

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique
Option : **Ingénierie des Systèmes d'Information**

THEME :

Proposition et implémentation d'une méthode
d'optimisation des coûts pour une chaîne
logistique

Etudiant(e) : M^{lle} BAKRETI Souad

Encadrant(e) : M^{me} AIT SI LARBI El Yasmine

Corrigé par
AIT SI LARBI

Résumé

Une chaîne logistique est une réponse au besoin des entreprises de coopérer afin d'arriver à leurs buts tels la possibilité d'offrir des réponses aux requêtes des clients au moindre coût, dans les meilleurs délais et en respectant la qualité de produits ou de services demandés.

L'objectif de ce mémoire est de présenter la notion de chaîne logistique (*Supply chain en Anglais*), la gestion des chaînes logistiques (*Supply Chain Management en Anglais*) et d'identifier quelques problèmes, pour pouvoir présenter notre contribution concernant l'optimisation au sein des chaînes logistiques, en passant par la présentation de quelques fonctions incluses dans celles ci.

La méthode choisie a été celle du recuit simulé, les résultats de l'implémentation sont donnés à la fin de ce manuscrit.

Mots clés :

Chaînes logistiques, gestion de chaînes logistiques, optimisation.

Sommaire:

Résumé

Dédicace

Remerciements

Sommaire : i

Listes des figures : v

Introduction générale: 1

CHAPITRE I : Chaîne logistique 3

I.1. Introduction 3

I.2. Chaîne logistique (*Supply Chain(SC)*) 3

I.2.1. Définitions 3

I.2.2. Les avantages de la chaîne logistique **Erreur ! Signet non défini.**

I.2.3. Structure physique de la chaîne 5

I.2.3.1. La structure série 5

I.2.3.2. La structure divergente 6

I.2.3.3. La structure convergente 6

I.2.3.4. La structure réseau 6

I.2.3.5. La structure dyadique 6

I.3. Gestion des chaîne logistiques (*Supply Chain Management(SC)*) 6

I.3.1. Définition 6

I.3.2. Le système décisionnel 9

I.3.2.1. Le niveau stratégique 9

I.3.2.2. Le niveau tactique 9

I.3.2.3. Le niveau opérationnel 9

I.3.3. Indicateurs de la gestion de la chaîne logistique 10

I.3.3.1. La mesure de performance 10

I.3.3.2. Un indicateur de performance 10

I.3.3.3. Principeaux indicateurs du SCM	11
I.3.3.3.1. Degré de partenariat	11
I.3.3.3.2. La réduction des coûts	11
I.3.3.3.3. La réduction du délai de livraison.....	11
I.3.3.3.4. Taux de service	11
I.3.3.3.5. Taux de disponibilité d'un équipement ou d'un système	12
I.4. Conclusion	12
CHAPITRE II : Problèmes d'optimisation dans les chaînes logistiques.....	13
II.1. Introduction	13
II.2. Définition.....	13
II.3. Optimisation de chaîne logistique	17
II.4. Etat de l'art	19
II.5. Problématique.....	21
II.6. Conclusion	22
CHAPITRE III : Les méthodes d'optimisation.....	23
III.1. Introduction	23
III.2. Optimisation des chaînes logistiques	23
III.2.1. Les coûts inclus dans une chaîne logistique	23
III.2.1.1. Coût de transport	23
III.2.1.2. Coût de stockage	24
III.2.1.3. Coût de production	24
III.2.2. Les méthodes d'optimisations	24
III.2.2.1. Les méthodes déterministes	24
III.2.2.1.1. Les méthodes locales.....	24
III.2.2.1.1.1. Les méthodes de gradient.....	24
III.2.2.1.1.2. La méthode multistart	25
III.2.2.1.1.3. La méthode de Nelder Mead ou la méthode du simplexe.....	25

III.2.2.1.2. Les méthodes globales	25
III.2.2.1.2.1. L'algorithme de séparation - évaluation : (branch and bound)	25
III.2.2.1.2.2. La méthode du "Tunneling"	25
III.2.2.2. Les méthodes stochastiques "Heuristiques et métaheuristiques"	26
III.2.2.2.1. La méthode Monte Carlo	26
III.2.2.2.2. Le recuit simulé.....	26
III.2.2.2.3. Les algorithmes évolutionnaires	28
III.2.2.2.3.1. Les algorithmes Génétiques	29
III.2.2.2.4. Le branch and bound stochastique	30
III.2.2.2.5. La recherche tabou	31
III.3. Conclusion.....	Erreur ! Signet non défini.
CHAPITRE IV: Conception et Implémentation	33
IV.1. Introduction	33
IV.2. Description et objectifs de l'application	33
IV.2.1. Objectif de l'application	33
IV.2.2. Modélisation du système	33
IV.2.3. Dictionnaire de données	33
IV.2.4. Modèle conceptuel de donné (MCD)	37
IV.2.5. Le diagramme de cas d'utilisation.....	38
IV.2.6. Le diagramme de classes	39
IV.2.7. L'organigramme de l'algorithme du Recuit Simulé.....	40
IV.3. Implémentation	41
IV.3.1. Environnement de développement	42
IV.3.2. Outils de développement	42
IV.3.3. Langage de programmation.....	42
IV.3.4. Interface principale.....	43
IV.3.5. Résultats et Discussions	47

IV.5. Conclusion	49
Conclusion Générale et Perspectives	50
Références Bibliographie	52

Introduction Générale:

L'industrie mondiale connaît de grands bouleversements suite aux changements économiques qui surviennent sur le marché international qui impliquent la nécessité de se doter, pour les entreprises, de moyens efficaces pour faire face à la concurrence et rester compétitif sur le marché. La gestion du flux global des produits ou des sources est alors primordiale.

Aussi, le marché industriel devient de plus en plus demandeur en stratégies de gestion efficaces pour répondre au mieux aux besoins des clients dans les plus brefs délais. Parmi les problèmes majeurs qui pénalisent les entreprises du point de vue financier nous avons le transport et les retards de production, d'où l'importance des méthodes mathématiques d'optimisation logistique.

Une gestion rationnelle en termes de qualité, de coût et de délais se voit par la réussite d'une entreprise ou son échec. Pour assurer cette gestion rationnelle, la logistique est utilisée en termes de gestion des flux financiers, informationnels et physiques. [1]

Une entreprise appartient à une chaîne logistique qui peut être considérée comme un réseau d'installations chargées de l'approvisionnement en matières premières, de leur transformation en composants, en produits finis et de distribution de ces produits. [2]

La chaîne logistique représente un avantage concurrentiel pour les entreprises. Elle a pour but d'optimiser les flux, que l'entreprise entretient avec ses fournisseurs et ses clients. Il peut s'agir de flux d'informations relatifs aux approvisionnements ou à la conception des produits, de flux financiers liés aux achats, ou encore de flux de marchandises (matières premières, pièces d'assemblage et produits finis).

L'activité de conception de chaîne logistique peut être inscrite dans un contexte de planification stratégique et tactique. Les décisions qui en découlent permettent de dimensionner la chaîne logistique : le nombre et le choix des fournisseurs, le nombre et la localisation des usines et des centres de distribution, l'affectation des produits, le choix des modes de fabrication et de transport.....

Nous avons plusieurs objectifs d'une chaîne logistique du point de vue de l'optimisation, nous en citons la satisfaction des clients finaux, la maximisation de la qualité des produits et services rendus, le temps de production et les coûts engendrés par les activités.

Par rapport aux activités, notons qu'il est possible de réduire les coûts tout en respectant les exigences des clients pour établir les budgets des services, en optimisant les coûts de leur fonctionnement.

L'optimisation du fonctionnement d'une chaîne logistique permet le fait d'améliorer la performance économique et écologique et être une source d'une meilleure productivité et d'efficacité pour les entreprises incluses dans une chaîne logistique. Aussi, et avec l'internalisation, les modèles utilisés sont de plus en plus complexes. Il faut assurer une bonne réponse dans plusieurs aspects, nous en citons : [3]

- ✓ **Le prix :** Les producteurs doivent garantir des prix de vente concurrentiels.
- ✓ **Le délai :** Caractérisé par le temps accordé entre la commande du client et la réception du produit commandé.
- ✓ **La qualité :** elle se présente comme un pré-requis pour qu'une entreprise devienne compétitive.

Pour aboutir à une optimisation des coûts, des méthodes d'optimisation sont utilisées, telles que les méta- heuristiques, qui sont généralement un ensemble de méthodes utilisées en recherche opérationnelle pour définir des méthodes heuristiques qui peuvent être appliquées pour résoudre les problèmes d'optimisation et permettent aussi , de trouver des solutions optimales, très proches de l'optimum et en un temps raisonnable [4], (méthodes de voisinage comme le recuit simulé et la recherche tabou, et les algorithmes évolutifs comme les algorithmes génétiques).

Un des buts de ce projet est de présenter et d'étudier une structure spécifique d'une chaîne logistique pour pouvoir proposer une méthode d'optimisation.

Cette méthode sera proposée après l'étude des différentes solutions proposées dans la littérature, notons que parmi les approches que nous avons pu trouver, nous avons celles qui ont utilisé les algorithmes génétiques (AG), le recuit simulé(SA) et la recherche tabou (TS) pour minimiser les coûts au sein des chaînes logistiques par rapport à différentes activités qui y sont incluses.

Le recuit simulé a été choisi, méta- heuristique probabiliste permettant d'approximer l'optimum global d'une fonction objectif. Cette technique est utilisée lorsque le calcul de la solution optimale exacte demanderait un temps de calcul trop important, le recuit simulé est alors utilisé pour trouver une solution approchée dans un temps raisonnable. L'avantage de cette méthode est qu'elle accepte (avec une certaine probabilité) une augmentation de cette fonction objective.

Dans le but d'éclaircir notre travail, notre mémoire est organisé comme suit :

Le premier chapitre comporte les définitions des chaînes logistiques, sa gestion et comment optimiser cette gestion.

Et le second chapitre concerne l'optimisation dans les chaînes logistiques, où est dressé un état de l'art exhaustif des domaines d'optimisation et les problèmes les plus connus dans le domaine de l'optimisation de gestion des chaînes logistiques.

Dans le troisième chapitre, nous présentons quelques méthodes d'optimisation de résolution des problèmes d'optimisation.

Le quatrième chapitre est consacré à la partie réalisation et implémentation de l'application pour démontrer la validité de la méthode proposée.

Enfin, une conclusion générale récapitule les principaux résultats obtenus et présente les perspectives ouvertes à la suite de ces travaux.

Liste des Figures :

Figure I.1. Représentation d'une chaîne logistique	3
Figure I.2. Modélisation des flux d'une chaîne logistique	4
Figure I.3. Exemple d'une chaîne logistique	5
Figure I.4. Structure d'une chaîne logistique	6
Figure I.5. Les processus de base d'une chaîne logistique	7
Figure II.1. Processus de base d'une chaîne logistique	14
Figure II.2. Les étapes d'optimisation logistique en général	16
Figure II.3. Un exemple de questions en logistique.....	17
Figure II.4. L'optimisation dans une chaîne logistique	18
Figure II.5. Exemple de fonctionnement d'une unité de production	21
Figure III.1. Fonctionnement d'un algorithme génétique.....	29
Figure III.2. Algorithme de recherche tabou	31
Figure IV.1. Le modèle Conceptuel de données	38
Figure IV.2. Diagramme de cas d'utilisation	39
Figure IV.3. Diagramme de classes	40
Figure IV.4. L'organigramme de l'algorithme du Recuit Simulé adapté à notre problème ...	41
Figure IV.5. La page d'accueil	43
Figure IV.6. Interface CLIENT	44
Figure IV.7. Interface CLIENT	45
Figure IV.8. Interface commande	46
Figure IV.9. Interface Choisir les produits.....	46
Figure IV.10. Interface Commande	47
Figure IV.11. Relation entre la température et le coût.....	48

I.1. Introduction :

L'entreprise d'aujourd'hui doit se doter des moyens nécessaires pour survivre dans un milieu industriel rude. Parmi les tendances connues, l'intégration de celle-ci dans une chaîne logistique, notion que nous expliquerons à travers ce chapitre.

Une chaîne logistique est considérée alors comme un élément fondamental pour la maîtrise des coûts de fonctionnement d'une entreprise, en partant de l'approvisionnement jusqu'à la distribution.

Ce chapitre est consacré aux aspects liés aux chaînes logistiques afin de comprendre leur fonctionnement et la nécessité de les doter d'une bonne gestion.

I.2. Chaîne logistique (Supply Chain (SC)) :

I.2.1. Définitions

Nous avons retenu la première définition pour une chaîne logistique car elle englobe les acteurs et leurs liens: Une SC est un système de sous-traitants, de producteurs, de distributeurs, de détaillants et de clients entre lesquels s'échangent les flux matériels dans le sens des fournisseurs vers les clients et des flux d'information dans les deux sens [5].

Une deuxième définition a été choisie et permet de faire le rapprochement entre la chaîne logistique et un réseau d'installations, cette définition permet de représenter n'importe quelle chaîne logistique sous forme de schéma (voir figure I.1) en montrant les fonctions, de transformation et de distribution.

La chaîne logistique d'un produit fini est aussi considérée selon [6] comme étant un réseau d'installations qui assure les fonctions d'approvisionnement en matières premières, de transformation de ces matières premières en composants puis en produits finis, et de distribution du produit fini vers le client.

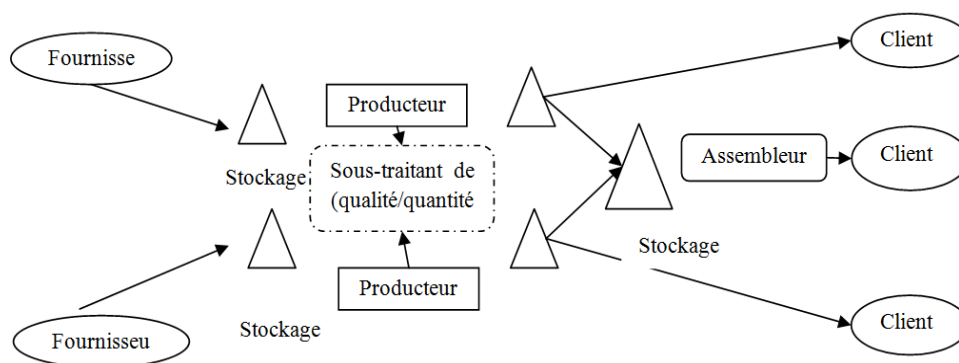


Figure I.1. Représentation d'une chaîne logistique [6].

Aussi, selon [7], une chaîne logistique est le système grâce auquel les entreprises amènent leurs produits et leurs services jusqu'à leurs clients.

La chaîne logistique doit être alignée avec la stratégie de l'entreprise et mise en œuvre en fonction de cette stratégie, trois catégories de flux s'y trouvent:

- ✓ Des flux physiques ;
- ✓ Des flux financiers ;
- ✓ Des flux d'information.

La figure I.2 montre ces différents flux qui circulent au sein d'une chaîne logistique.

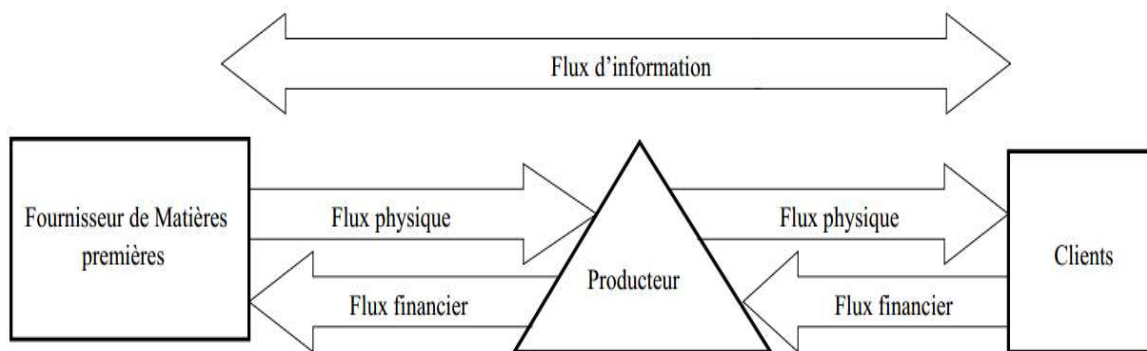


Figure I.2. Modélisation des flux d'une chaîne logistique [7]

Aussi, une chaîne logistique est constituée de fournisseurs, de centres de production, et de stockage, de centres de distribution et de points de vente, traversés par un flux physique qui transforme les matières premières et composants en produits finis.

Remarquons que dans le cadre de ce travail de fin d'études, nous nous intéressons aux flux physiques (matières première, transport, stock, produit fini...) et aux flux d'information (les transports, les entrepôts, ...). Nous tenons compte « indirectement » des flux financiers en intégrant les coûts des politiques de pilotage des flux.

Une autre définition est donnée par [8] qui proposent de représenter les activités et les entreprises impliquées dans cette chaîne qui commence à l'extraction de la matière première en passant par les entreprises de production, les grossistes, les détaillants jusqu'au client final (figure I.3).

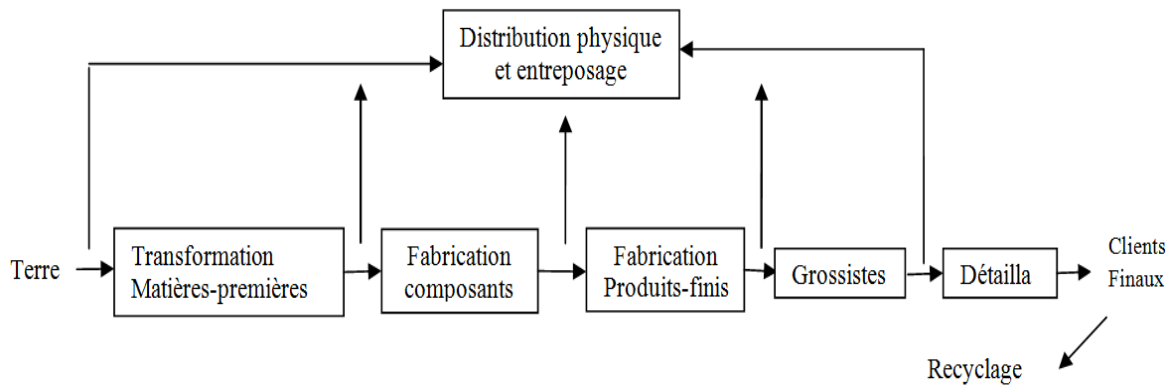


Figure I.3. Exemple d'une chaîne logistique [8].

I.2.2. Les avantages de la chaîne logistique :

Selon [9], parmi les améliorations obtenues par l'utilisation du concept de SC, nous avons:

- La coopération au niveau fonctionnel au long de la SC permet d'améliorer les délais de livraison, la flexibilité et la rapidité d'introduction des nouveaux produits, ceci est dû au fait d'assurer un meilleur service aux clients exige la synchronisation des fonctions telles que le marketing, les ventes, la distribution, la fabrication et les achats [10] [11] [12].
- Une meilleure synchronisation permet de dépasser les frontières fonctionnelles et nationales. [13].
- L'amélioration des opérations tout au long de la SC permet d'offrir un meilleur service au client final avec des coûts réduits pour la SC dans sa globalité [14].

I.2.3. Structure physique de la chaîne :

Les structures typiques de chaînes logistiques sont décomposées en : Série ; Divergente ; Dyadique ; Convergente et Réseau (présentées dans la **figure I.1**). Ces structures ont pour but d'offrir des cadres de modélisation pour l'étude des chaînes logistiques et sont orientées sur des processus spécifiques [15].

I.2.3.1. La structure série :

Elle correspond à un procédé de fabrication linéaire et vertical. Cette structure peut être utilisée, par exemple, pour étudier l'influence de la propagation de l'information sur l'ensemble de la chaîne.

I.2.3.2. La structure divergente :

Elle permet de modéliser un réseau de distribution avec pour objectif, par exemple, d'étudier la localisation des sites de distribution ou leur dimensionnement.

I.2.3.3. La structure convergente :

Elle représente un processus d'assemblage dans lequel le choix des fournisseurs peut être un sujet d'étude.

I.2.3.4. La structure réseau :

Elle est la composition d'une structure convergente et divergente permettant de prendre en compte des chaînes logistiques plus complexes.

I.2.3.5. La structure dyadique :

Elle peut être vue comme un cas particulier d'une chaîne en série limitée à 2 étages. Elle peut servir de base à l'étude de relations client/fournisseur ou donneur d'ordre/sous-traitant.

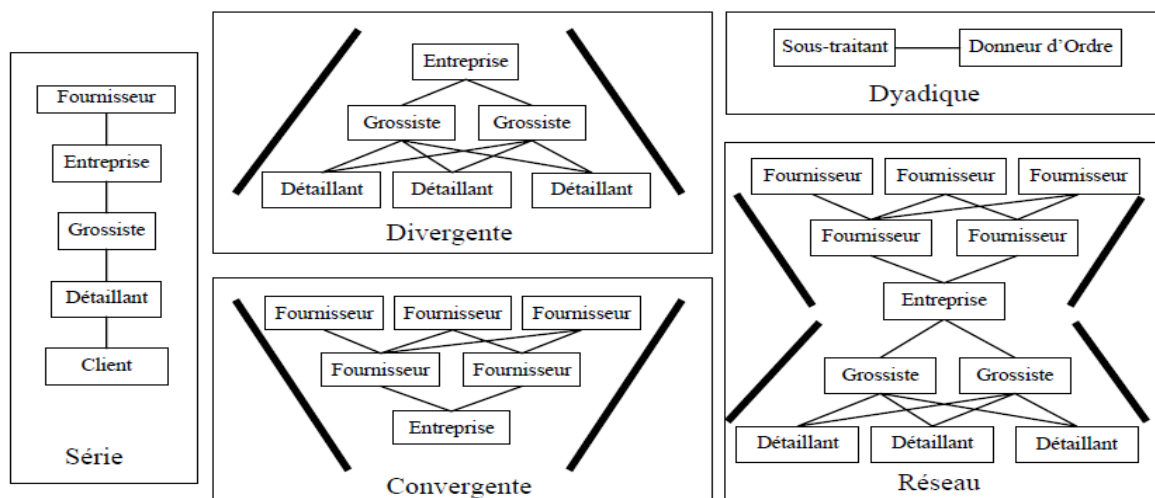


Figure I.4. Structures de la chaîne logistique

I.3. Gestion des chaînes logistiques (Supply Chain Management (SCM)):

I.3.1. Définitions :

D'une manière générale, nous pouvons définir la gestion de chaînes logistiques comme étant les décisions qui permettent d'optimiser les performances de la chaîne logistique. Cela dit, plusieurs

définitions ont été retrouvées dans la littérature dont nous citons les suivantes pour donner plus de clarté sur ce concept:

Définition 1 :

La gestion de chaînes logistiques est considérée comme étant l'intégration de flux d'informations de matériaux depuis les matières première aux clients finaux.

En 1991, Metz a défini la gestion des chaînes logistiques comme une approche par processus gérant les produits, l'information et les opérations financières à travers le réseau d'approvisionnement du fournisseur initial au client final. Son but est de:

- ✓ Améliorer le niveau des fonds de dépenses ;
- ✓ Avoir le contrôle sur les processus d'emprunt ;
- ✓ Restreindre le surcôt lié au paiement ;
- ✓ Accroître les niveaux de capitaux.

La **figure I.5** montre les processus qui composent la gestion d'une chaîne :

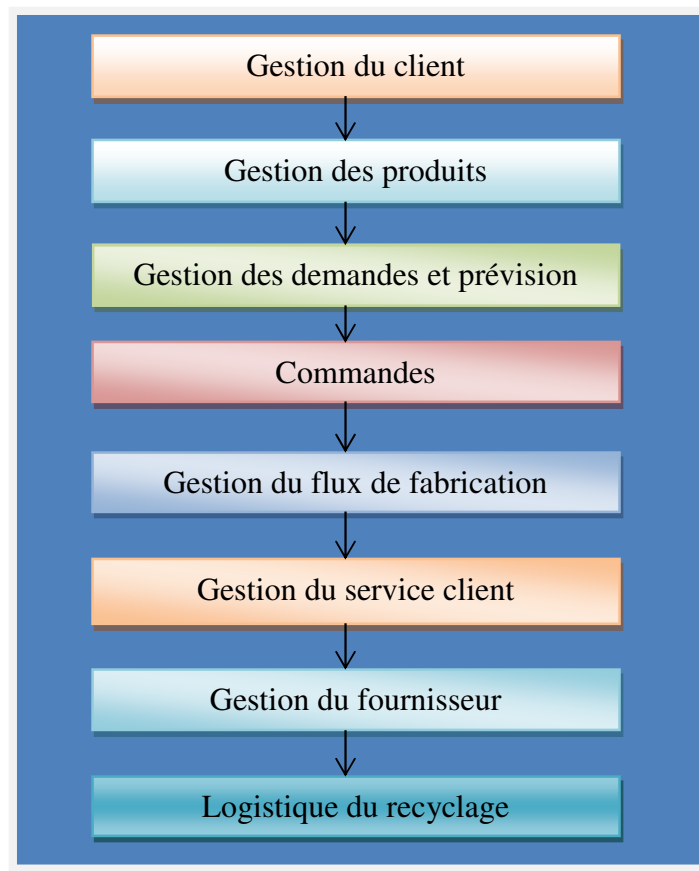


Figure I.5. Les processus de gestion d'une chaîne logistique [16]

Définition 2 :

[17] Définit la SCM comme étant l'art et la science de créer et d'accentuer les rapports synergiques entre les partenaires d'une même chaîne logistique ayant comme objectif commun de livrer, juste à temps, les bons produits et les bons services au bon client, avec la meilleure quantité.

Définition 3 :

[18] Proposent la définition suivante : Le SCM est une stratégie qui vise à la fois la réduction des frais globaux, permettant une position plus concurrentielle à toutes les différentes parties de la chaîne logistique, et l'optimisation de la satisfaction du client final par une plus grande adaptabilité des systèmes de production et de distribution.

Définition 4 :

Selon [19], faire du « Supply Chain Management » veut dire qu'on cherche à intégrer l'ensemble des moyens internes et externes pour répondre à la demande des clients. L'objectif est d'optimiser de manière simultanée et non plus séquentielle l'ensemble des processus logistiques.

Définition 5 :

[20] proposent la définition suivante : « le supply chain management peut être défini comme la coordination systémique, stratégique des fonctions opérationnelles classiques et de leurs tactiques respectives à l'intérieur d'une même entreprise et entre partenaires au sein de la chaîne logistique, dans le but d'améliorer la performance à long terme de chaque entreprise membre et de l'ensemble de la chaîne ».

A travers ces définitions, nous déduisons que l'objectif du SCM est la mise en place, au moindre coût, d'une quantité déterminée de produits, à l'endroit et au moment où la demande existe (Les entreprises).

La solution la plus intéressante pour une bonne gestion d'une SC est d'optimiser les fonctions de celle-ci du point de vue des coûts, des délais, de la qualité, ... ceci, pour aboutir à la satisfaction des indicateurs de performance que nous allons définir dans la suite de ce chapitre.

Afin de garantir une bonne gestion, il est nécessaire de prendre les bonnes décisions, ce point est abordé dans la section suivante.

I.3.2. Le système décisionnel :

L'architecture décisionnelle est support à l'organisation des processus et décisions se structure en trois niveaux : niveau stratégique (ou décisions à long terme visant habituellement à définir les moyens et objectifs), niveau tactique (décisions à moyen terme concernant la définition des actions à mettre en œuvre) et niveau opérationnel (décisions à court terme consistant en la mise en œuvre des actions et en leur suivi) [21].

I.3.2.1. Le niveau stratégique :

On distingue quatre parties [22].

- 1) La partie « Objectifs stratégiques » : il s'agit de déterminer les objectifs pour l'ensemble des parties prenantes (partenaires).
- 2) La partie « Design », conception ou configuration : il s'agit de déterminer la structure de la chaîne, dans sa topologie, mais également dans la sélection des parties prenantes (choix des fournisseurs, sous-traitants, ...).
- 3) La partie « Développement d'avantages compétitifs » : il s'agit d'analyser comment la gestion de la chaîne logistique peut développer ou améliorer la compétitivité des entreprises partenaires.
- 4) La partie « Evolution historique » qui se focalise sur l'évolution des stratégies des entreprises en matière de chaîne logistique.

I.3.2.2. Le niveau tactique : Nous avons ici quatre parties : [23]

- 1) La partie « Développement des relations interentreprises », que celles-ci soient bilatérales ou multilatérales, horizontales ou verticales.
- 2) La partie « Gestion des opérations intégrées », c'est-à-dire la gestion des activités des entreprises pour garantir l'efficacité globale de la chaîne logistique.
- 3) La partie « Gestion des systèmes collectifs de transport et de distribution ».
- 4) La partie « Développement de systèmes d'information » qui cherche à améliorer l'échange d'informations dans le cadre des objectifs stratégiques.

I.3.2.3. Le niveau opérationnel : on distingue quatre parties : [23]

- 1) La partie « Contrôle et gestion des stocks et des flux physiques ».
- 2) La partie « Coordination de la planification de la production ».
- 3) La partie « Spécification du partage des informations opérationnelles ».
- 4) La partie « Développement d'outils de pilotage opérationnel ».

I.3.3. Indicateurs de la gestion de la chaîne logistique :

La gestion de la chaîne logistique cherche à améliorer le système global de production. Pour cela, il existe plusieurs indicateurs de performance. Ces indicateurs sont construits à partir du suivi de production (niveau des stocks, ...). [22].

Les indicateurs doivent permettre :

- ✓ de mesurer la performance des organisations (fournisseurs, transports, entrepôts, services logistiques...).
- ✓ de piloter l'activité en fonction des objectifs principaux du métier (taux de service, niveaux de stock, coût, productivité...).

Selon [21], pour améliorer un système de production, il faut connaître sa performance effective et déterminer une cible ou un objectif à atteindre.

La première étape consiste donc à mesurer la performance. Ensuite, il faut prendre des décisions et agir sur le système à travers des variables de décision, afin de tendre vers la cible choisie (dans notre cas, l'optimisation des coûts).

La section qui suit donne quelques détails sur la mesure de performance.

I.3.3.1. La mesure de performance :

Une chaîne logistique se voit assigner des objectifs de qualité, coût et délais, et le résultat des actions pour la satisfaction de ces objectifs est mesuré à l'aide d'indicateurs de performance définis au préalable.

I.3.3.2. Un indicateur de performance :

Les caractéristiques d'un indicateur de performance apparaissent dans les points suivants [21] :

- 1) Un indicateur de performance est une donnée quantifiée qui exprime l'efficacité et / ou l'efficience de tout ou partie d'un système (réel ou simulé), par rapport à une norme, un plan déterminé et accepté dans le cadre d'une stratégie d'entreprise.
- 2) Un indicateur de performance est une traduction chiffrée des objectifs stratégiques poursuivis par l'organisation.
- 3) Un indicateur de performance est une information devant aider un acteur individuel ou une organisation à conduire le cours d'une action vers l'atteinte d'un objectif, ou devant lui permettre d'en évaluer le résultat.

- 4) Un indicateur de performance est associé à une « action à piloter » dont il doit révéler la pertinence opérationnelle.

La performance d'un système peut être complexe et sa mesure peut nécessiter l'utilisation d'indicateurs. Nous pouvons alors [21]:

- *Mesurer* : assigner une valeur à un indicateur donné (directe, calcul).
- *Evaluer*: donner une interprétation et positionner la mesure dans un cadre de référence explicitant les objectifs.
- *Agir* : entreprendre des actions correctives afin de rétablir un bon fonctionnement du système en corrélation avec les objectifs assignés.

Notons que la mesure de performance concerne le choix des bons indicateurs et la manière de les renseigner selon nos besoins, la gestion de performance emploie ces indicateurs comme support à la réalisation des objectifs stratégiques l'entreprise (ou des acteurs impliqués dans une SC en général).

I.3.3.3 Principaux indicateurs du SCM :

I.3.3.3.1. Degré de partenariat : communication, coordination, coopération,... :

Plusieurs degrés d'entente entre partenaires d'une SC peuvent être mis en évidence : « communication », « coordination », « coopération » et « collaboration ». Ils dépendent de deux facteurs [22] :

- 1) Le type d'informations ou de traitements mis en commun par les partenaires.
- 2) La façon d'échanger ou de partager ces informations entre les deux partenaires.

I.3.3.3.2. La réduction des coûts :

La réduction des coûts sur toute la SC est une des priorités des chaînes logistiques, elle permet de réduire le prix des produits finis et ainsi de chercher à acquérir de nouvelles parts de marché, et d'avoir des bénéfices. Cet indicateur de performance représente, nous le rappelons, notre objectif de projet de fin d'études.

I.3.3.3.3. La réduction du délai de livraison :

Une entreprise doit réagir au plus vite face aux changements du marché pour en tirer des bénéfices.

I.3.3.3.4 Taux de service :

Correspond au pourcentage de produits livrés à temps dans les références et quantités requises, par rapport à la demande exprimée par un client.

I.3.3.3.5. Taux de disponibilité d'un équipement ou d'un système :

C'est une mesure de performance qu'on obtient en divisant la durée durant laquelle l'équipement ou le système est opérationnel (en marche) par la durée totale durant laquelle on aurait souhaité qu'il le soit. Cette mesure est exprimée sous forme de pourcentage.

Ce que nous avons vu jusqu'à présent nous permet de déduire le fait qu'il faut optimiser certaines choses dans une SC telles que l'utilisation des ressources, du temps de transport, et surtout les coûts afin de permettre aux entreprises d'avoir un maximum de gain.... pour ce fait, nous allons introduire dans ce qui suit la notion d'optimisation dans les SC.

I.4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons exposé les concepts liés à la chaîne logistique et sa gestion. Nous avons vu aussi comment optimiser les chaînes logistiques: minimiser (ou maximiser) une fonction souvent appelée fonction objectif (coût), d'une ou plusieurs variables soumises à des contraintes.

A travers les notions que nous avons présentées, en particulier, celle des indicateurs de performance, nous avons pu déduire la nécessité d'optimiser le fonctionnement des activités d'une chaîne logistique.

Dans le chapitre suivant, nous présentons l'état de l'art qui concerne les travaux étudiés dans les domaines de recherches qui touchent notre problème d'optimisation de la chaîne logistique.

II.1. Introduction :

Dans le chapitre précédent nous avons abordé la gestion des chaînes logistiques, cette gestion, pour être efficace, doit garantir des réponses fiables aux clients finaux, que ce soit pour les services rendus ou bien pour les produits livrés, il faut agir en temps, en coût et en qualité voulus.

Nous allons aborder, dans ce chapitre la notion d'optimisation dans les chaînes logistiques, solution utilisée par les plus grandes firmes pour améliorer leur fonctionnement.

En effet, résoudre un problème d'optimisation consiste à trouver une solution qui minimise un critère particulier. Généralement, l'optimum trouvé n'est pas unique. Ainsi, il existe plusieurs solutions minimisant le critère considéré, comme par exemple, les coûts de production dans une entreprise industrielle.

Nous commençons dans ce chapitre par la présentation de l'optimisation en elle-même pour ensuite parler de l'optimisation dans une chaîne logistique.

II.2. Définition :

L'optimisation combinatoire occupe une place très importante en recherche opérationnelle et en informatique. Plusieurs applications peuvent être modélisées sous la forme d'un problème d'optimisation combinatoire (POC) telles que le problème du voyageur de commerce, l'ordonnancement de tâches,...etc. [24]

Aussi, l'optimisation combinatoire donne un cadre formel pour les problèmes de l'industrie, de la finance ou de la vie quotidienne.

Les problèmes d'optimisation combinatoire peuvent être très difficiles à résoudre même s'ils sont faciles à formaliser. La difficulté de ces problèmes a pour cause soit la structure de l'ensemble réalisable soit la nature de la fonction objective. [25]

Un POC comprend un ensemble fini de solutions, où chaque solution doit satisfaire des contraintes qui diffèrent selon la nature du problème, et une fonction objectif pour évaluer chaque solution trouvée. La solution optimale est celle dont la valeur de l'objectif est la plus petite (ou grande) dans le cas de minimisation (ou maximisation) parmi les solutions.

Concerna la gestion des SC, l'optimisation dans celles-ci, implique d'optimiser les composants qui permettent à une entreprise de gérer efficacement le cycle qui contient les activités de conception, commande, livraison ...

La figure suivante rappelle les processus de base inclus dans une chaîne logistique :

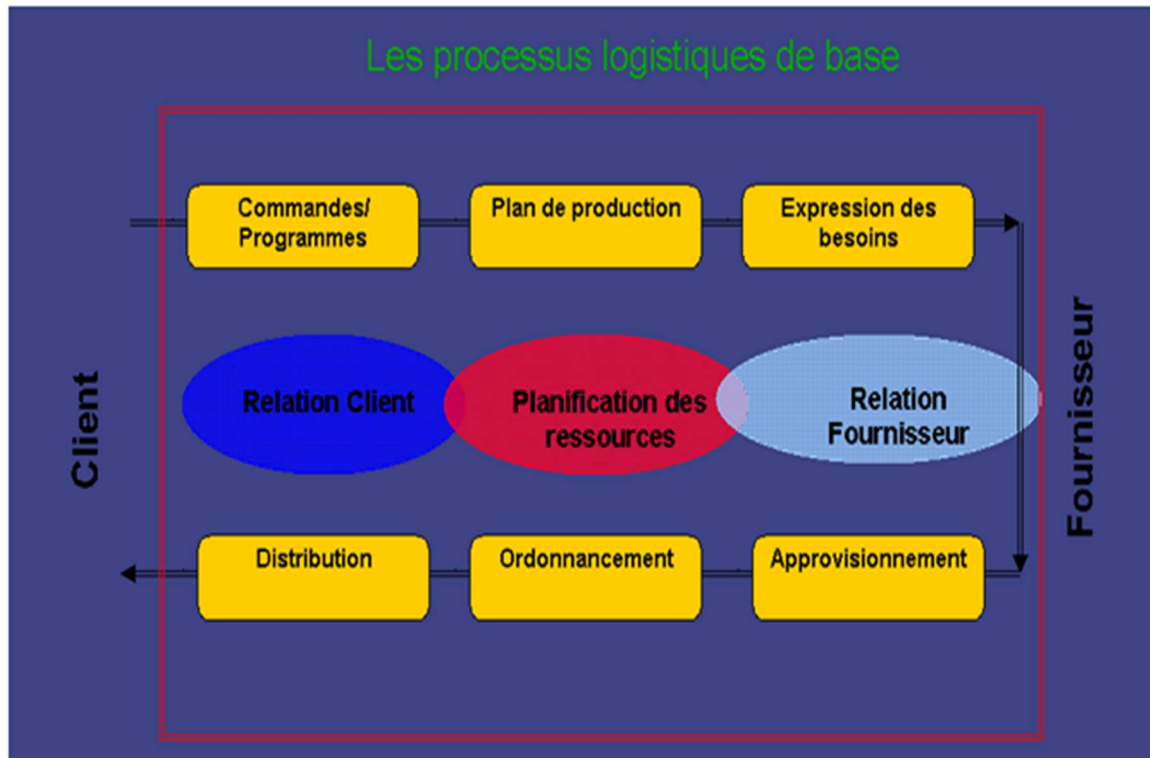


Figure II.1. Processus de base d'une chaîne logistique [26].

Nous rappelons que les différents services qui existent dans une SC peuvent être [27]:

➤ **L'approvisionnement :**

L'approvisionnement a pour but d'assurer la fourniture d'un produit dont la qualité voulue, la quantité voulue, à la date voulue et au moindre coût. Le service approvisionnement a pour mission d'un point de vue fonctionnel, la gestion des stocks et le magasinage et les décisions d'achat ou de sous-traitance, il permet de faire :

- La sélection des fournisseurs.
- Le contrôle des budgets prévisionnels d'achat.
- La négociation avec les fournisseurs des prix, délais et conditions.
- La gestion des fichiers de matières et de produits.

➤ **La production :**

Concerne les transformations que subissent les composants pour réaliser les produits finis. L'objectif est de fabriquer les produits demandés en assurant la productivité du système [22] pour offrir un meilleur service aux clients (en termes de qualité et de disponibilité des produits) tout en réduisant sans cesse les coûts (coûts de production, transport, stocks,...).

➤ **La distribution :**

Concerne la livraison des produits finis aux clients et reprend les questions d'optimisation des réseaux de distribution : l'organisation et le choix des moyens de transport, le choix du nombre d'étages et le positionnement des entrepôts et leur mode de gestion [22].

➤ **Le transport :**

Le transport se caractérise par sa grande diversité:

- Diversité des modes de transport (camions, navires, trains, avions, ..) et matériels utilisés.
- Diversité des produits transportés (vrac, lots, frigorifiques, liquides, palettes, colis,...).
- diversité des origines et des destinations.

Cette activité s'accompagne de plus en plus de services tiers, rendus par les entreprises dans le cadre ou dans la préparation du transport, comme la logistique ou l'organisation des transports.

Par rapport à ces services, la notion d'optimisation est primordiale, en effet, comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, l'objectif principal est de livrer aux clients, en temps et en heure voulus, des produits de qualité au moindre coût.

Quel que soit le domaine d'activité (industrie, Santé, Transports, ...), la performance d'une entreprise a une influence sur la satisfaction de ses clients d'un côté (livraison en temps, en coûts et en qualité souhaités) et sur ses résultats d'un autre côté (bénéfices, ...).

Nous montrerons dans la suite de ce chapitre par un schéma, où peut-on optimiser.

Car, comme nous le savons, la chaîne logistique rassemble plusieurs partenaires (appelés acteurs dont les producteurs, les fournisseurs, les distributeurs, ...) d'où la difficulté de trouver une optimisation qui puisse satisfaire tout le monde. [28]

Le but global des partenaires est d'avoir une situation collaborative plutôt qu'une situation concurrentielle, c'est-à-dire qu'il faut collaborer au lieu de servir ses propres intérêts en priorité. Il faut donc minimiser les coûts globaux et maximiser les gains globaux, cette minimisation nécessite des efforts d'organisation ou de réorganisation qui peut passer par un développement d'un alignement stratégique.

Plusieurs problèmes surviennent lors de l'optimisation, surtout dans sa mise en œuvre, ces problèmes représentent un facteur de recul pour la démarche gagnant-gagnant (Portmann, 2006):

- ✚ La qualité de l'information: trop d'informations sont imprécises, et incertaines ou imprévisibles comme les pannes des machines.
- ✚ Les systèmes de production et de distribution différents et qui doivent être pris en compte avec leurs caractéristiques particulières, ce qui nuit à l'existence de solutions génériques pour les outils d'aide à la décision.
- ✚ La diversité des ressources de production (gammes et structures d'ateliers différentes), la diversité des machines et la diversité des critères de performances.

L'optimisation de la SC se fait à travers la mise en œuvre d'actions spécifiques qui se situent à plusieurs niveaux du fonctionnement des entreprises :

- ✚ La prévision des volumes de vente afin d'anticiper le volume d'activité de l'entreprise pour lui permettre d'adapter ses ressources (machines de production, main d'œuvre, ...) à toute évolution de l'activité ;
- ✚ La synchronisation des informations (niveaux des stocks des produits finis, des matières premières, ...) et des modes opératoires entre les fonctions de l'entreprise (production, distribution, ...) impliqués dans la SC;
- ✚ L'amélioration de l'intégration des activités logistiques, telles que les activités de préparation des commandes, d'entreposage et de transport.

La figure suivante montre comment optimiser une chaîne logistique en général :

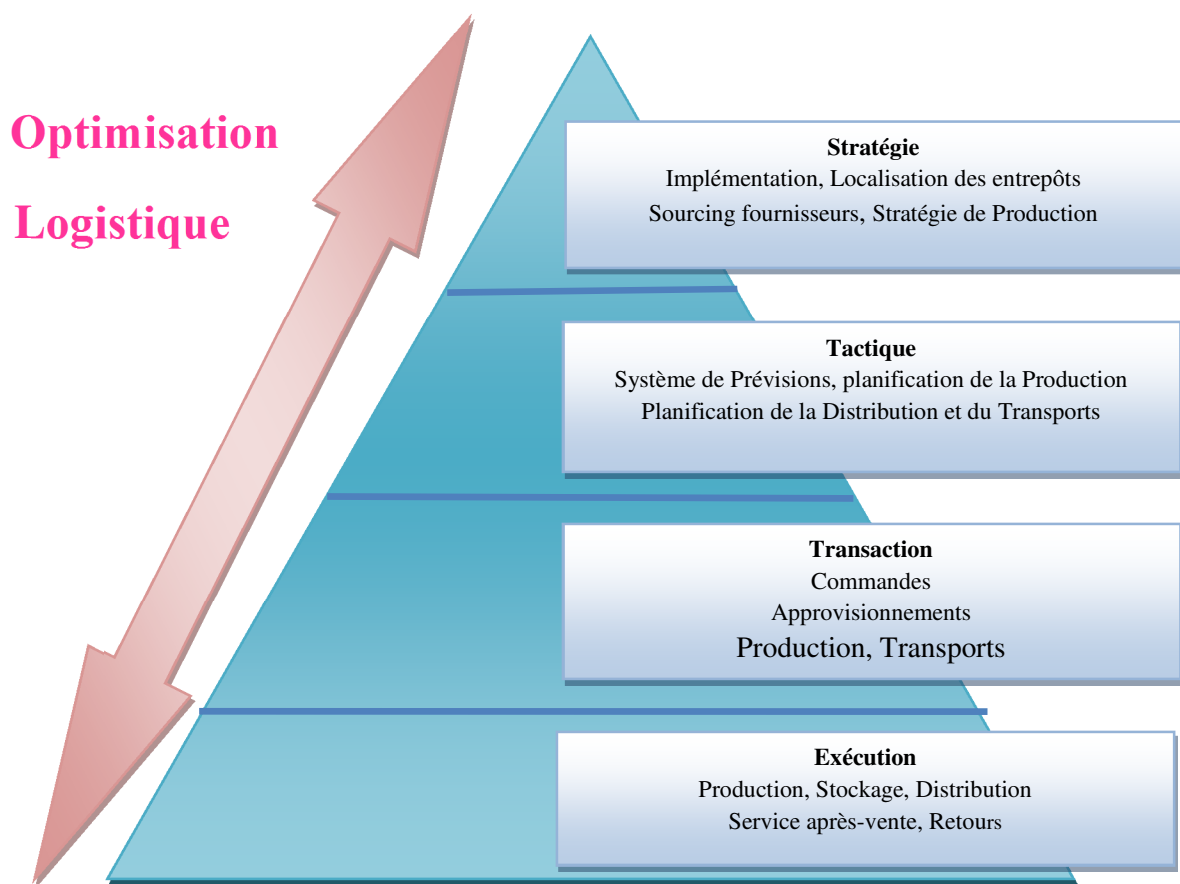


Figure II.2. Les étapes d'optimisation logistique en général [26].

A travers cette figure, nous pouvons remarquer les différentes étapes qui nous mènent à optimisation dite « globale » de la SC, à partir du niveau opérationnel (représenté ici par l'exécution) jusqu'à la vision du long terme représentée ici par l'aspect stratégique.

La figure II.3 montre quelques questions posées en logistique pour mener à une optimisation en incluant toutes les activités telles que l'approvisionnement et autres.

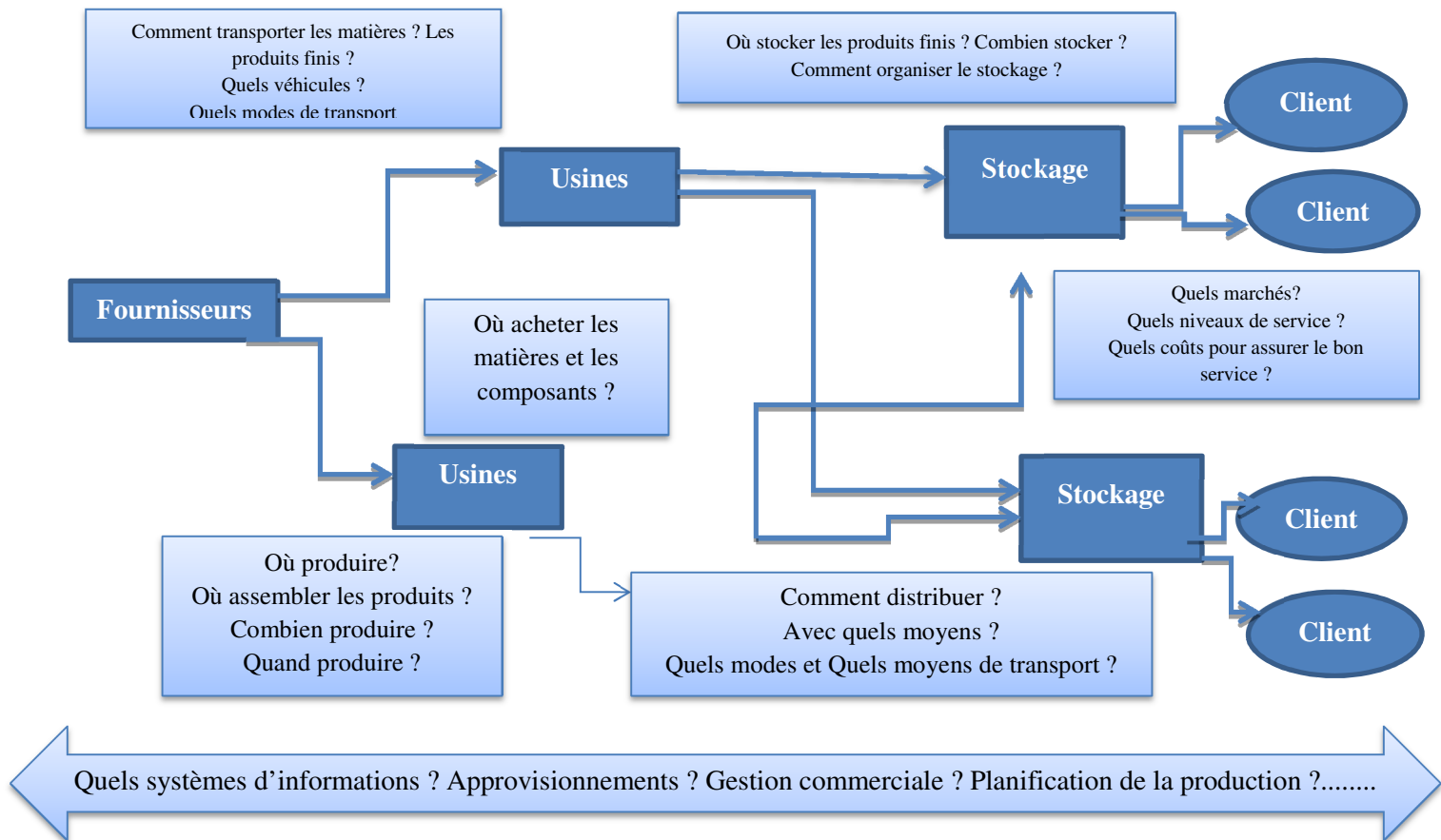


Figure II.3. Un exemple de questions en logistique [26].

Nous allons revenir dans ce qui suit à l'optimisation de la SC.

II.3. Optimisation de la chaîne logistique :

L'optimisation a pour but l'application des méthodes, techniques, instruments scientifiques, ... etc pour modéliser et résoudre des problèmes dans différents domaines. Elle est considérée comme étant une approche généraliste qui relève des sciences de la décision et qui combine [29] :

- Savoir - faire pratique (Formulation d'un problème d'optimisation, et résolution d'un problème à l'aide d'un algorithme numérique) ;

- connaissances théoriques (Caractéristiques des solutions d'optimisations, ce que nous apprenons sur les conditions d'optimisation en ce qui concerne les problèmes des solutions) ;

Aussi, l'optimisation de la SC est un des enjeux majeurs des entreprises ces dernières années. Face aux enjeux tels que la personnalisation de plus en plus grande de l'offre de produits et services, les exigences pointues en terme de délais, l'internationalisation des activités, l'environnement économique de plus en plus incertain, la pression sur les résultats financiers la conception et la gestion optimale de la chaîne logistique contribuent à l'efficacité, à la compétitivité et à la flexibilité des entreprises [28].

La figure suivante nous montre les activités où peut être introduite l'optimisation.

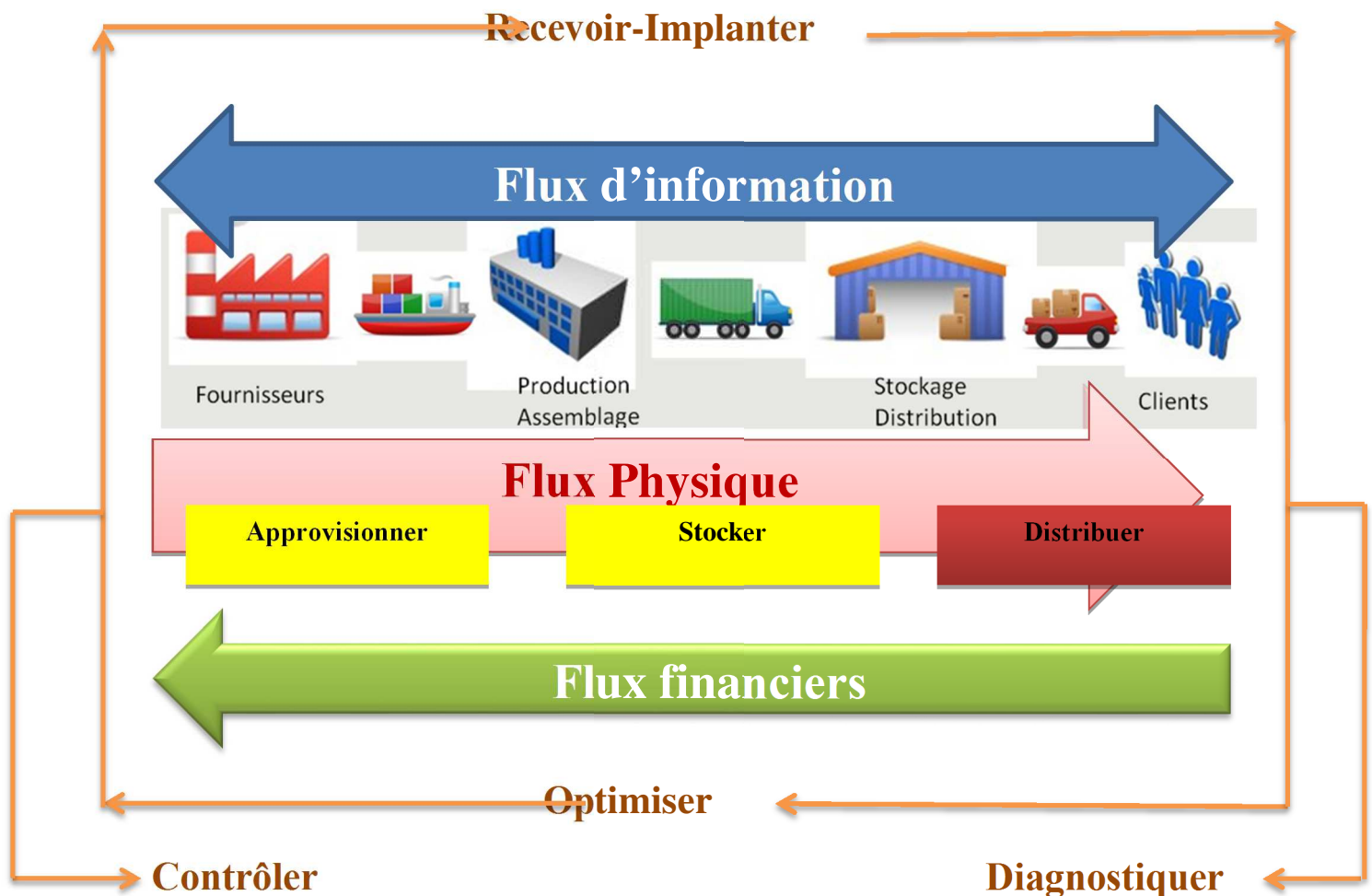


Figure II.4. L'optimisation dans une chaîne logistique [26].

Aussi, l'optimisation d'une SC consiste à mettre en place les solutions adéquates pour améliorer l'organisation de la gestion de la SC d'une part, et de réduire les coûts liés au processus logistique d'autre part.

Il existe plusieurs applications où modèles d'optimisation, nous pouvons citer les exemples suivants:

- **Finance:** Il faut maximiser le profit espéré d'un ensemble d'investissements en respectant des limites budgétaires et des limites imposées sur le niveau de risque (modèle de Markowitz).
- **Logistique:** Il faut visiter tous les clients une fois (sans répétition) d'une façon qui minimise la distance parcourue (problème du voyageur de commerce).
- **Productique/ordonnancement:** Affecter des tâches aux machines d'une manière que le temps maximum nécessaire pour une machine à terminer ses tâches soit minimisé (minimisation du C_{max}).

Par rapport à ce qui a été dit, nous jugeons utile de rappeler l'état de l'art que nous avons déjà établi, ceci, dans le souci d'expliquer la raison du choix de la méthode d'optimisation implémentée.

II.4. Etat de l'art:

Dans ce que suit, nous présentons un état de l'art concernant les travaux de résolution des problèmes d'optimisation dans les chaînes logistiques.

Plusieurs chercheurs ont traité le problème d'optimisation dans la gestion des chaînes logistiques en utilisant des méthodes s'appuyant sur des heuristiques ou autres, qui diffèrent selon les objectifs des acteurs des chaînes logistiques, les structures des chaînes logistiques et les contraintes imposées par le secteur d'application, nous en citons [30] qui ont utilisé un algorithme de recherche tabou pour déterminer la répartition optimale qui donne le coût total le plus faible possible, tout en garantissant le niveau de qualité requis résultant des systèmes de production multi-produits.

Nous avons aussi le travail de [31] qui s'intéressent à la recherche tabou, et dont cette dernière a été l'objet afin de résoudre le problème de routage en question, et dans lequel le coût de routage est considéré implicitement.

Dans [32], la recherche tabou a permis de résoudre le problème de routage qui consiste à distribuer un produit unique en plusieurs points de vente suivant une certaine politique d'ordre économique pour la gestion du stocks étudiée, d'une manière cyclique de sorte que la quantité de produit à transporter soit constante et connue à l'avance par le distributeur afin d'éviter la rupture de stock et que chaque point de vente soit satisfait.

Par rapport aux travaux de [33], un article présente une approche hybride basée sur un algorithme génétique et l'analyse d'enveloppement des données (DEA) pour l'optimisation des unités de transport d'électricité et l'évaluation de l'efficacité. Le résultat du modèle est vérifié et validé par l'algorithme génétique à travers les expériences.

Dans [34], au niveau d'une chaîne logistique, est utilisé un algorithme génétique pour déterminer la quantité optimale correspondant à une commande et la réduction de l'effet coup de fouet.

De manière plus générale, dans les travaux de [35], nous retrouvons les algorithmes génétiques et une matrice de la structure de conception, utilisés pour optimiser des flux entre tâches d'un projet et l'analyse des flux départementaux. Un projet peut être complété en moins de temps et à moindre coût sans décroître la qualité du résultat. L'objectif est de développer un processus d'optimisation de la coordination des tâches d'un projet. L'algorithme génétique est utilisé pour optimiser la structure des tâches de projet en termes de coût et de tâche, de temps de la tâche.

Dans [36], les algorithmes génétiques sont utilisés par une approche différentielle floue pour un problème d'inventaire (gestion des stocks) de deux usines de production-recyclage dans l'industrie, parmi les coûts pris en considération, nous avons par exemple le coût d'installation.

L'article de [37] concerne un problème d'une chaîne d'approvisionnement (logistique) associé à la charge de distribution à deux niveaux. L'objectif de ce problème est de minimiser le coût total de la distribution, l'algorithme de recuit simulé est proposé et illustré pour générer une bonne solution approchée.

Aussi, un recuit simulé est proposé dans [38], solution considérée comme étant efficace pour résoudre le problème de localisation- routage et est établi comme un nouveau domaine de recherche dans le cadre de l'analyse de localisation, qui concerne les problèmes d'emplacement des installations et le routage des véhicules. Une solution multi- objectifs est donnée, pour minimiser les coûts du système global et minimiser les délais de livraison aux clients.

Dans [39], un modèle de planification de la production globale a été présenté et qui prend en considération le temps de maintenance et les coûts, ce modèle détermine simultanément la production optimale et le temps optimal de la maintenance préventive pour réduire le coût total à l'aide d'un algorithme de recuit simulé (SA) car ses résultats sont beaucoup plus efficaces.

Notons aussi que des chercheurs ont déjà essayé de présenter un état de l'art sur l'optimisation des coûts dans le domaine des SC, notamment dans l'activité de réapprovisionnement, tels que [40].

Nous avons pu, à travers cet état de l'art, montrer que plusieurs approches ont été proposées dans la littérature pour résoudre les problèmes d'optimisation, en particulier ceux de la distribution et de la gestion des stocks dans les chaînes logistiques.

Pour notre travail de fin d'études en Master, nous nous sommes inspirés de ces travaux, en particulier, de ceux de traitant la notion de réapprovisionnement tels que [41] en les adaptant à la chaîne logistique étudiée pour résoudre le problème expliqué dans le chapitre suivant.

Nous avons remarqué par ailleurs, que les méthodes d'optimisation sont diverses du point de vue de leur implémentation,

Une chaîne logistique peut contenir des centaines de flux, venant des plusieurs dizaines d'acteurs, ce qui engendre la prise en compte de problèmes d'échanges assez complexes, ceci implique que l'utilisation des méthodes exactes n'est pas adéquate.

Nous avons alors opté pour une méthode approchée, en particulier celle du recuit simulé pour sa capacité à donner des réponses en un temps limité, comme toute méthode approchée, mais aussi par rapport à son principe, qui facilite son implémentation au lieu d'utiliser une méthode à populations.

II.5. Problématique:

Nous nous intéressons à une chaîne logistique suivant le plan de fonctionnement montré dans la figure suivante:

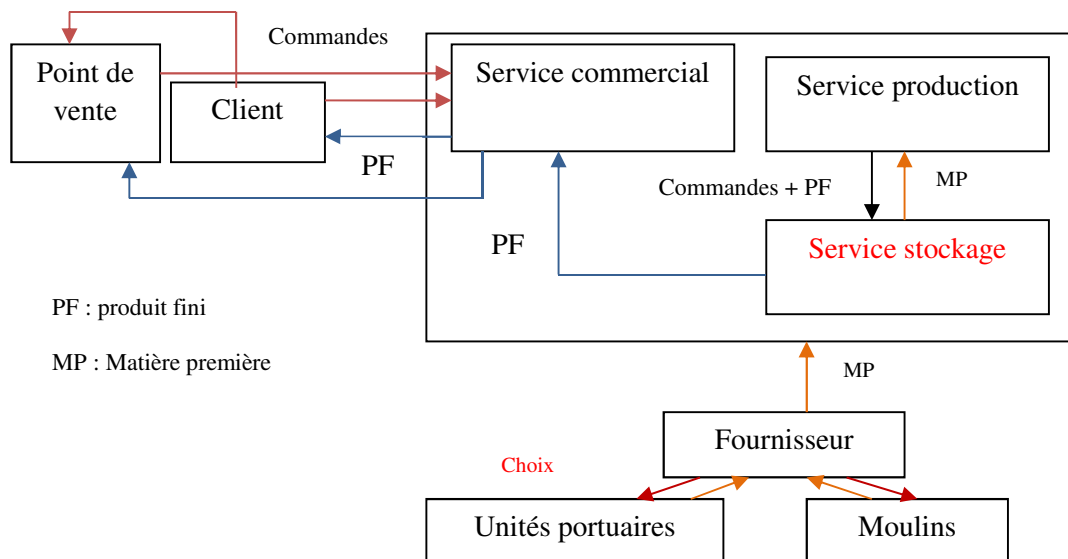


Figure II.5. Exemple de fonctionnement d'une unité de production.

Le problème qui se pose, est que pour répondre aux requêtes des clients directes, ou par m'intermédiaire des points de vente, il faut minimiser les coûts de revient. Ces coûts, comme nous l'avons mentionné dans la section 2, sont liés aux différentes fonctions incluses dans les chaînes logistiques telles que le transport, le stockage et la production. Nous nous intéressons dans notre travail à la fonction de distribution en particulier et aux niveaux de stocks qui dépendent directement de cette fonction (service de stockage).

En effet, la demande d'une matière première, nécessite le choix d'une unité portuaire, ce qui nécessite la prise en compte de plusieurs contraintes telles que la distance, la disponibilité et le prix proposé.

Aussi, le service de stockage est confronté aussi à d'autres contraintes telles que l'espace de stockage et les conditions de stockage par rapport à la température par exemple.

L'application d'une méthode d'optimisation s'impose alors pour résoudre ce problème.

II.6. Conclusion :

La plus part des problèmes d'optimisation sont qualifiés de difficiles, car leur résolution nécessite l'utilisation d'algorithmes évolués. Quand un seul critère est donné, par exemple un critère de minimisation de coût, la solution optimale est clairement définie, c'est celle qui a le coût minimal.

Dans ce chapitre, nous avons cherché une des motivations majeures de ce travail de recherche est d'optimiser le coût dans une chaîne logistique.

Nous pouvons percevoir de façon intuitive, un problème d'optimisation comme un problème de recherche, qui consiste à explorer un espace contenant l'ensemble des solutions réalisables, dans le but de trouver la solution optimale, ou la plus proche possible de l'optimum, permettant de minimiser ou maximiser une fonction objective donnée.

Donc pour résoudre un problème on doit choisir les méthodes adéquates qui peuvent être adaptées au type du problème.

Après la présentation du problème qu'on va traiter dans le chapitre suivant on va choisir certaines méthodes adéquates vus dans ce chapitre pour la résolution de notre problème pour trouver une solution optimale.

III.1. Introduction :

Les techniques ou méthodes d'optimisation présentent une grande importance du fait de leur capacité à pouvoir améliorer les performances et/ou la conception des systèmes auxquels elles sont appliquées.

L'objectif de ce chapitre est de comprendre le fonctionnement et l'utilisation des méthodes d'optimisations pour pouvoir aboutir à l'application de l'une d'elle pour résoudre le problème d'optimisation des coûts dans une chaîne logistique.

Parmi les méthodes d'optimisation, nous avons les méthodes exactes qui permettent de trouver des solutions optimales pour des problèmes de taille raisonnable et rencontrent généralement des difficultés face aux applications de grandes tailles. Par contre, les méthodes approchées ne garantissent pas de trouver une solution exacte, mais seulement une approximation.

Concernant les méta- heuristiques, qui font parti des méthodes d'optimisation, nous pouvons distinguer celles qui travaillent avec une population de solutions de celles qui ne manipulent qu'une seule solution à la fois.

Dans ce chapitre, nous allons d'abord présenter la notion d'optimisation dans les chaînes logistiques puis essayer de détailler chacune des méthodes d'optimisation.

III.2. Optimisation des chaînes logistiques (Supply Chain Optimization) :

III.2.1. Les coûts inclus dans une chaine logistique :

Plusieurs coûts sont engendrés par les différentes activités incluses dans le fonctionnement d'une chaîne logistique, ces coûts qui doivent être optimisés pour répondre au client à des prix moindres. Nous pouvons citer les coûts issus du fonctionnement des SC comme suit:

III.2.1.1. Coût de transport :

Un coût est calculé pour chaque livraison effectuée par le transporteur d'un acteur de la chaîne vers un autre dans une chaîne logistique, indépendamment de la qualité de produits transportés.

Minimiser le coût de transport revient alors à minimiser le nombre de livraisons, gérer au mieux les véhicules en termes de disponibilité par exemple, d'adéquation entre les types de véhicules et des produits livrés ...

III.2.1.2. Coût de stockage :

Les stocks sont gérés en fonction des quantités de produits (ou matières premières) qu'ils contiennent et qu'il faut minimiser. Pour cela il faut réduire le temps de stockage de ces

produits ou matières premières (ou lots) car un coût de stockage par produit (ou par lot) et par unité de temps est spécifié pour chaque stock.

III.2.1.3. Coût de production :

Les coûts de production sont généralement de deux types:

- Les Coûts de fabrication (de traitement) qui dépendent de la quantité produite ;
- Les coûts de réglage de la production engendrés par les opérations d'installation des outils ou de matière première qui précèdent la phase de fabrication sur la machine utilisée ainsi que la configuration des machines d'une opération à une autre.

III.2.2. Les méthodes d'optimisations : [42]

Avant de présenter la problématique à laquelle nous nous intéressons, nous allons d'abord définir quelques méthodes d'optimisation retrouvées dans la littérature et s'appliquant à la gestion des chaînes logistiques :

III.2.2.1. Les méthodes déterministes : [42]

Les méthodes déterministes se caractérisent par une exploration systématique de l'espace de recherche. Il existe de nombreuses méthodes d'optimisation déterministes :

III.2.2.1.1. Les méthodes locales :

Ces méthodes permettent d'assurer la convergence vers l'optimum de la fonction le plus proche de la solution courante en explorant son voisinage.

D'une manière générale les méthodes locales suivent l'algorithme suivant :

- A. Choix d'une première solution courante i admissible
- B. Génération d'une solution j dans le voisinage de i
- C. Si $f(j)$ est meilleur que $f(i)$ alors j devient la solution courante puis retour en B)
- D. L'algorithme se termine lorsqu'il n'y a plus d'amélioration de la solution courante

Ensuite nous présentons **les méthodes de recherche globale** que sont la méthode de séparation -évaluation (branch and bound) et la méthode de tunneling.

III.2.2.1.1.1. Les méthodes de gradient :

Les méthodes de gradient sont les plus anciennes. Elles permettent de résoudre des problèmes non linéaires [Minoux 1983] et sont basées sur une hypothèse forte : la connaissance de la dérivée de la fonction objectif en chacun des points de l'espace.

III.2.2.1.1.2. La méthode multistart :

Cette méthode permet d'effectuer une recherche locale à partir de plusieurs points répartis dans l'espace de recherche. Avant de lancer le processus de recherche, il faut réaliser un maillage de l'espace. L'efficacité de cette méthode dépend de la bonne adéquation entre le maillage et la forme de la fonction objective. Si le maillage est trop grand, la probabilité de trouver l'optimum global sera faible car certaines vallées ne seront pas traitées. Sinon, la recherche globale sera inefficace car plusieurs points vont être présents dans la même vallée et convergeront donc vers le même optimum.

III.2.2.1.1.3. La méthode de Nelder Mead ou la méthode du simplexe :

L'intérêt principal de la méthode du simplexe par rapport aux deux précédentes est qu'elle ne nécessite pas de calcul de gradient. Elle est uniquement basée sur l'évaluation de la fonction. Cela la rend utilisable pour des fonctions bruitées. Cette méthode locale effectue une recherche multidirectionnelle dans l'espace d'état [Nelder and Mead 1965]. [42]

III.2.2.1.2. Les méthodes globales : [42]

Et ces méthodes permettent d'attacher à faire converger la solution vers l'optimum global de la fonction,

III.2.2.1.2.1. L'algorithme de séparation - évaluation : (branch and bound)

Le principe de cette méthode est de découper (branch) l'espace initial de recherche en domaines de plus en plus restreints afin d'isoler l'optimum global (principe de séparation).

L'algorithme de recherche forme ainsi un arbre dont chaque nœud représente une partie de l'espace. Ensuite chaque nœud est évalué de façon à déterminer sa borne (bound) inférieure en fonction d'un critère d'évaluation. Si cette borne n'est pas meilleure que la solution courante alors la recherche sur ce nœud est stoppée, sinon la séparation continue.

III.2.2.1.2.2. La méthode du "Tunneling" :

Cette méthode recherche l'optimum global d'une fonction en effectuant des recherches successives d'optima locaux telles que la valeur de la fonction s'améliore. Pour cela, l'algorithme se décompose en deux phases :

- une phase de recherche d'un optimum local
- une phase dite de tunneling.

Les méthodes déterministes vues ci-dessus sont très efficaces sur des problèmes particuliers et en général de petite taille. Mais sur des problèmes de grande taille, la probabilité de trouver l'optimum global en un temps raisonnable dépend essentiellement de la bonne connaissance du problème par le décideur. Ainsi, ce dernier pourra choisir avec

précision la bonne méthode et les bons paramètres. Si les conditions exposées ci-dessus ne sont pas réunies, le décideur devra plutôt s'orienter vers des méthodes stochastiques.

III.2.2.2. Les méthodes stochastiques "Heuristiques et métaheuristiques" [42] :

Les méthodes stochastiques sont caractérisées par un processus de création aléatoire des points dans l'espace d'état et une heuristique qui permet de guider la convergence de l'algorithme.

Ces méthodes sont utilisées dans des problèmes où nous ne connaissons pas d'algorithme de résolution en temps polynomial et pour lesquels nous espérons trouver une solution approchée de l'optimum global. Ces méthodes se basent généralement sur des phénomènes physiques, biologiques, socio-psychologiques.

Nous avons ici la méthode de Monte Carlo, le recuit simulé, les algorithmes évolutionnaires, le branch and bound stochastique et la méthode tabou. Leurs avantages sont :

- facilité d'implantation,
- flexibilité par rapport aux contraintes des problèmes,
- qualité élevée des solutions.

D'un point de vue théorique, il existe des théorèmes de convergence pour les AGs (Algorithmes génétiques) [Goldberg 1989, Raphaël Cerf 1994] et pour le SA (Simulated Annealing ou recuit simulé) [Hajek 1988] qui justifient l'usage de ces méthodes. Il est établi en général que nous avons une probabilité très élevée de trouver une solution optimale.

III.2.2.2.1. La méthode Monte Carlo :

Les méthodes de type Monte Carlo recherchent l'optimum d'une fonction en générant une suite aléatoire de nombres en fonction d'une loi uniforme [Fishman 1997].

➤ Algorithme

- A.** On génère un point initial x dans l'espace d'état, considéré comme solution courante.
- B.** On génère aléatoirement un point x' .
- C.** Si x' est meilleur que x alors x' devient la solution courante.
- D.** Si le critère d'arrêt est satisfait alors fin sinon retour en **B**)

III.2.2.2.2. Le recuit simulé :

Cette méthode s'inspire d'une méthode utilisée depuis longtemps par les métallurgistes. Elle a été mise au point par les chercheurs : [45] en 1983, et [44] en 1985. [43] [44] à partir de l'algorithme de Metropolis; [45] qui permet de décrire l'évolution d'un système thermodynamique. Grâce à son implémentation simple et ses propriétés de convergence assez intéressantes, nous la trouvons dans de nombreux domaines dans lesquels nous devons résoudre des problèmes d'optimisation difficiles en optimisant une fonction objective.

Le recuit simulé est un algorithme basé sur une heuristique permettant la recherche de solutions à un problème donnée. Il permet notamment d'éviter les minima locaux mais nécessite un réglage minutieux des paramètres.

Une description est présentée au niveau du chapitre suivant.

➤ **Algorithme : [48]**

1. Engendrer une configuration initiale S_0 de $S : S \leftarrow S_0$
2. Initialiser la température T en fonction du schéma de refroidissement
3. Répéter
4. Engendrer un voisin aléatoire S' de S
5. Calculer $\Delta E = f(S') - f(S)$
6. Si $\Delta E \leq 0$ alors $S \leftarrow S'$
7. Sinon accepter S' comme la nouvelle solution avec la probabilité $P(E, T) = \exp^{-\frac{\Delta E}{T}}$
8. Fin si
9. Mettre T à jour en fonction du schéma de refroidissement (réduire la température)
10. Jusqu'à la condition d'arrêt
11. Retourner la meilleure configuration trouvée

Le principe de cet algorithme est de parcourir de manière itérative l'espace des solutions. Initialement on part avec une solution initiale s_0 qui générée de manière aléatoire dont correspond une énergie initiale E_0 , et une température initiale T_0 totalement élevée.

A chaque itération de l'algorithme, nous effectuons un changement sur la solution, cette modification fait varier l'énergie du système ΔE . Si cette variation est négative, elle est acceptée. Sinon elle sera acceptée avec une probabilité P calculée suivant la distribution de Boltzmann suivante: $P(E, T) = \exp^{-\frac{\Delta E}{T}}$

Le choix de la température est important pour garantir l'équilibre des solutions dans l'espace de recherche.

En d'autres termes, le recuit simulé applique itérativement l'algorithme de Metropolis, pour engendrer une séquence de configurations qui tendent vers l'équilibre thermodynamique:

- A. Choisir une température de départ $T=T_0$ et une solution initiale $S=S_0$;
- B. générer une solution aléatoire dans le voisinage de la solution actuelle ;
- C. comparer les deux solutions selon le critère de Metropolis ;
- D. répéter 2 et 3 jusqu'à ce que l'équilibre statistique soit atteint ;
- E. décroître la température et répéter jusqu'à ce que le système soit gelé.

Notons que l'algorithme de Metropolis, part d'une configuration donnée, et on lui fait subir une modification aléatoire. Si cette modification fait diminuer la fonction objectif, elle est directement acceptée ; Sinon, elle n'est acceptée qu'avec une probabilité égale à $\exp(-\Delta E/T)$, cette règle est appelée critère de Metropolis. [46]

➤ Avantages et Inconvénients : [51]

Avantages:

- Facile à implémenter;
- Peut être utilisé dans la plupart des problèmes d'optimisation;
- Il peut converger vers un optimum global.
- Contrairement aux méthodes de descente, le recuit simulé évite le piège des optima locaux,
- Excellents résultats pour un nombre de problèmes complexes.

Inconvénients :

Le principal inconvénient du recuit simulé est qu'une fois l'algorithme piégé à basse température dans un minimum local, il lui est impossible de s'en sortir. Plusieurs solutions ont été proposées pour tenter de résoudre ce problème, par exemple en acceptant une brusque remontée de la température de temps en temps, pour relancer la recherche sur d'autres régions plus éloignées. [46]

Nous pouvons citer d'autres inconvénients comme :

- La difficulté de déterminer la température initiale :
 - ✓ Si elle est trop basse, la qualité de recherche sera mauvaise.
 - ✓ Si elle est trop haute, le temps de calcul sera élevé.
- L'impossibilité de savoir si la solution trouvée est optimale ;
- Dégradation des performances pour les problèmes où il y a peu de minimas locaux.
- Les tests nécessaires pour trouver les bons paramètres.

III.2.2.2.3. Les algorithmes évolutionnaires :

Les algorithmes évolutionnaires sont inspirés des concepts issus du Lamarckisme, Darwinisme et du mutationnisme.

Ces algorithmes se caractérisent par :

- Une représentation spécifique des solutions potentielles du problème.
- Un ensemble d'individus formant une population permettant de mémoriser les résultats à chaque étape du processus de recherche.
- Un processus de création aléatoire d'un individu. Cette caractéristique offre une capacité exploratoire importante à la méthode.
- Un ensemble d'opérateurs de modification permettant de créer de nouvelles solutions à partir des informations mémorisées. Ces opérateurs offrent une capacité de recherche locale à la méthode
- Une heuristique de notation qui représente la sélection effectuée par l'environnement.
- Un critère d'arrêt de l'algorithme.

Nous distinguons plusieurs types d'algorithmes évolutionnaires :

III.2.2.3.1. Les Algorithmes Génétiques :

Le but des algorithmes génétiques est d'obtenir une solution approchée à un problème d'optimisation, lorsqu'il n'existe pas de méthode exacte (ou que la solution est inconnue) pour le résoudre en un temps raisonnable. Les algorithmes génétiques utilisent la notion de sélection naturelle et l'appliquent à une population de solutions potentielles au problème donné. [41]

Il existe deux types d'algorithmes génétiques distribués :

- Des algorithmes génétiques distribués classiques.
- Des algorithmes génétiques distribués multi- objectifs.

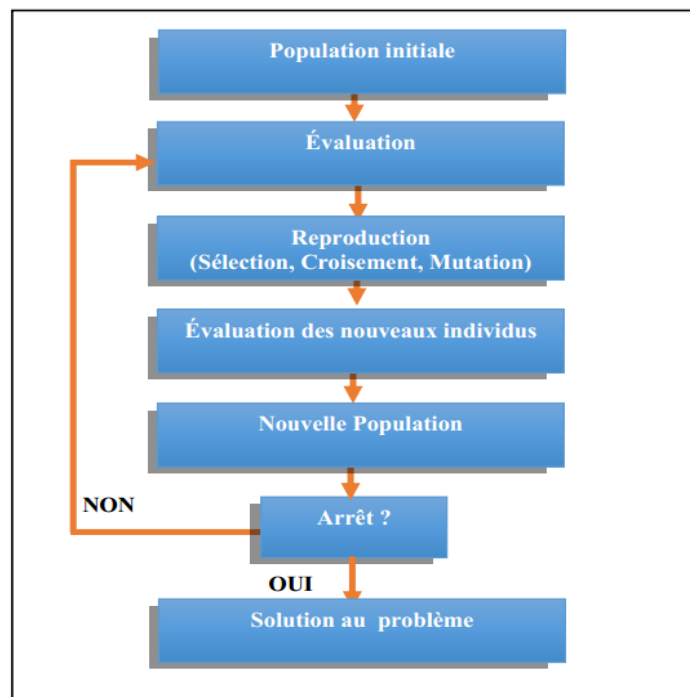


Figure III.1. Fonctionnement d'un algorithme génétique [48]

➤ Les avantages et les inconvénients :

Les algorithmes génétiques sont des outils efficaces pour une classe de problèmes très large. Ils permettent de traiter des problèmes où la fonction à optimiser ne présente aucune propriété de continuité. Ils présentent un certain nombre de limitations : [49]

- Ils sont moins efficaces qu'un algorithme déterministe spécifique.
- Les nombreux paramètres qui les contrôlent sont délicats à régler (probabilités de croisement et de mutation notamment, ainsi que le codage des chromosomes qui peut faire varier radicalement la vitesse de convergence).

- Afin de garantir la robustesse des algorithmes évolutifs, le calcul d'un très grand nombre de fitness est généralement nécessaire avant l'obtention d'une bonne solution. Ce nombre de calcul important peut s'avérer problématique lorsque le coût de calcul de la fitness est important.
 - Ils peuvent éprouver des difficultés à gérer des contraintes si elles sont nombreuses et complexes.
- ✓ **Les systèmes de classifieurs** sont des mécanismes d'apprentissage basés sur un ensemble de règles condition/action. Chaque règle est notée en fonction du résultat de l'action produite et un algorithme génétique est utilisé pour générer de nouvelles règles [Goldberg 1989].
- ✓ **Les stratégies d'évolution** [Rechenberg 1973] sont des algorithmes itératifs dans lesquels un parent génère un enfant (1+1)-ES. Le meilleur des deux survit et devient le parent de la génération suivante. La généralisation de ce processus a donné les algorithmes $(\mu+\lambda)$ -ES dans lesquels μ parents génèrent λ enfants. Les μ meilleurs survivent.

III.2.2.2.4. Le branch and bound stochastique :

Cette méthode utilise le même principe que le branch and bound déterministe mais la borne inférieure (ou supérieure) est stochastique. Elle apparaît plus simple à paramétrer et elle peut être utilisée dans des espaces de recherche plus grands.

III.2.2.2.5. La recherche tabou:

Cette méthode a été formalisée en 1986 par F. Glover [50]. Cette méthode a montré son efficacité pour la résolution des problèmes d'optimisation difficiles. Sa particularité réside dans la mise en œuvre de mécanismes inspirés de la mémoire humaine. L'idée consiste à garder la trace du cheminement passé dans une mémoire et de s'y référer pour guider la recherche.

Elle se distingue par le recours à un historique des solutions visitées, de façon à rendre la recherche un peu moins aléatoire. Il est alors possible d'extraire un minimum local, mais, pour éviter d'y retomber périodiquement, certaines solutions sont considérées taboues. La figure suivante montre l'algorithme de la recherche tabou.

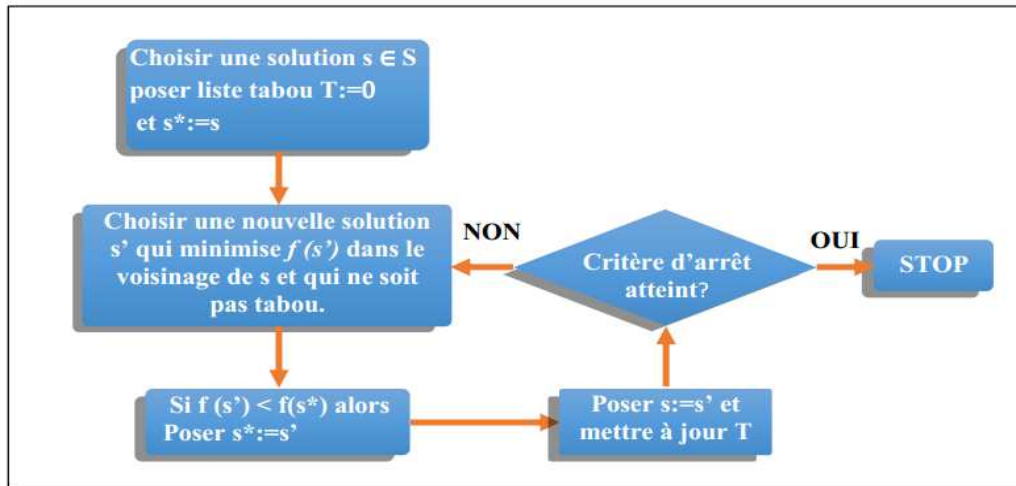


Figure III.2. Algorithme de recherche tabou [48]

➤ **Avantages et inconvénients : [51]**

La méthode Tabou est une méthode de recherche locale, et la structure de son algorithme de base est assez proche de celle du recuit simulé, avec l'avantage, par rapport au recuit simulé, d'avoir un paramétrage simplifié: le paramétrage consistera d'abord à trouver une valeur indicative t d'itérations pendant lesquelles les mouvements sont interdits. Il faudra aussi décider d'une stratégie de mémorisation à long terme sur la qualité des solutions, sur leur récence, ou sur leur qualité....,

Notons que la méthode Tabou exige une gestion de la mémoire de plus en plus lourde si on voudra raffiner le procédé en mettant en place des stratégies de mémorisation complexe.

L'efficacité de la méthode Tabou fait qu'elle est largement utilisée dans les problèmes d'optimisation combinatoire : elle a été testée avec succès sur les grands problèmes classiques (voyageur de commerce, ordonnancement d'ateliers) et elle est souvent appliquée sur les problèmes de constitution de planning, de routage, d'exploration géologique, etc.

III.3. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté quelques méthodes d'optimisation telles que les méthodes stochastiques (Heuristiques et métaheuristiques) dont le recuit simulé (Simulated Annealing en Anglais), les algorithmes génétiques (AGs) et de recherche taboue (TS ou Tabu Search) pour résoudre les problèmes d'optimisations.

Ces dernières sont très efficaces en optimisation difficile sans avoir besoin de modifier la structure de base de l'algorithme utilisé. Elles sont devenues très populaires grâce à leur simplicité d'utilisation dans différents domaines et dans les problèmes de grande taille.

Nous insistons sur le fait qu'une bonne performance nécessite souvent une formalisation adéquate du problème posé et une adaptation assez intelligente d'une méta- heuristique.

Le chapitre suivant sera consacré à détailler l'algorithme de recuit simulé adapté à notre problématique d'optimisation des coûts dans une chaîne logistique. Nous verrons aussi la modélisation et l'implémentation de notre système d'optimisation basé sur le recuit simulé.

IV.1. Introduction :

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté des méthodes d'optimisation et nous avons choisi l'algorithme du recuit simulé afin de pouvoir couvrir une partie des phases du cycle de vie de la chaîne logistique.

Ce chapitre, comme son nom l'indique, a pour but de montrer les étapes qui nous ont menés à implémenter le recuit simulé pour la gestion de chaînes logistiques, dans le but d'optimiser le coût incluant le coût de transport, le coût de production et coût de stockage lors de la gestion de la chaîne logistique.

Dans un premier temps, nous décrirons les objectifs de notre application, présenterons les digrammes nécessaire pour notre application (Modèle Conceptuel de données pour MERISE, le diagramme de cas d'utilisation et le diagramme de classes pour UML), établir le dictionnaire de données et enfin entamer l'implémentation en affichant quelques maquettes de l'application et les résultats obtenus.

IV.2. Description et objectifs de l'application :

IV.2.1. Objectif de l'application :

L'application informatique à mettre en œuvre concerne une méthode d'optimisation dont l'objectif principal est le fait d'obtenir un minimum de coût de la chaîne. Cette application comportera deux grands modules :

-  Un module de renseignement accessible par les acteurs identifiés (Authentification) ;
-  Le module de lancement de l'algorithme du recuit simulé pour trouver le coût minimal.

IV.2.2. Modélisation du système:

Afin d'éclaircir les idées de notre modèle, nous présenterons dans ce qui suit le dictionnaire de données et le modèle conceptuel de données pour la conception de notre base de données, ainsi que les diagrammes UML (Unified Modeling Language) pour représenter l'aspect fonctionnel du système (diagramme d'utilisation) et l'aspect statique (diagramme de classes) afin de voir les interactions entre les différentes classes.

IV.2.3. Dictionnaire de données :

Table_CLIENT

Nom	Type_ Taille
Id_CLIENT	Int(50)
Nom_CLIENT	Varchar(100)
Prenom_CLIENT	Varchar(100)
Adresse_CLIENT	Varchar(100)
Ville_CLIENT	Varchar(100)
Numéro_téléphone_CLIENT	Varchar(100)
Date_de_naissance_CLIENT	Date
Fax_CLIENT	Varchar(100)

Table_FOURNISSEUR (FRN)

Nom	Type_ taille
Id_FRN	Int(50)
ID_MP	Int(50)
Nom_FRN	Varchar(100)
Adresse_RFN	Varchar(100)
Num_telephone_FRN	Int(100)
TVille1	Varchar(100)
TVille2	Varchar(100)
TVille3	Varchar(100)

Table_DISTRIBUTEUR (DIS)

Nom	Type_ Taille
Id_DIS	
Ref_PRD	Int(50)
Nom_DIS	Varchar(100)
Matricule_DIS	Varchar(100)
Numero_telephone_DIS	Varchar(100)
Societe_DIS	Varchar(100)
Vehicule_DIS	Varchar(100)
Rue_DIS	Varchar(100)
Ville_DIS	Varchar(100)
TVille1	Varchar(100)
TVille2	Varchar(100)
TVille3	Varchar(100)

Table_PRODUT (PROD)

Nom	Type_Taille
Ref_PROD	Int(50)
Id_DIS	Int(50)
Nom_PROD	Varchar(100)
Prix_PROD	Varchar(100)
Quantite	Int(10)
Quantite_stock_PROD	Int(100)

Quantite_Commandée_PROD	Int(100)
Quantite_PROD	Int(50)
MP1	Int(50)
MP2	Int(50)
MP3	Int(50)
MP4	Int(50)

Table_COMMANDE (COM)

Nom	Type_Taille
Numero_COM	Int(50)
Id_CLIENT	Int(50)
Date_COM	Date
QC_P1	Int(100)
QC_P2	Int(100)
QC_P3	Int(100)
QC_P4	Int(100)
QC_P5	Int(100)

Table_DETAILS_COMMANDE (DCOM)

Nom	Type_Taille
-----	-------------

Id_DCOM	Int(50)
Num_COM	Int(50)
Id_DIS	Int(50)
Prix_Commande	Int(500)

Table_MATIERE_PREMIERE (MP)

Nom	Type_Taille
Id_MP	Int(50)
Id_FRN	Int(50)
Ref_PROD	Int(50)
Nom_MP	Varchar(100)
Quantite_MP	Int(100)
Pays_MP	Varchar(100)
Prix_MP	Varchar(100)
Quantite_stock_MP	Int(400)
Unité_MP	Varchar(50)

IV.2.4. Modèle conceptuel de donnée (MCD) :

Les tables précédentes constituent le modèle conceptuel de données suivant.

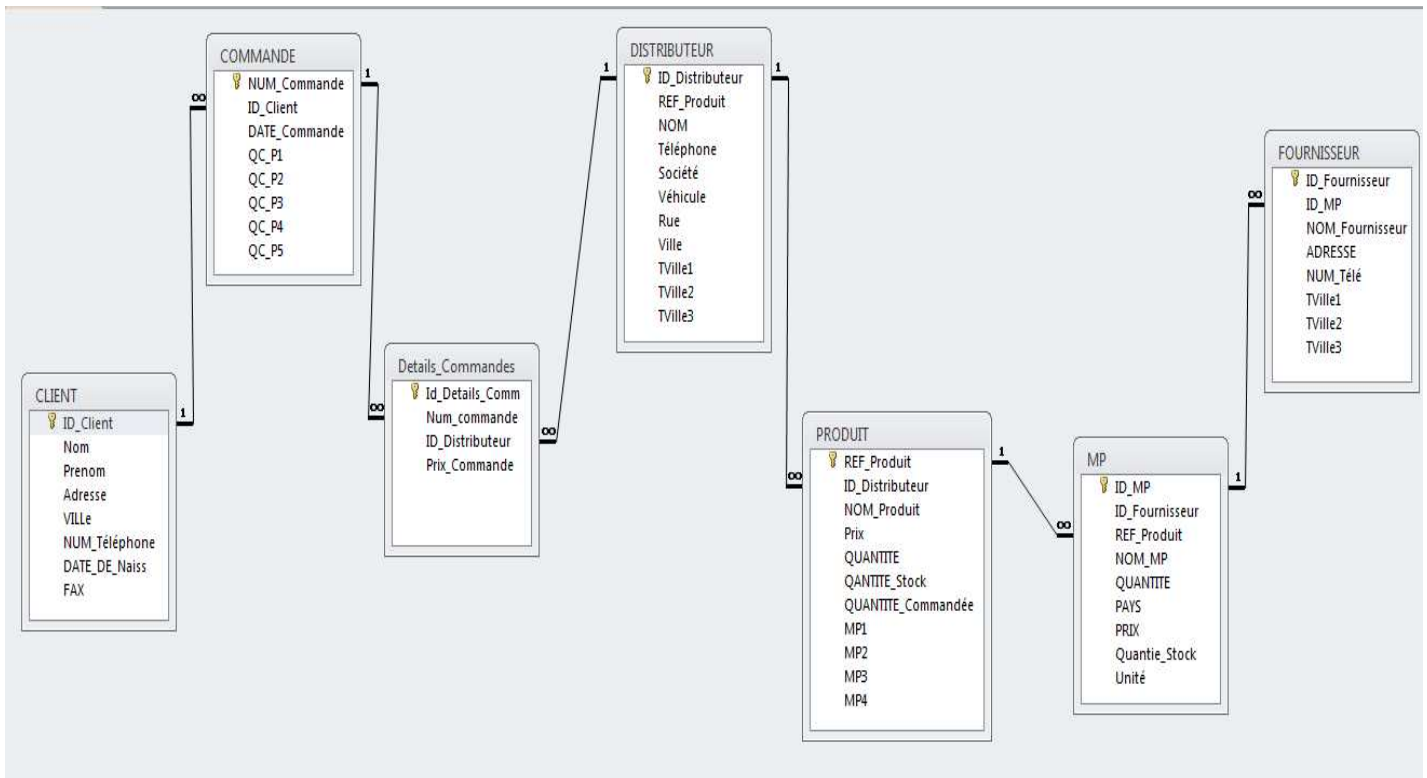


Figure IV.1. Le modèle Conceptuel de données.

Comme nous l'avons déjà mentionné plus haut, nous avons choisi d'utiliser le diagramme de cas d'utilisation et de celui de classes.

Nous avons pour ce la utilisé le modelleur UML StarUml, ce modelleur est une plateforme de modélisation avec le langage UML, conçue pour supporter l'approche MDA (Model Driven Architecture) (voir les annexes).

Ces diagrammes UML sont présentés comme suit :

IV.2.5. Le diagramme de cas d'utilisation :

Le diagramme de cas d'utilisation est un des diagrammes les plus importants en UML du fait qu'il permet de visualiser les différentes fonctionnalités qu'un système peut offrir. La figure suivante nous montre le diagramme de cas d'utilisation de notre application.

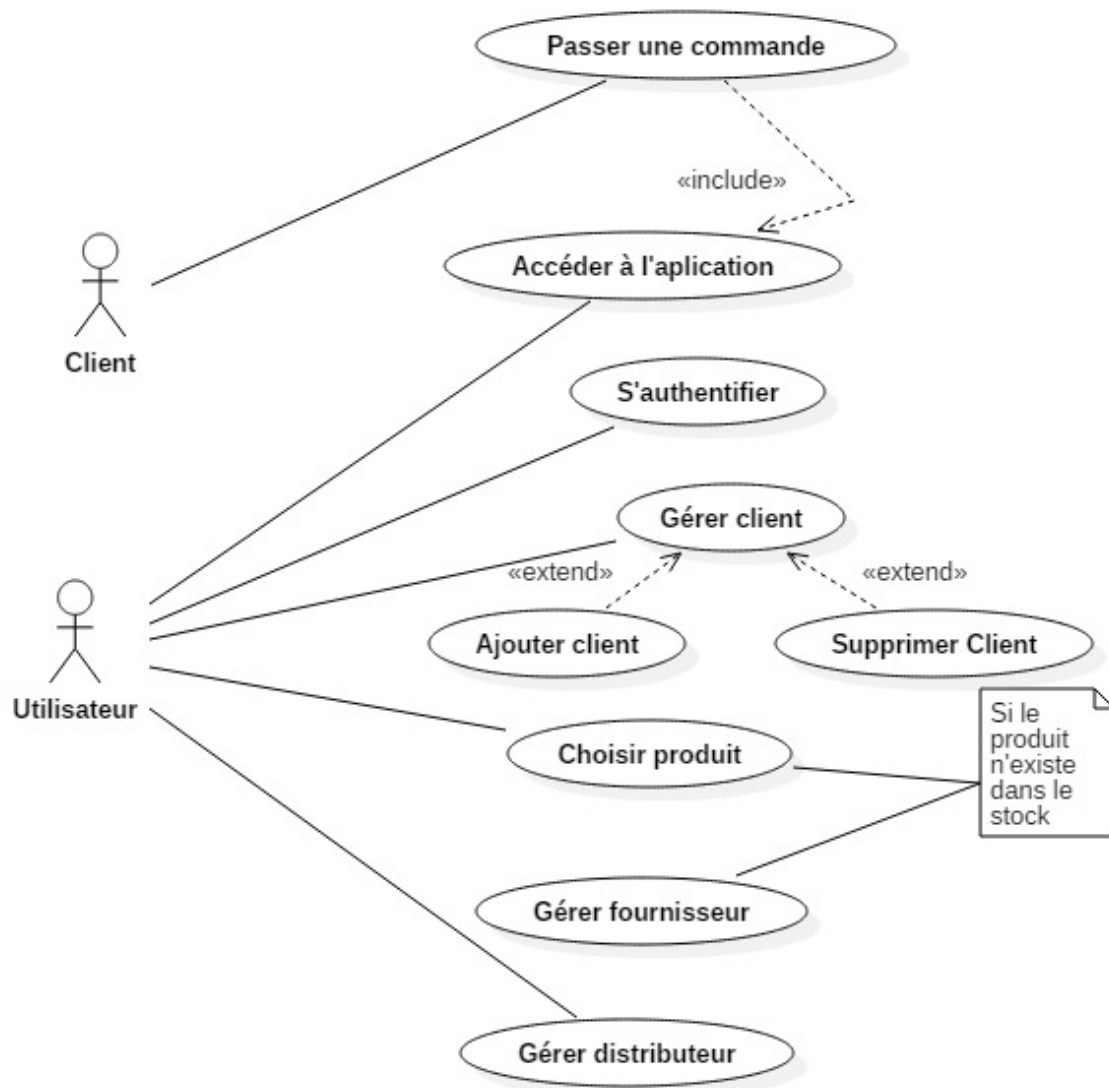


Figure IV.2. Diagramme de cas d'utilisation.

IV.2.6. Le diagramme de classes :

La figure suivante montre le diagramme de classes correspondant à l'application implémentée.

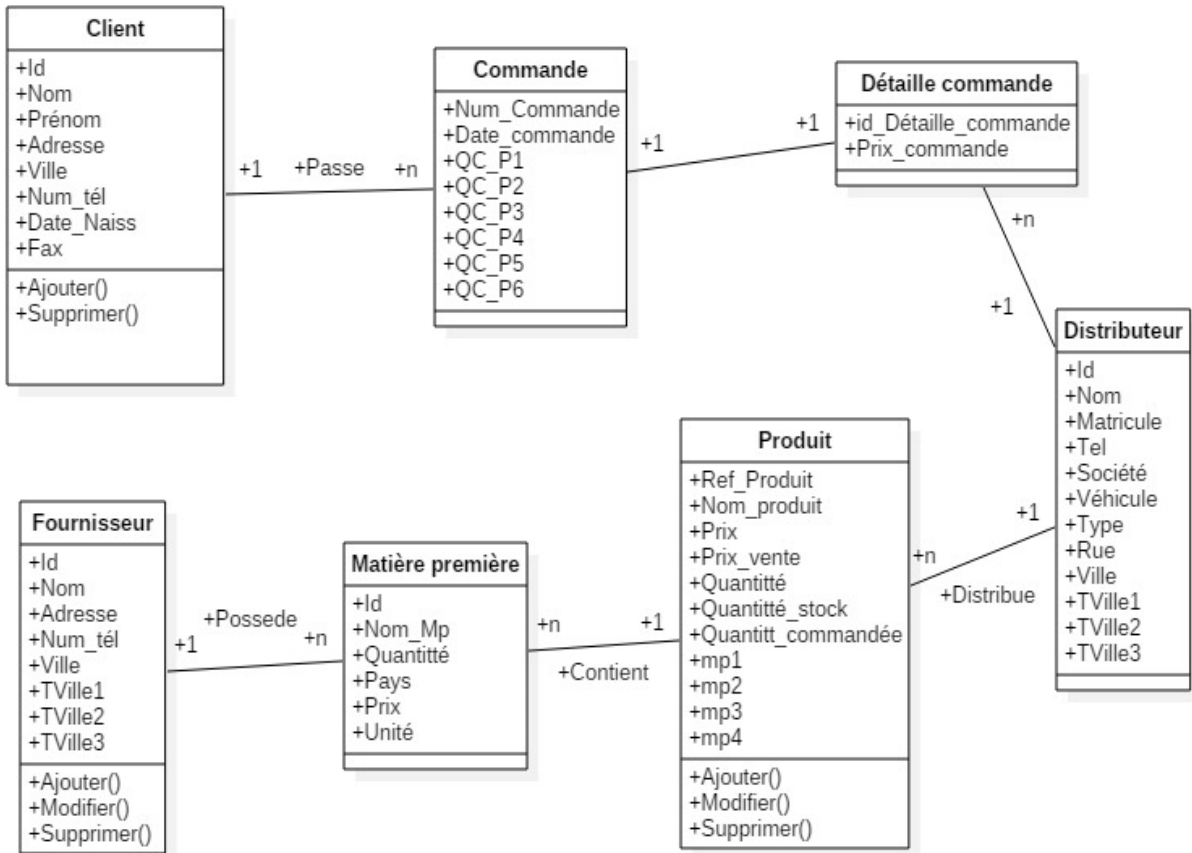


Figure IV.3. Diagramme de classes.

IV.2.7. L'organigramme de l'algorithme du Recuit Simulé :

Nous rappelons que notre objectif est de mettre en œuvre la méthode d'optimisation du recuit simulé, la section suivante nous montre l'organigramme de cette méthode appliquée à notre problématique.

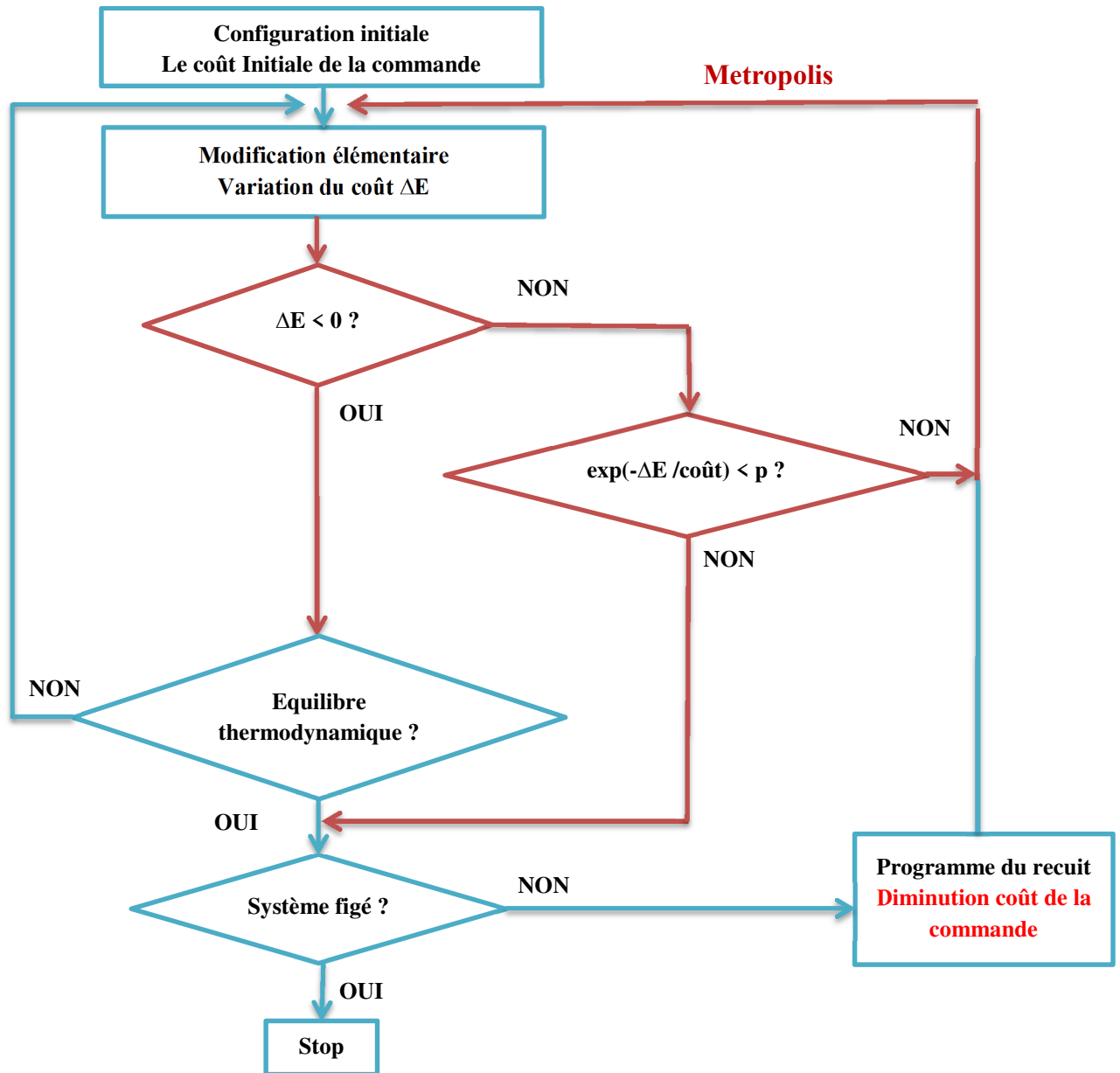


Figure IV.4. L'organigramme de l'algorithme du Recuit Simulé adapté à notre problème.

IV.3. Implémentation:

Cette partie contient deux parties: nous avons les outils de développement de l'application en première partie, et les traitements ainsi que les captures d'écrans explicites en seconde partie et enfin les résultats obtenus.

IV.3.1. Environnement de développement :

Notre système est développé sous l'environnement suivant :

- Micro-portable Hp i5 (CPU 2.60GHz, RAM 4Go).
- Système d'exploitation Microsoft Windows 7.

IV.3.2. Outils de développement :

La réalisation de l'application a été possible en utilisant les outils suivants :

-  Un IDE NetBeans (utilisation du langage de programmation orienté objet JAVA) ;
-  Outils de mise en œuvre de la base de données : SQL Server ;

NetBeans est un environnement de développement, un outil pour les programmeurs pour écrire, compiler, déboguer et déployer des programmes et aussi un outil de développement Open Source très puissant et particulièrement bien construit et adapté pour créer des applications ou encore des produits complexes. (Voir la partie annexes pour plus de précisions)

SQL Server est un type de système de gestion de bases de données pouvant être utilisé sur un Serveur NT, les bases **SQL Server** comprennent les requêtes **SQL**.

Sur un serveur, il y a déjà la base de donnée qui possède le nom du user ID du compte. A partir de cette base, l'utilisateur (administrateur) peut créer des tables dans cette unique base de données, ainsi que d'en modifier ou en supprimer. (Voir la partie annexes pour plus de précisions).

IV.3.3. Langage de programmation :

Le langage de programmation utilisé pour le développement de notre système est java.

Java est à la fois un langage de programmation informatique orienté objet et un environnement d'exécution informatique portable créé par James Gosling et Patrick Naughton employés de Sun Microsystems avec le soutien de Bill Joy (cofondateur de Sun Microsystems en 1982).

JFreeChart : est une bibliothèque open source disponible pour java qui permet aux utilisateurs de générer facilement des graphiques et des diagrammes de très bonne qualité. Il est très efficace quand un utilisateur a besoin de régénérer des graphiques qui changent fréquemment.

IV.3.4. Interface principale :

- **Interface accueil :**

Elle est considérée comme une page d'accueil permettant d'accéder aux fonctionnalités des autres interfaces via un Login (nom d'utilisateur) et un PassWord (mot de passe).

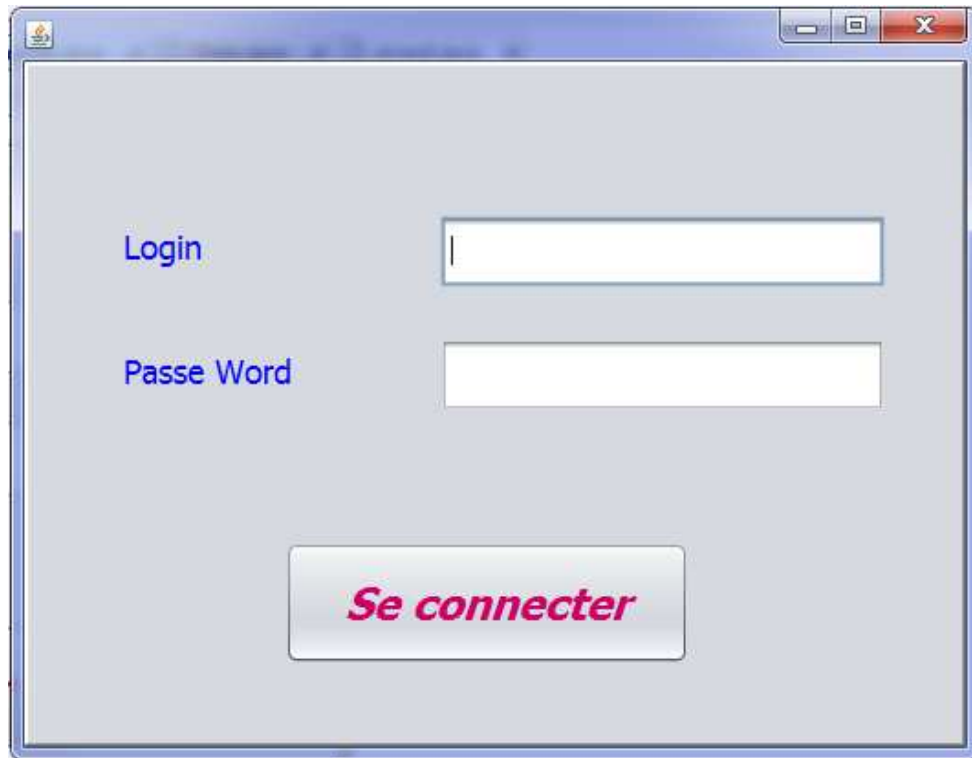


Figure IV.5. La page d'accueil.

- **Interface Client :**

Cette interface donne la main à l'utilisateur pour saisir les informations des clients et par la suite les enregistrer dans la table CLIENT, Après la validation des informations du client à travers le bouton « Lancer la commande » l'utilisateur peut passer une commande pour le client courant, la figure 6 illustrera interface CLIENT.



Ajout Client

CLIENT

Saisir les informations



ID_Client: 000901

Nom Client: Bakreti

Prénom Client: Souad

Adresse: 07 rue mousa abdekader

Ville: Mostaganem

Date de naissance: 03-03-1998

Fax: 27000

Numéro de téléphone: 0776392522

Id_Client	Nom	Prenom	Adresse	Ville	Date de naiss...	Fax	Téléphone

Valider

Lancer la commande

Figure IV.6. Interface CLIENT.

Cette interface CLIENT permet de saisir les informations du client et avant de lancer la commande.

La figure suivante montre que les informations concernant les client ont bien été enregistrées.

Id_Client	Nom	Prenom	Adresse	Ville	Date de naiss...	Fax	Téléphone
Bakreti	Souad	07 rue mousa ...	Mostaganem	03-03-1998	27000	0776392522	00090

Figure IV.7. Interface CLIENT.

- **Interface Commande :**

L'accès à cette interface peut se faire que par le bouton « Lancer la commande » de l'interface CLIENT, Cette dernière fournit plusieurs services à l'utilisateur mais la plus importante est la saisie de la commande avec les quantités désirées.

Cette interface nous offre la possibilité de lancer le traitement d'une commande sélectionnée. Les interfaces suivantes nous montrent les différentes étapes pour effectuer une commande.

Num Com...	Num Client	Quantite P1	Quantite p2	Quantite P3	Quantité P4	Quantite P5	Coût Total

Figure IV.8. Interface commande.

L'interface concernant les commandes permet de saisir la commande du client, lorsque l'utilisateur clique sur le bouton *Sélectionner des Désignations*, il va passer à l'interface Choisir les produits de la commande du client.

☒ **Produit 1** 12 Quantité ☐ **Produit 3** Quantité

☒ **Produit 2** 100 Quantité ☒ **Produit 4** 40 Quantité

☐ **Produit 5** Quantité

Valider

Figure IV.9. Interface de choix des produits.

L'accès à l'interface suivante peut se faire que par le bouton « valider » de l'interface *Choisir les produits* pour valider les produits que l'utilisateur doit choisir afin de valider la commande dans l'interface *Commande*.

Num Com...	Num Client	Quantite P1	Quantite p2	Quantite P3	Quantité P4	Quantite P5	Coût Total
1	2	50	35	58	100	93	

Figure IV.10. Interface Commande.

Après la validation de la commande, nous passons au traitement. Les résultats sont présentés dans ce qui suit :

IV.3.5. Résultats et Discussions :

- **Expérimentation 1 :** Un coût initial $C = 300\text{DA}$ (sans utilisation de la méthode de recuit simulé)

Après l'application du recuit simulé, le coût final obtenu est de $C = 270\text{ DA}$, nous avons donc un gain de 30 DA .

- **Expérimentation 2 :** Un coût initial $C = 4000\text{DA}$ (sans utilisation de la méthode de recuit simulé)

Après l'application du recuit simulé, le coût final obtenu est de $C=3000$ DA, nous avons donc un gain de 1000 DA.

➤ **Expérimentation 3 :** Un coût initial $C=5000$ DA

Après l'application du recuit simulé, le coût obtenu est de $C=5000$ DA, nous avons obtenu ici un gain nul.

➤ **Expérimentation 4 :** Un coût initial $C=4000$ DA

Après l'application du recuit simulé le coût obtenu est de $C=3010$ DA, nous avons donc un gain de 90 DA.

Par le biais des résultats obtenus pour les expérimentations 1, 2 et 4, nous remarquons que le coût obtenu par l'algorithme de recuit simulé est toujours inférieur au coût initial, nous déduisons qu'il y a eu une optimisation du coût mais ça ne veut en aucun cas dire que c'est le coût optimal.

Par contre dans l'expérimentation 3, nous remarquons que le coût initial est égal au coût choisi comme le coût optimal par la méthode du recuit simulé dans ce cas, nous avons deux possibilités: soit le coût initial est réellement le coût le plus optimale pour cette commande sinon permis les solutions optimale n'a pas été générer par la méthode vu que cette dernière est soumise à plusieurs contrainte comme le nombre d'itération et la stabilisation du système.

Sachant que un des points essentiels dans le recuit simulé, nous avons la température, la figure suivante nous montre le lien entre les températures choisies et les coûts.

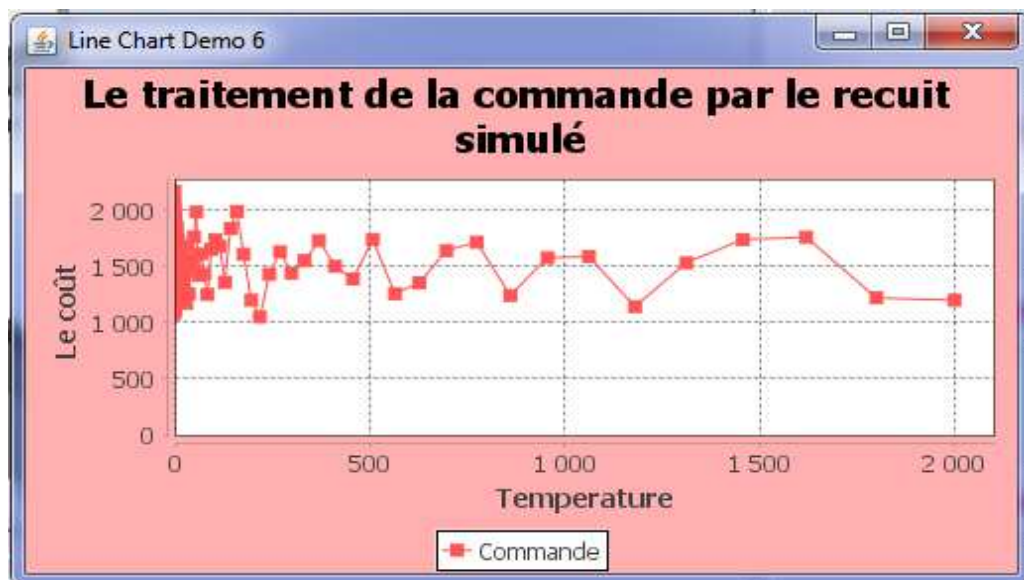


Figure IV.11. Relation entre la température et le coût

IV.5. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté la conception d'un système qui représente l'outil de résolution du problème d'optimisation, nous rappelons que nous avons utilisé Merise et UML à travers les différents diagrammes présentés.

Nous avons aussi défini les différents outils de développements nécessaires à la réalisation de notre application et mis en évidence quelques maquettes d'écrans importantes afin de donner un aperçu des interfaces de notre application.

Enfin, nous avons montré les résultats obtenus à travers l'utilisation du recuit simulé pour l'optimisation des coûts au sein d'une chaîne logistique.

Conclusion générale et perspectives :

➤ Conclusion générale

La gestion des chaînes logistiques est une activité qui a pour but d'établir un lien entre les fonctions de l'entreprise et les opérations selon des modèles cohérents. Cette gestion doit permettre de répondre au mieux aux demandes des clients en termes de coûts, de temps et de qualité.

Dans ce contexte, le domaine de gestion des chaînes logistiques a suscité, ces dernières années, un grand intérêt. Les travaux de recherche présentés dans ce mémoire, dans le cadre de l'optimisation des coûts nous ont mené à proposer et d'implémenter l'algorithme du recuit simulé appliqué à l'optimisation des coûts dans une chaîne logistique.

Comme nous l'avons déjà mentionné dans le mémoire, la résolution d'un problème d'optimisation consiste à utiliser un espace de recherche et à tenter de maximiser ou minimiser une fonction objective donnée.

Notre premier défi a été de comprendre le fonctionnement des chaînes logistiques, pour aboutir à l'idée de nécessité de leur bonne gestion.

Ensuite, nous nous sommes fixé le but est de minimiser les coûts liés à la distribution, le réapprovisionnement et stockage au niveau d'une chaîne logistique présentée dans la problématique.

Dans la première partie de ce mémoire, nous avons d'abord effectué une synthèse globale des chaînes logistiques. Cette synthèse nous a permis de rappeler le principe de fonctionnement de ces chaînes, leur gestion, leurs indicateurs de performances et comment les optimiser.

Dans la deuxième partie, nous nous sommes intéressés à l'optimisation de la planification des activités de production des chaînes logistiques. La portée de la planification couvre les processus principaux (approvisionnement, production, stockage, distribution et vente) de chaque entreprise de la chaîne logistique.

Dans la troisième partie, nous avons repris l'état de l'art que nous avons établi en mini projet pour pouvoir comprendre le fonctionnement et l'utilisation de certaines méthodes d'optimisation telles que les méthodes déterministes et les méthodes stochastiques "Heuristiques et métaheuristiques" pour l'optimisation de certains critères tels que les coûts dans les chaînes logistiques, ceci, dans le but de montrer l'intérêt de l'utilisation du recuit simulé dans notre travail.

Dans la quatrième et dernière partie, nous avons présenté une application de la méthode d'optimisation des chaînes logistiques. Avant cela, nous avons modélisé le système en utilisant les diagrammes UML, à savoir, le diagramme de classes et le diagramme de cas d'utilisation. Les données présentées ont montré l'applicabilité de notre méthode.

➤ Perspectives

Le recuit simulé peut être amélioré en ajoutant un mécanisme de gestion des paliers de températures dynamiques qui assurent la diversification et l'intensification dans la recherche de solution.

Dans le futur, nous proposons aussi ;

- ✚ D'utiliser autre méthode d'optimisation ;
- ✚ D'utiliser une méthode plus évoluée pour le choix des valeurs de paramètres.

Références Bibliographiques :

- [1]: http://www.univ-paris1.fr/fileadmin/diplome_logistique/BARRE_POUR_FLASH/2010_memoire_M2_logistique_-_DUPONCHEL_Diane_2.pdf , **19-01-16**
- [2]: <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000404/01/galasso.pdf> , **19-01-16**
- [3] : <http://pfeda.univ-lille1.fr/iaal/docs/dess2003/log/multimedia/partie1/partie1.html#top>, **19-01-16**
- [4] : http://www3.univ-jijel.dz/elearning/pluginfile.php/1271/mod_resource/content/1/Polycopie_ali_2014.pdf, **09-02-2016**
- [5]: Tayur S., Ganeshan R., M. Magazine. “Quantitative models for supply chain management”. Kluwer Academic Publishers, 1999.
- [6] : New S.J. et P. Payne. Research framework in logistics : three models, seven dinners and a survey. International Journal of Physical Distribution and logistics management, 25 (10), 1995.
- [7]: Poirier C et Reiter S.E. La supply chain, Dunod, 2001.
- [8]: Lee H.L. ET Billington C. Material management in decentralized supply chain, Operations Research, vol 41, n°5, p. 835- 847, 1993.
- [9] : Lohman C., Fortin L., Wouters M., Designing a performance measurement system: A case study, European Journal of Operational Research, Vol.156, p.267 - 286, 2004.
- [10] : Anderson E., Day G. S., Rangan V. K., Strategic channel design, Sloan Management Review, Vol.38, N°3, p.59 - 69, 1997.
- [11]: Buzzel R. D., Ortmeyer G., Channel partnerships streamline distribution, Sloan Management Review, Vol.36, N°2, p.85 - 96, 1995.
- [12]: Lampel J., Mintzberg H., Customizing customization, Sloan Management Review, Vol.37, N°4, p.21 - 29, 1996.
- [13]: Abrahamsson M., Brege S., Structural changes in the supply chain, International Journal of Logistic Management, Vol.8, N°1, p.35 – 45, 1997.
- [14]: Johnson H. T., Kaplan R. S., Relavance lost: The rise and fall of management accounting, Harvard Business School Press, ISBN : 0875842542, 1987.
- [15] : François GALASSO. Aide à la planification dans les chaînes logistiques en présence de demande flexible. Thèse de doctorat Systèmes industriels. L’INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE. 2007.
- [16]: METZ, Supply chain Management, 1991.

- [17]: Asoo J Vakharia, e-business and supply chain management. Decision Sciences; Vol. 33, N 4; ABI/INFORM Global, pg. 495. Fall 2002.
- [18]: Simchi-Levi et Kaminsky. Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies. McGraw Hill Professional, 2003 - 354 pages. 2003
- [19]: Rota-Franz, K., Thierry, C. & Bel, G., 2001. Gestion des Flux dans les chaînes logistiques. Dans Performances industrielles et gestion des flux. Traité IC2. 33 p.
- [20]: Mentzer J.T., Dewitt W., Keebler J.S., Min S., Nix N.W., Smith C.D., Zacharia Z.G., Journal of business logistics Management. Vol 22 n°2, 2001.
- [21]: Aïcha AMRANI-ZOUGGAR. Impact des contrats d'approvisionnement sur la performance de la chaîne logistique : Modélisation et simulation. Thèse de doctorat en productique. Université Bordeaux 1. 2009.
- [22]: M. Julien FRANCOIS. Planification des chaînes logistiques : Modélisation du système décisionnel et performance. THESE de doctorat. Laboratoire de l'Intégration du Matériau au Système – Département Automatique, Productique et Signal, L'UNIVERSITE BORDEAUX 1. 2007.
- [23]: Nayak, N., Bhaskaran, K. et Das, R., Virtual Enterprises – Building Blocks for Dynamic e-Business, in proceedings of Information Technology for Virtual Enterprises workshop IEEE, p. 80 – 87, 29-30 2001.
- [24]: <http://www.fsr.ac.ma/cours/maths/bernoussi/Cours%20C2SI.pdf> , 02-05-2016
- [25]: Lyes Belhoul. Résolution de problèmes d'optimisation combinatoire mono et multi-objectifs par énumération ordonnée. Autre [cs.OH]. Université Paris Dauphine - Paris IX, 2014. Français. <NNT : 2014PA090060>. <tel-01127114>
- [26]: <http://www.cat-logistique.com/optimisation.htm> , 15-05-2016
- [27]: Utilisation des Systèmes Multi Agents pour la Prise de Décision dans les Chaînes Logistiques. Mémoire de Master ingénierie des systèmes d'information, présenté par MEROUANE Amel et NEDJARI Bakhta, encadré par AIT SI LARBI E., université de Mostaganem. Soutenue en 2011.
- [28]: Chu ChenBing , 2008, Leçon inaugurale de la Chaire Supply Chain Management, Ecole Centrale Paris, <https://halshs.archives-ouvertes.fr/hal-00509744/document>
- [29]: http://www.lirmm.fr/~sau/teaching/MathOpt/Cours1_MathOpt.pdf , 12-05-2016
- [30]: Przemyslaw Korytkowski, Tomasz Wisniewski, Simulation-based optimisation of inspection stations allocation in multi-product manufacturing systems, International Journal of Advanced Operations Management 2012-vol.4, No.1/2 pp. 105-123, 10.1504/IJAOM.2012.045893.
- [31]: Mohsen Hamidi, Kambiz Farahmand, S. Reza Sajjadi, Kendall E. Nygard, A hybrid GRASP-tabu search metaheuristic for a Four-Layer Location-Routing Problem, International

Journal of Logistics Systems and Management 2012 -vol.12,No.3 pp. 267-287, 10.1504/IJLSM.2012.047602.

[32]: Mehdi Seifbarghy, Zahra Samadi, A tabu search-based heuristic for a new capacitated cyclic inventory routing problem, International Journal of Mathematics in Operational Research 2014-vol.6 ,No.4 pp. 491-504, 10.1504/IJMOR.2014.063159.

[33]: Ali Azadeh, Sayed Mohammad Asadzadeh, Somayeh Ahmadi Movaghar , Implementation of data envelopment analysis–genetic algorithm for improved performance assessment of transmission units in power industry, International Journal of Industrial and Systems Engineering 2011-vol.8,No.1 pp. 83-103, 10.1504/IJISE.2011.040767.

[34]: Tahera Yesmin, M. Ahsan Akhtar Hasin, Determination of optimal ordering quantity and reduction of bullwhip effect in a multistage supply chain using genetic algorithm, International Journal of Integrated Supply Management 2012- vol.7, No.4 pp. 193-214, 10.1504/IJISM.2012.052768,

[35]: Shi-Jie Chen, Lukasz M. Mazur, Micha S. siadek, Project task flow optimisation and departmental flow analysis using design structure matrix and genetic algorithm, International Journal of Logistics Systems and Management 2013-vol.15,No.1 pp. 68-92, 10.1504/IJLSM.2013.053239

[36]: Dipak Kumar Jana, M. Maiti, T.K. Roy, A fuzzy differential approach to a two plants production-recycling-disposal inventory problem via genetic algorithms, International Journal of Fuzzy Computation and Modeling 2014- vol.1,No.1 pp. 72-96, 10.1504/IJFCM.2014.064228.

[37]: A.N. Balaji, N. Jawahar, A Simulated Annealing Algorithm for a two-stage fixed charge distribution problem of a Supply Chain, International Journal of Operational Research 2010-vol.7,No.2 pp. 192-215, 10.1504/IJOR.2010.030803.

[38]: Nader Ghaffari-Nasab, M. Saeed Jabalameli, Ali Saboury , Multi-objective capacitated location-routing problem: modelling and a simulated annealing heuristic. International Journal of Services and Operations Management . vol.15, No.2 pp. 140-156, 10.1504/IJSOM.2013.053642. 2013.

[39]: Mojtaba Kaveh, Vahid Majazi Dalfard , A simulated annealing algorithm for aggregate production planning with considering of ancillary costs, International Journal of Mathematics in Operational Research. vol.6, No.4 pp. 474-490, 10.1504/IJMOR.2014.063163. 2014.

[40] : Khaled Bahloul. Optimisation combinée des coûts de transport et de stockage dans un réseau logistique dyadique, multi-produits avec demande probabiliste. Journal of Operations Research . 2011.

[41]: M. Mitchell. An Introduction to Genetic Algorithm, MIT Press (1996)

- [42]: Medjahed Ouidad et Kaddour seghir Amel, Implémentation d'un algorithme génétique pour l'optimisation dans les chaînes logistiques , Mémoire de Master en informatique ISI, université de Mostaganem 2011.
- [43]: S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt, et K. P. Vecchi, Optimization by simulated annealing. science. 220 :671–680, 1983. (Cité page 11.)
- [44]: V. Cerný. A thermodynamical approach to the traveling salesman problem : an efficient simulation algorithm. Journal of Optimization Theory and Applications, 45(1) :41–51, 1985. (Cité page 11.)
- [45]: Kirkpatrick, Gelatt et Vecchi // Science, Optimization by Simulated Annealing [Article] , New Series. - 13 Mai 1988. - 4598. - pp. 671-680.
- [46]: Autin Baptiste , Les métaheuristiques en optimisation combinatoire [Rapport]: Mémoire de fin d'études // Conservatoire National Des Arts et Metiers. - PARIS : [s.n.], 2006.
- [47]: Omessaad, H : Contribution au développement de méthodes d'optimisation Stochastiques application à la conception des dispositifs électrotechniques, Thèse de Doctorat, Université De Lille France , 2003.
- [48] : <http://dspace.univ-biskra.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/5235/2/m%C3%A9moire.pdf>, **13-02-2016**
- [49]: Sarra BOUALLAGUI, Techniques d'optimisation déterministe et stochastique pour la résolution de problèmes difficiles en cryptologie, DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL, DES SCIENCES APPLIQUEES DE ROUEN, 2010
- [50]: Lambert veller sylvain , lechevalier david,quirico tommy «Problème de ramassage dans une ville virtuelle - Algorithme Tabu Search »Université de Bourgogne 2010-2011
- [51]: <http://www.fsr.ac.ma/cours/maths/bernoussi/Cours%20C2SI.pdf> , 10-05-2016
- [52]. J. Rumbaugh, I. Jacobson, G. Booch, The Unified Modeling Language Reference Manual, Addison Wesley Longman, 0-201-30998-X, 1999 et 2004.
- [53]. P. Roques, UML 2 par la pratique Etudes de cas et exercices corrigés, Eyrolles, 2-212-12014-1, 2006.
- [54] : <http://air.imag.fr/index.php/StarUML> , **20-05-2016**
- [55] : <http://staruml.sourceforge.net/en/> , **20-05-2016**
- [56] : <http://ipeti.forumpro.fr/t21-definition-de-langage-java-java-script> , **20-05-2016**
- [57]: <http://www.commentcamarche.net/contents/557-java> , **20-05-2016**
- [58]: kouakou estelle , Mmémoire de fin d'étude mastre2 , LES SYSTEMES MULTI-AGENT POUR LA GESTION DES CHAINES LOGISTIQUES , 2013

[59] : <http://www.databasejournal.com/features/mssql/article.php/3769211/What-is-SQL-Server.htm> , **20-05-2016**

[60] : <http://www.scriptol.fr/sql/sql-introduction.php> , **20-05-2016**

[61] : <https://www.techopedia.com/definition/1243/sql-server> , **20-05-2016**