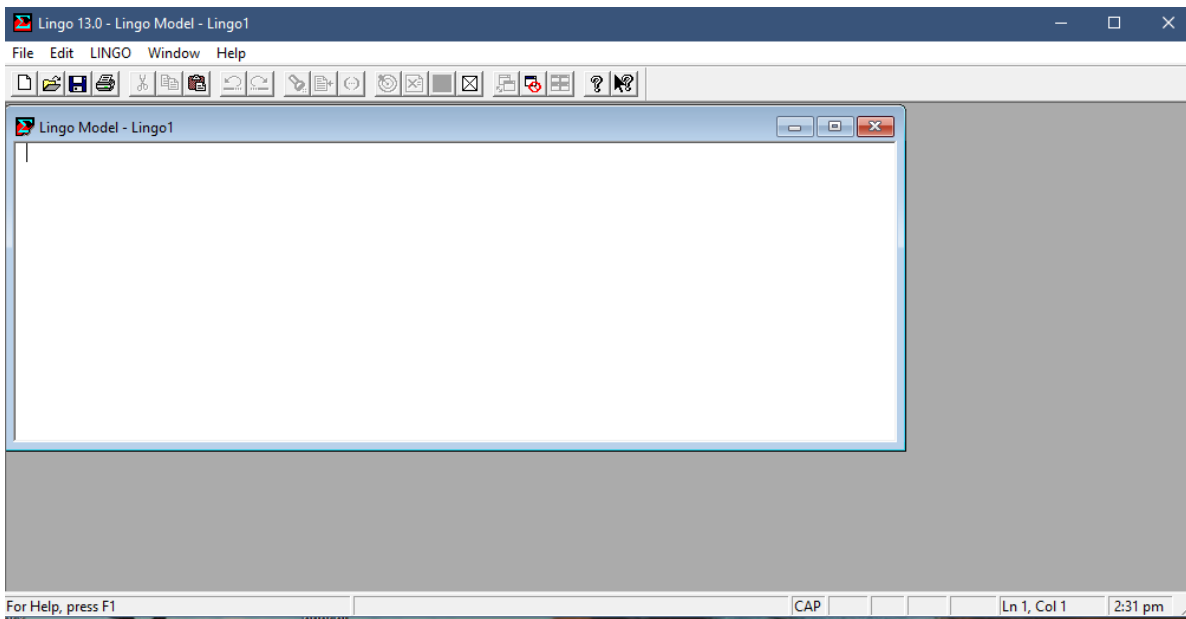
### 1.1.4 Environnement de travail du logiciel :

Le logiciel est reconnaissable grâce à l'icône de la figure5.1 :



*Figure5.1 : LINGO 13.0*

La figure5.2 montre l'environnement de travail du logiciel :



*Figure5.2 : Page d'accueil du logiciel*

La barre des outils de LINGO est la suivante :

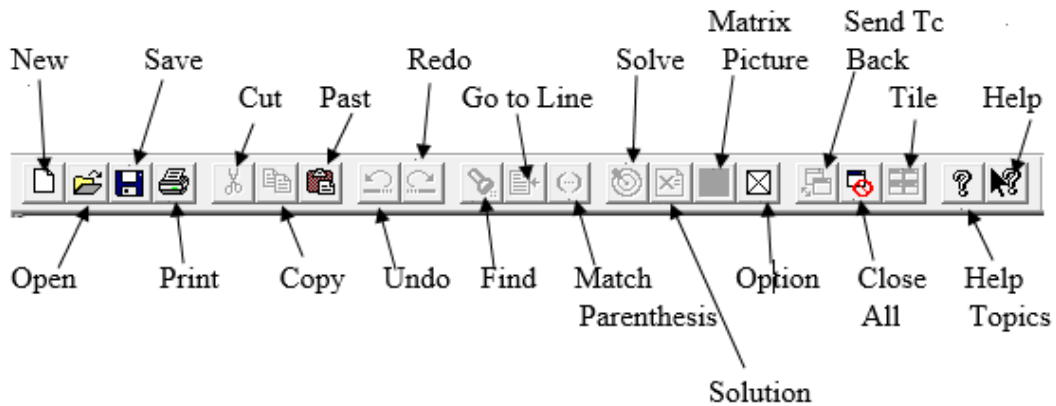


Figure 5.3 : La barre des outils de LINGO

### Signification :

**New** : ouvrir une nouvelle fenêtre.

**Open** : ouvrir un dossier enregistré.

**Save** : enregistrer un modèle.

**Print** : imprimer la fenêtre courante.

**Cut** : copier et déplacer le texte sélectionné.

**Copy** : copier le texte sélectionné.

**Past** : coller le contenu sélectionné dans le document.

**Undo** : refaire l'action précédente.

**Redo** : revenir à l'action suivante.

**Find** : chercher un document.

**Go To Line** : déplacer le curseur à un certain nombre de ligne.

**Match Parenthesis** : trouvez la parenthèse étroite qui correspond à la parenthèse ouverte que vous avez choisie.

**Solve** : résoudre le modèle.

**Solution** : faire la fenêtre de rapport de la solution du modèle courant.

**Option** : ensemble des options du système.

**Send To Back** : placer la fenêtre courante derrière les autres fenêtres ouvertes.

**Close All** : fermer toutes les fenêtres ouvertes.

**Tile** : placer les fenêtres ouvertes dans la même place dans la fenêtre du programme LINGO.

**Help Topics** : ouvrir le manuel de LINGO.

**Help** : Ouvrir l'aide de LINGO.

## 1.1.5 Programmation des exemples sur LINGO :

Exemple5.1 : Problème d'affectation simple

$$\begin{aligned}
 \text{Min}Z &= 17x_{11} + 15x_{12} + 9x_{13} + 5x_{14} + 12x_{15} + 16x_{21} + 16x_{22} + 10x_{23} \\
 &+ 5x_{24} + 10x_{25} + 12x_{31} + 15x_{32} + 14x_{33} + 11x_{34} + 5x_{35} + 4x_{41} + 8x_{42} \\
 &+ 14x_{43} + 17x_{44} + 13x_{45} + 13x_{51} + 9x_{52} + 8x_{53} + 12x_{54} + 17x_{55} \\
 \\
 x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + x_{15} &= 1 \\
 x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + x_{25} &= 1 \\
 x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + x_{35} &= 1 \\
 x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + x_{45} &= 1 \\
 x_{51} + x_{52} + x_{53} + x_{54} + x_{55} &= 1 \\
 \\
 x_{11} + x_{21} + x_{31} + x_{41} + x_{51} &= 1 \\
 x_{12} + x_{22} + x_{32} + x_{42} + x_{52} &= 1 \\
 x_{13} + x_{23} + x_{33} + x_{43} + x_{53} &= 1 \\
 x_{14} + x_{24} + x_{34} + x_{44} + x_{54} &= 1 \\
 x_{15} + x_{25} + x_{35} + x_{45} + x_{55} &= 1 \\
 \\
 x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i = 1 \dots 5 \quad \text{et} \quad \forall j = 1 \dots 5
 \end{aligned}$$

Figure5.4 : problème d'affectation simple

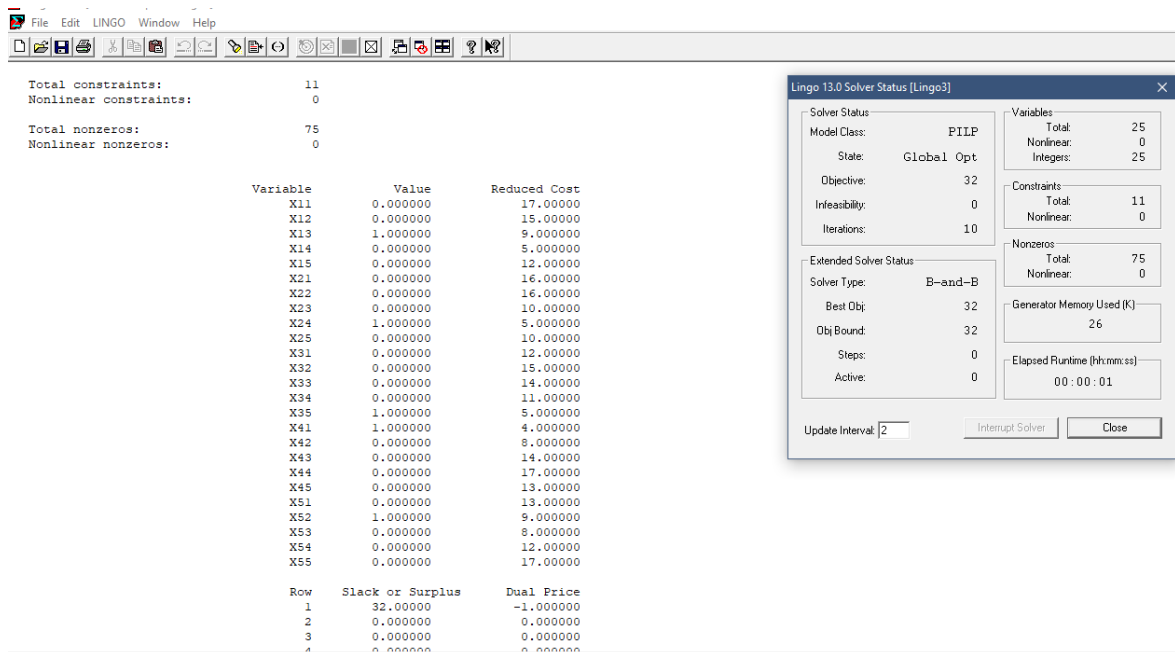
On passe à la résolution, pour résoudre notre programme il faut cliquer sur le bouton dans la barre d'outils (qui est représenté dans la figure 5.5 suivante) :



*Figure 5.5 : bouton d'exécution.*

LINGO va commencer ainsi à compiler le modèle, si un message d'erreur s'affiche c'est le programme, par exemple non borné ou non réalisable.

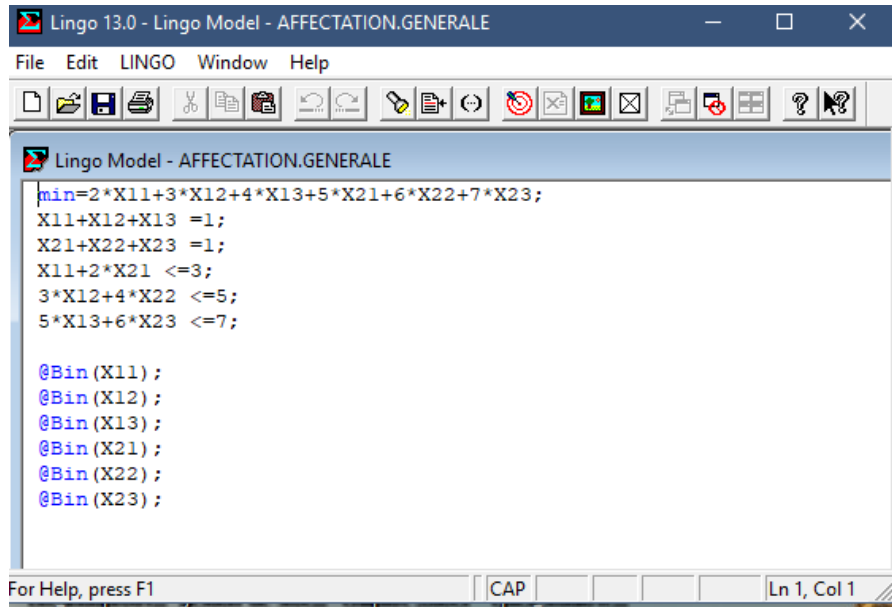
Lors de la compilation, on obtient les résultats suivants (figures 5.6) :



*Figure 5.6 : Résultats du programme d'affectation simple*

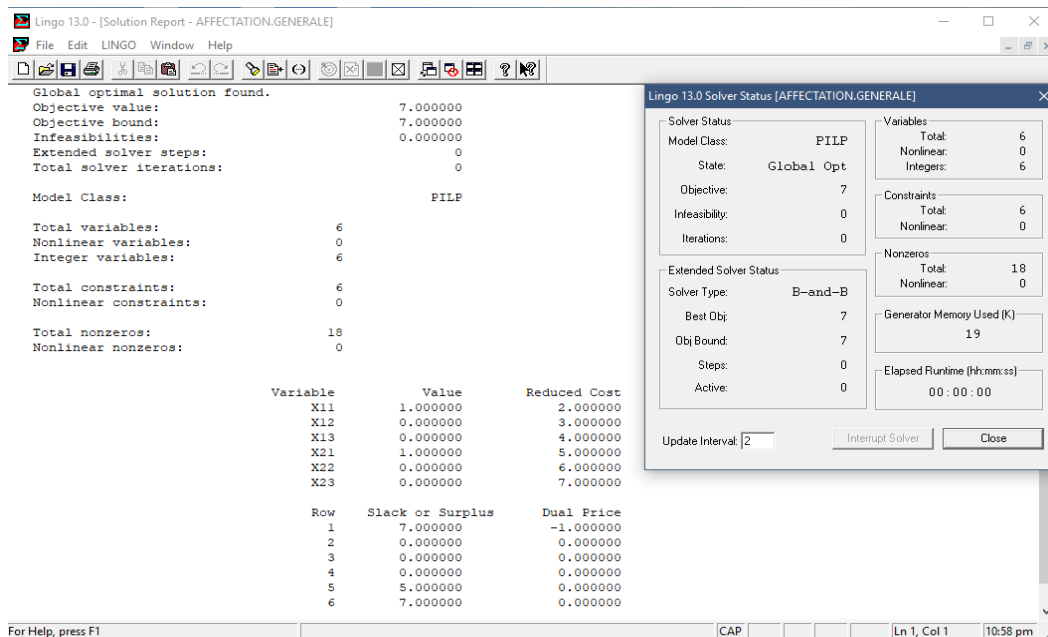
**Exemple 5.2:** Problème d'affectation généralisée :

$$\begin{cases}
 \text{Min} Z = 2x_{11} + 3x_{12} + 4x_{13} + 5x_{21} + 6x_{22} + 7x_{23} \\
 x_{11} + x_{12} + x_{13} = 1 \\
 x_{21} + x_{22} + x_{23} = 1 \\
 x_{11} + 2x_{21} \leq 3 \\
 3x_{12} + 4x_{21} \leq 5 \\
 5x_{13} + 6x_{23} \leq 7 \\
 x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{21}, x_{22}, x_{23} \in \{0,1\}
 \end{cases}$$



*Figure 5.7 : problème d'affectation généralisé*

Lors de la compilation, on obtient les résultats suivants (figure 5.8) :



*Figure 5.8 : résultat su programme d'affectation généralisé*

## 1.2 Logiciel VISUAL XPRESS :

### 1.2.1 Qu'est-ce que Visual Xpress ?

C'est un logiciel simple à utiliser qui comporte un langage de modélisation qui permet d'écrire les programmes linéaires sous une forme symbolique proche de l'écriture mathématique, permettent ainsi de modifier les données, enlever ou rajouter des contraintes,

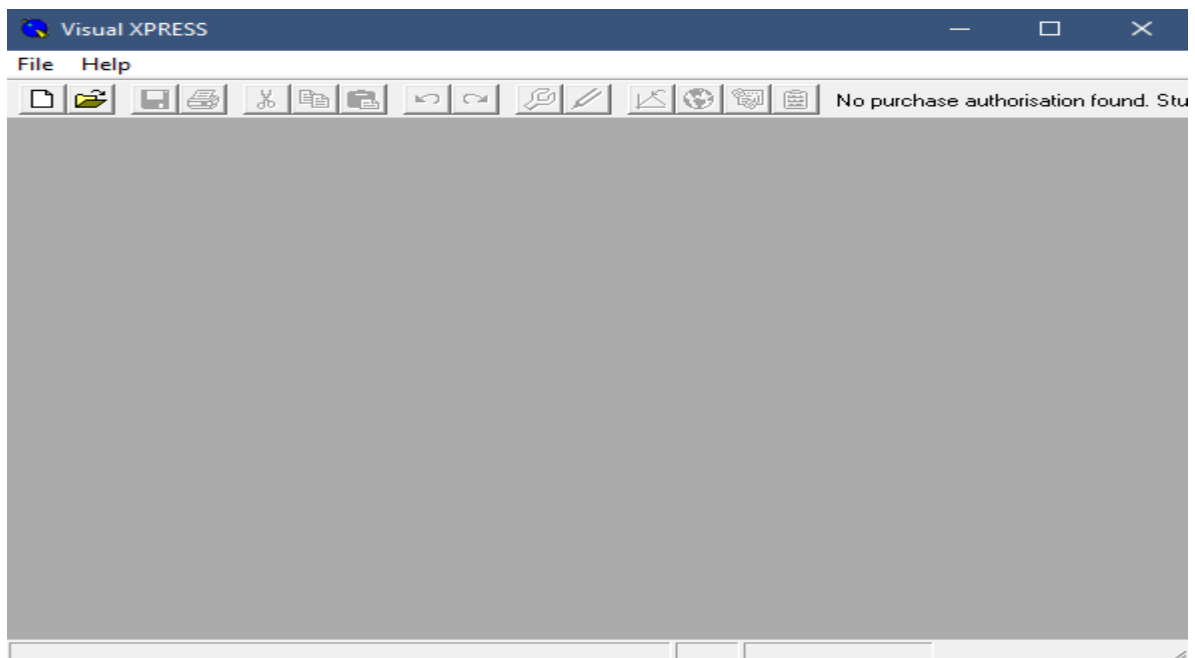
comparer deux modèles similaires, analyser la sensibilité des solutions par rapport aux données.

### 1.2.2 Présentation du logiciel :

Le logiciel est reconnaissable grâce à l'icône de la (figure5.9) :

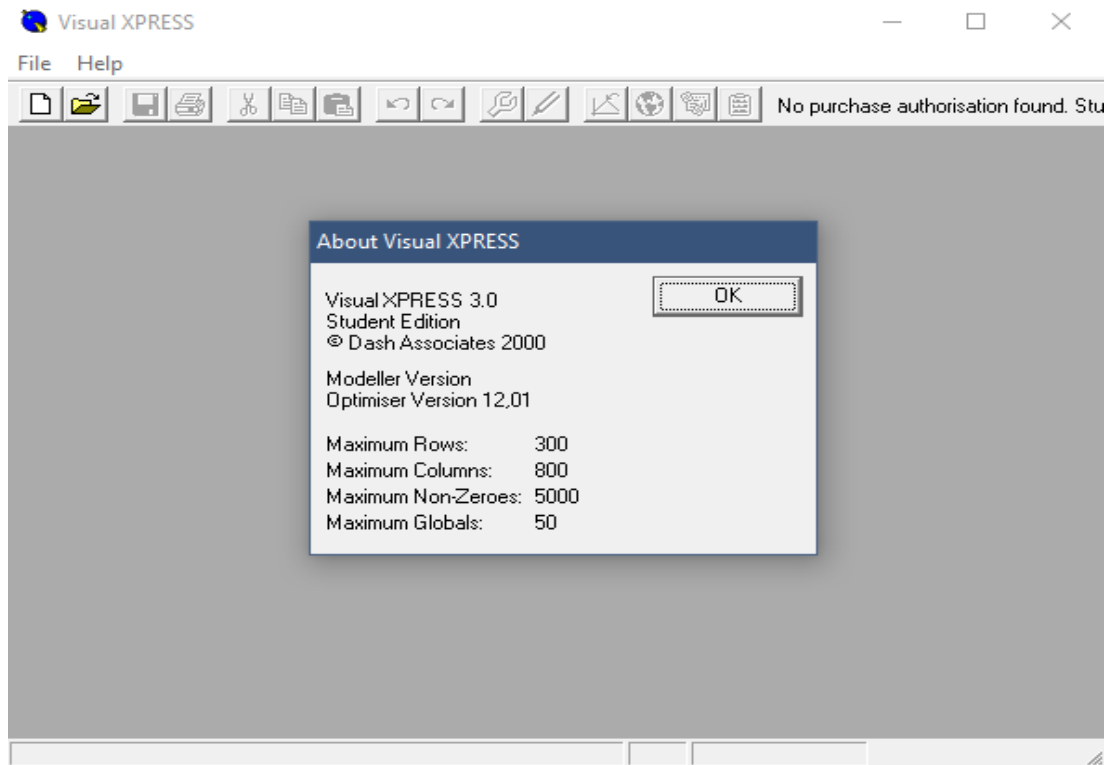


*Figure 5.9 : l'icône Visual Xpress*



*Figure 5.10 : interface de Visual Xpress*

Nous cliquons sur la commande Help, puis sur About Visual XPRESS et on aura la (figure5.11) suivante qui comporte toutes les informations sur ce dernier.



*Figure 5.11: information à propos de VISUAL XPRESS*

### 1.2.3 Exemples d'applications :

#### **Exemple 5.3** : localisation d'entrepôts

Reprenons l'exemple présenté dans le chapitre 3, Pour le model Xpress E3Locent une petite astuce permet de dissocier complètement modèle et données. Le fichier E3Param.dat contient les valeurs de n et de m. il est chargé en premier, puis les tables contenant les autres données sont dimensionnées avec ces deux valeurs. La répétition des sections TABLES et DISKDATA est tout à fait légale en Xpress.

MODEL E3Locent

### TABLES

Param (2)

### DISKDATA

Param = E3Param.dat

### LET

n = Param(1) ! Sites potentiels pour les entrepôts

m = Param(2) ! Clients à livrer

### TABLES

F (n) ! Coûts fixes de construction d'un entrepôt sur le site i

C (n,m) ! Coût unitaire de livraison du client j par l'entrepôt en i

D (m) ! Demande du client j

Ca(n) ! Capacité maximum de l'entrepôt i

### DISKDATA

f = E3Fixe.dat

c = E3Cout.dat

d = E3Demand.dat

Ca = E3Capa.dat

### VARIABLES

x(n,m) ! x(i,j) pourcentage de la demande de j livre par l'entrepôt i

y(n) ! y(i) = 1 si on construit un entrepôt sur le site i, 0 sinon

### CONSTRAINTS ! Minimiser la somme des coûts

! Minimiser la somme des coûts de construction des entrepôts et des coûts

! de livraison engendrés par ces constructions

CoûtTotal:  $\text{Sum}(i=1:n) f(i)*y(i) + \text{Sum}(i=1:n,j=1:m) c(i,j)*x(i,j)$  \$

! La demande de chaque client doit être satisfaite

Satisfac(j=1:m):  $\text{Sum}(i=1:n) x(i,j) = 1$

! Un entrepôt ne peut pas livrer plus que sa capacité maximum

Capacité(i=1:n):  $\text{Sum}(j=1:m) d(j)*x(i,j) - Ca(i)*y(i) < 0$

### BOUNDS

y(i=1:n) .bv.

x(i=1: n,j=1:m) < 1

### END

```

Visual XPRESS - [C:\Users\ACER\Desktop\PBE\E3Locent.mod]
File Edit Options Run Window Help
No purchase authorisation found. Student Edition
-----
! E3 : Localisation avec contraintes de capacite et demandes clients
-----

MODEL E3Locent

TABLES

Param(2)

DISKDATA

Param = E3Param.dat

LET

n = Param(1) ! Sites potentiels pour les entrepots
m = Param(2) ! Clients a livrer

TABLES

f(n) ! Couts fixes de construction d'un entrepot sur le site i
c(n,m) ! Cout unitaire de livraison du client j par l'entrepot en i
d(m) ! Demande du client j
Ca(n) ! Capacite maximum de l'entrepot i

DISKDATA

f = E3Fixe.dat
c = E3Cout.dat
d = E3Demand.dat
Ca = E3Capa.dat

VARIABLES

x(n,m) ! x(i,j) pourcentage de la demande de j livre par l'entrepot i
y(n) ! y(i) = 1 si on construit un entrepot sur le site i, 0 sinon

CONSTRAINTS ! Minimiser la somme des couts

Not Optimized MIN |Ln1,Col1
    
```

Figure 5.12 : program de localisation d'entrepôts

Nous cliquons sur Run, puis sur Solve Global .Lors de la compilation, on voit les deux figures suivantes :

Solve IP			
Statistics			
Rows: 25	Columns: 263	Non-Zeros: 456	
Entities: 12	Sets: 0	Set Members: 0	
Branch and Bound			
Node: 1	Active Nodes: 0	Best Bound: 15930	
Solution(s): 1	Best Solution: 15930	at node: 1	
Status			
Search Complete - integer solutions found			
OK		View Log...	
Cancel			

Figure 5.13 : résultat du programme localisation d'entrepôt

Afin d'accéder aux données du programme nous cliquons sur Run, puis sur View Results ainsi on obtient les résultats suivants (figure 5.14) et (figure 5.15) :

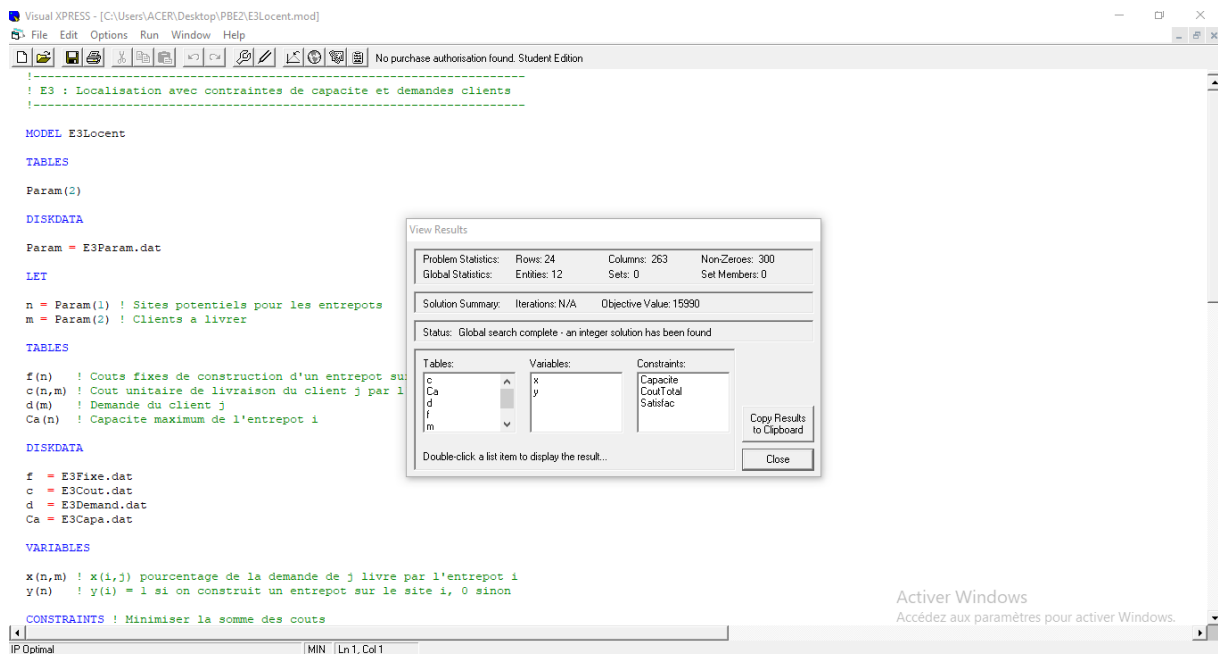
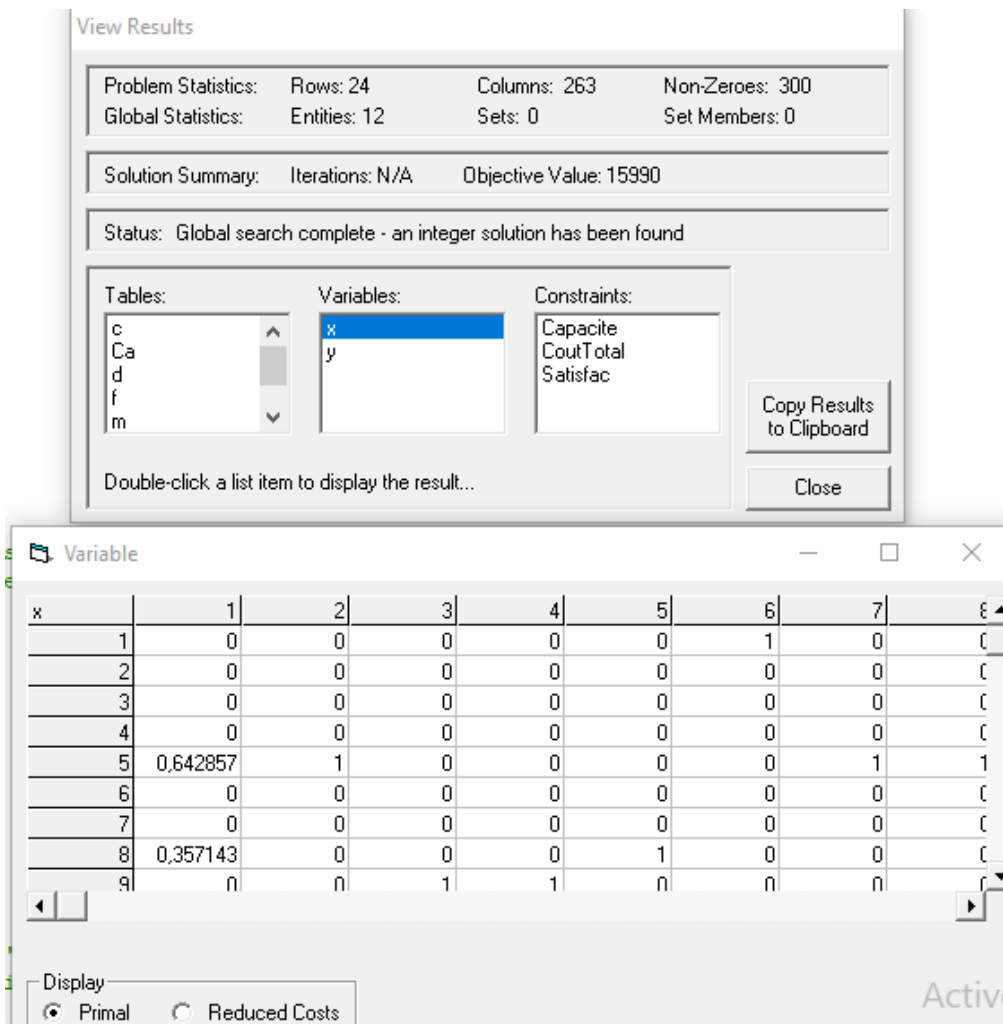


Figure 5.14 : données du program



*Figure 5.15 : données du program*

Après résolution par Xpress, le coût global s'élève à 15990 DA. Les variables  $y_i$  indiquent quels sont les entrepôts à construire. Ils sont au nombre de 4 et seront construits sur les sites 1, 5, 8 et 9. Le tableau 5.1 indique comment seront livrés les clients. Les chiffres de ce tableau sont le pourcentage (%) de la demande qui sera livrée au client suivis, entre parenthèse, du nombre de tonnes (t) de marchandises livrées. Chaque ligne correspond à un client et chaque colonne à un entrepôt construit.

<i>Entrepôt</i> <i>Client</i>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
<b>1</b>		0.642857 (3)	0.357143 (0.5)	
<b>2</b>		100 (80)		
<b>3</b>				100 (75)
<b>4</b>				100 (100)
<b>5</b>			100 (120)	
<b>6</b>	100 (140)			
<b>7</b>		100 (90)		
<b>8</b>		100 (60)		
<b>9</b>	100 (30)			
<b>10</b>	0.3(0.135)		0.7(1)	
<b>11</b>				100 (95)
<b>12</b>	100 (135)			

*Tableau 5.1 : livraison des clients.*

*Conclusion générale*

### Conclusion générale :

Toute entreprise quelle que soit sa taille et quelle que soit son activité doit posséder un stock qui est une utilité non négligeable, l'entreprise PHAREACT est en pleine mutation tant sur le plan interne qu'externe et qui exige une nouvelle démarche dans les divers éléments de sa gestion. Cette dernière gère traditionnellement son stock sur la base des entrées et des sorties, sans normes scientifiques concernant le délai de réapprovisionnement, la quantité à réapprovisionner, le stock de sécurité, etc. Ce qui rend son système de gestion très fragile et exposé aux risques de ruptures, cependant l'objectif principal de notre étude étant porté sur l'une des fonctions principales de la gestion de l'entreprise à savoir la gestion des stocks et des approvisionnements.

Grâce aux concepts théoriques développés, nous avons tenté de donner le maximum d'informations sur la gestion des stocks ainsi que les méthodes de classification enfin les modèles déterministes et stochastiques.

Grâce aux données collectées au sein de l'entreprise nous avons appliqué une méthode de calcul de stock de sécurité sur les produits ciblés par l'analyse ABC afin de déterminer leurs niveaux de stocks de sécurité nécessaire pour répondre aux demandes des clients et éviter toute rupture de stock.

Par la suite notre intérêt s'est porté sur la programmation linéaire, une discipline qui étudie les méthodes de recherche de l'extremum lié à des fonctions de plusieurs variables grâce aux techniques de résolution comme la méthode graphique, simplexe, grand M et deux phases etc.

Afin de mieux aider l'entreprise PHAREACT à se développer dans un avenir proche nous avons proposé quelques solutions comme les modèles d'affectation, de mélange et de localisation d'entrepôts. Des problèmes un peu complexes pour qu'humain puisse considérer toutes les données réalistes afin de trouver une solution réalisable de bonne qualité, pour cela nous avons utilisé les logiciels d'optimisation

LINGO et VISUAL XPRESS avec lesquelles on a pu vérifier les résultats des exemples traités dans le chapitre trois.

Au terme de notre travail, nous ne concluons que la gestion des approvisionnements et des stocks étudiés dans ce mémoire joue un rôle très important dans le développement des

entreprises, dont la recherche opérationnelle est indispensable pour mieux déterminer les stratégies optimales du gestionnaire de stock et le responsable des approvisionnements.



*Bibliographie*

### ❖ Bibliographie :

[1] Document de l'entreprise PHAREACT

[2] GUIDE PHARMACEUTIQUE PSF-CI : L'APPROVISIONNEMENT EN PRODUCTION PHARMACEUTIQUES, Unité pharmaceutique PSF-CI Référence : APRO/AC/SIE/001/G/REV00

[3] Pierre Zermati, la pratique de la gestion des stocks

[4] Pierre rupin, les différents types de stock

[5] LUC PALLERIN, COMME EXIGENCE PARTIELLE DE LA MAÎTRISE EN GESTION DES PME ET LEUR ENVIRONNEMENTS, janvier 1997

[6] Facile Hnaïen (2013), gestion des stocks des chaînes logistique face aux aléas des délais d'approvisionnement

[7] Thibault HUBERT, prévision de la demande et pilotage des flux en approvisionnement lointain

[8] Gélinas (1996)

[9] Love (1979)

[10] GBAGUID E.Hugues, modele de gestion de stock en avenir certain :Modele de wilson

[11] Belkacem BRAHMI, cours sur la gestion des stock

[12] Abbas M. et Moulai M., Integer linear fractional programming with multiple objective, Journal of the Italian operations research society, Ricerca Operativa, vol 2; pp. 256- 265 (2002).

[13] Aiden M.Oukacha B. « les manuels de l'étudiant Recherche Opérationnelle Programmation linéaire ».Copyright Eurl Pages Bleues internationales, Maison d'édition pour l'enseignement et la formation, 2005.

[14] Programmation linéaire : 65 problèmes résolus modélisés et résolus Avec visual Xpress. Christelle Guéret - Christian Prins - Marc Sevaux. EDITION EYROLLES 2003.

[15] BELNARRAT Nadia, La théorie des graphes (recherche opérationnelle).

[16] CATHERINE ROUCAILROL un nouvel algorithme pour le problème d'affectation quadratique, RAIRO. Recherche opérationnelle, tome 13,n3 (1979),p.275-301



*Annexes*

## Annexes 01 : Emplacement des produits

Les produits		Emplacement			
Stock	Armoire	Frigo	Cher		
Livraison	Nom	Lot	Qte théorique	Qte	Emplacement
C2101581	TAHOR 40mg COMP PELL B26	20623959	3	3	01 02 04
C2101581	BAXCANYL TURBUHALER 0.5mg/dose PORE INHAL B100	8885	4	4	02 01 04
C2101581	CROPINE 0.5% COLLYRE FL/10ml	0014C	3	3	03 01 03
C2101581	ZIMOR 20mg GLES B28	W020025	28	28	03 02 02
C2101581	ZANITRA PLUS 150mg/0.5mg GLES B30	Z85	5	5	02 03 02
C2101581	FERRO SANDOL GYN 454 13mg/1mg GLES B50	M540335	10	10	02 03 02
C2101581	NEOGASTRIC 20mg GLES B14	NEG 0808	30	30	03 03 03
C2101581	B-CORTISONE 0.05% GTT FL/30ml	17906	13	13	02 04 01
C2101581	LOCERYL 0.05 VERMS B01	0212412	2	2	03 05 04
C2101581	FORSAMINE JUNIOR	019	6	6	02 05 01
C2101581	SOMNUT GLES B20	2000323	3	3	02 05 03
C2101581	ACFUDAL 2% CREME T15gr	152	10	10	03 05 04
C2101581	AMOXYPEN 250mg/5ml SUSP BUFL/60ml	052	10	10	03 06 01
C2101581	CLOFENAL 75mg INJ B02	4611F1	15	15	04 01 01
C2101581	PROFEND 100mg SUPPO B12	4234	5	5	04 02 04

## Annexes 02 : Produits valeurs stocks.



Distribution de produits pharmaceutiques  
& parapharmaceutiques

Route de Tizi Ouzou-Draa El Mizan.  
Draa El Mizan - Tizi Ouzou  
+213 (0) 472 24 68 44  
www.phareact.com

date: 19-06-2021

## PRODUITS VALEUR STOCK

Réf	Designation	Lot	DDP	QTE	Prix achat	Total
1	XALATAN 0,005% COLLYRE FL/2,5ml	CDX368	03-2022	5	684.59	3,422.93
2	AROMASINE 25mg COMP B/30	CD3861	02-2022	3	3968.12	11,904.37
3	RELPAK 40mg COMP PELL B/03	00023386	10-2022	18	873.24	15,718.32
4	CELEBREX 100mg GLES B/20	20626514	09-2023	22	378.02	8,316.40
5	CELEBREX 200mg GLES B/10	20626123	04-2023	25	358.62	8,965.58
6	TAHOR 20mg COMP PELL B/28	20623829	11-2023	60	919.71	55,182.89
7	TAHOR 40mg COMP PELL B/28	20623939	11-2023	7	1461.02	10,227.17
8	VIAGRA 50mg COMP PELL B/02	21628301	12-2025	54	354.28	19,130.90
9	ZOLOFT 50mg GLES B/14	20627210	11-2025	49	474.61	23,255.77
10	ACUTTEL 20mg COMP PELL B/28	AP7505	02-2022	18	903.57	16,264.32
11	ADEPAL COMP B/21	CL1672	04-2022	133	195.54	26,006.87
12	DEBRIDAT 100mg COMP PELL B/20	20620814	09-2023	22	135.83	2,988.19
13	LYSANKIA 10mg COMP B/40	20624010	10-2023	40	131.90	5,275.85
14	AMLOR 5mg GLES B/28	21620501	01-2026	22	450.45	9,909.84
15	CARDULAR 2mg COMP SECBL B/20	20628220	10-2025	91	433.43	39,442.55
16	CELEBREX 200mg GLES B/30	20626334	10-2023	70	1079.83	75,588.09

Total Valeur stock : 331,600.05 DA

## Annexes 03 : Bon de commande fournisseurs



Route de Tizi Ouzou-Draa El Mizan,  
Draa El Mizan - Tizi Ouzou  
+213 (0) 472 24 68 44  
www.phareact.com

Fournisseur : SARL PFIZER PHARM ALGERIE

Adresse : HAOUCH SEBAAT NORD ILOT N°329 Z.L.ROUIBA, ALGER

Tél : 023850529

Date: 15-06-2021

## BON DE COMMANDE N°: 2100353

Référence	Designation	Qté
1	VIBRAMYCINE 100mg COMP SECBL B/05	400
2	SOLUMEDROL 40mg/2ml PDRE,SOLVP SOL INJ B/01	1000
3	TAHOR 10mg COMP PELL B/28	300
4	DEBRIDAT 200mg COMP PELL B/30	500
5	CELEBREX 200mg GLES B/15	120
6	AMLOR 5mg GLES B/28	600
7	TAHOR 20mg COMP PELL B/28	300
8	TAHOR 40mg COMP PELL B/28	200
9	CARDULAR 2mg COMP SECBL B/20	300
10	MINESSE 0,006mg/0,015mg COMP B/28	200
11	ZOLOFT 50mg GLES B/14	200
12	LYRICA 50mg GLES B/56	200
13	LYRICA 150mg GLES B/60	200
14	AROMASINE 25MG CP B/30	2
15	MINIDRIL 0,15mg/0,03mg COMP B/63	400
16	MICROVAL 0,03mg COMP B/28	600
17	SOLUMEDROL 120mg INJ B/01	60
18	ADEPAL COMP B/21	500
19	DEBRIDAT 0,787gr/100gr SUSP BUV FL/250ml	400
20	TRINORDIOL COMP PELL B/21	60

## Annexes 04 : Bon de réception marchandise



Distribution de produits pharmaceutiques  
& parapharmaceutiques

Route de Tizi Ouzou - Drog El Mizan,  
Drog El Mizan - Tizi Ouzou  
+213 (0) 472 24 68 44  
www.phareact.com

Fournisseur : SPA. PROPHARMAL

Adresse : ZONE D'ACTIVITE AMARA-GPE 4- ROUTE DE OULED FAYET-CHERAGA-ALGER  
Tél : 023 56 42 68

Date: 15-06-2023

N° commande :  
FR03521

## BON DE RECEPTION N°: 2100333

Réf	Designation	Lot	D.Exp	PPA	PV	Qté	Remise	UG	PU HT	TVA	Total HT
1	BIOCALYPTOL SIROP FL/200ml	21 E028	03-2026	182.00	143.60	210	0 %	0 %	130.00	0	27,300.00
2	EFFERALGAN PEDIATRIQUE 3% SIROP FL/150ml	21 E027	05-2024	182.00	145.60	330	0 %	0 %	130.00	0	42,900.00
3	EFFERALGAN PEDIATRIQUE 3% SIROP FL/150ml	21 E025	02-2024	182.00	145.60	270	0 %	0 %	130.00	0	35,100.00
4	EFFERALGAN PEDIATRIQUE 3% SIROP FL/90ml	21 E019	05-2024	129.79	97.59	600	0 %	0 %	84.86	0	50,916.00

Total H.T 156,216.00 DA  
Total T.V.A 0.00 DA  
Total T.T.C 156,216.00 DA



## Annexes 05 : bon de commande client.



Distribution de produits pharmaceutiques  
& parapharmaceutiques

Route de Tizi Ouzou-Draa El Mizan  
Draa El Mizan - Tizi Ouzou  
+213 (0) 26 13 22 07  
+213 (0) 26 13 21 96  
www.phareact.com

Client : PHARMACIE DERBALI GHANI  
Adresse : L n°19 Rue Khelifi Amar Tizi-Gheniff W. Tizi-Ouzou  
Tél : 026139449  
RC N°: 150006A0257499      NIF: 183151000566114  
Art IMP: 15110674013      NIS: 198315100056632

Date: 17-06-2021  
Mode de paiement : CHEQUE  
Commercial : SAMIR MENGEULLET

## BON DE COMMANDE N° : 2103465

Réf	Designation	Lot	D.Exp	PPA	Qté	UG	P.U.H.T	T.V.A	Total H.T
1	PHLOSPAM 80mg COMP OROD B/20	2111802	02-2024	220.00	20	50 %	183.34	0	3,666.80
2	PHLOSPAM 160mg COMP OROD B/20	1911920	10-2021	286.00	10	30 %	238.34	0	2,383.40
3	PHLOSPAM 160mg COMP OROD B/20	2011927	03-2023	286.00	10	30 %	238.34	0	2,383.40
4	KORTIKAN 20mg CP ORO DISP B/20	2013805	07-2022	389.50	20	40 %	324.58	0	6,491.60

Total H.T      14,925.20 DZD  
Total T.V.A      0.00 DZD  
Total T.T.C      14,925.20 DZD

## Annexes 06 : Bon de livraison client



Route de Tizi Ouzou-Draa El Mizan,  
Draa El Mizan - Tizi Ouzou  
+213 (0) 26 13 22 07  
+213 (0) 26 13 21 96  
www.phareact.com

Client : PHARMACIE RAHMI NACIMA

Adresse : BOUIRA

RC N°: 03A1423478

Art IMP: 10010348032

NIF: 297710010054146

NIS:

Date: 17-06-2021

Mode de paiement : CHEQUE

Préparé par: TIHAR KAMILIA

## BON DE LIVRAISON N°: 2103453

Réf	Designation	Lot	D.Exp	PPA (TTC)	Qté UG	P.U.H.T	T.V.A	Total H.T
1	DEBRIDAT 100mg COMP PELL B/20	21620804	03-2024	179.50	20	0%	143.60	2,872.00
2	DEBRIDAT 200mg COMP PELL B/30	21628014	02-2024	271.50	30	0%	226.25	6,787.50
3	SOLUMEDRCL 40mg/2ml PDRE/SOLV P SOL INJ B/01	54T28A731	05-2023	226.55	20	0%	181.24	3,624.80

Total H.T Brut 13,284.30 DZD  
Remise 0.00 DZD  
Total H.T Net 13,284.30 DZD  
Total T.V.A 0.00 DZD  
Timbre 0.00 DZD  
Total T.T.C 13,284.30 DZD

Arrêté le présent bon de livraison à la somme de : Treize Mille Deux Cents Quatre-vingt-Quatre Dinars et Trente centimes

Client :

SARL PHAREACT