

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences

Département de Mathématiques

Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de master professionnel
En Mathématiques Appliquées à la Gestion.

Thème

*Planification et distribution des produits pétroliers NAFTAL de
Tizi Ouzou*

Présenté par : BOUSSOURA Wassil

Soutenu le 03 novembre 2021, devant le jury composé de :

M^r : M.GOUBI (UMMTO)

M^r : KASDI (UMMTO)

Encadré par :

M^{me} : F. LESLOUS (UMMTO)

Promotion 2020/2021

Remerciement

Je tiens à remercier tout d'abord le bon dieu le tout puissant de m'avoir accordé courage, patience et volonté afin de réaliser ce modeste travail.

Mes profonds remerciements vont à ma promotrice Mme LESLOUS.F, à qui je devrai tout le respect et la gratitude de son aide et ses précieux conseils pour réaliser ce mémoire.

Aussi il m'est très agréable d'exprimer mes meilleures grâces envers les honorables membres de jury, qui ont bien voulu assister à la soutenance de mon mémoire et évaluer mes efforts, j'espère être à la hauteur de la confiance qu'ils ont bien voulu placer en moi et je les remercie d'avance.

Mes sincères remerciements pour le personnel de l'entreprise NAFTAL district OUED AISSI spécialement mon encadreur à l'entreprise Mr OULD KACI .H, Chef de centre du département de distribution et commercialisation et ainsi qu'à Mr AMROUNI.S pour son aide si précieuse, ses conseils et surtout son orientation au sein de l'entreprise.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

A mes parents.

Pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études.

Je vous aime énormément.

A mes grands-parents.

Pour votre accompagnement durant tout mon parcours universitaire, vos prières, vos sacrifices.

A mes deux chères sœurs TINHINANE et MALLAK mes sources d'inspiration et du courage.

A mes tantes et leurs maris, à mes oncles qui m'ont toujours aidé et soutenu.

A la personne que je considère comme un deuxième père, **DJAMEL EDDIN ISMAIL**, qui m'a toujours poussé à donner le meilleur de moi-même, son hospitalité aussi chaleureuse, ses sacrifices et son temps. Trouve ici mon sincère amour infini.

A ma région **AZEFFOUN** et tous ses habitants qui m'ont aidé, Au groupe « **RUSAZUS AUTO STOP AZEFFOUN** » et ses membres. Merci pour tout.

A mes amis(es) qui m'ont aidé à réaliser ce modeste travail, ils se reconnaîtront. Vous avez ma gratitude et mon respect.

A toi mon oncle adoré **ADEL**, je te souhaite longue vie

Wassil

Table des matières

Liste des Tableaux	7
Liste des figures	8
Introduction générale	9
Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise NAFTAL	11
Introduction.....	11
1 Aperçu historique :.....	11
2 Les missions et les moyens de l'entreprise :.....	11
3 Les produits commercialisés par l'entreprise:.....	15
3.1 Les familles de carburant:.....	15
3.2 Les lubrifiants (huiles, graisses):.....	15
3.3 Les pneumatiques:	16
3.4 Le bitume :	16
4 Le réseau national de distribution :	16
4.1 L'approvisionnement :.....	16
4.2 Le ravitaillement :.....	16
4.3 La livraison :	17
5 Présentation du district distribution Tizi Ouzou :	17
5.1 Le centre de stockage et de distribution (CSD) :	18
5.2 La capacité de stockages (OUED AISSI) :	18
5.3 Moyens de transport :	20
Chapitre 2 : Définitions et Généralités	21
Introduction :.....	21
1 Définition et concepts de base de la théorie des graphes	21
1.1 Les graphes :.....	21
1.2 Représentation graphique	21
1.3 Quelques types de graphes :.....	22
1.4 Graphe partiel et sous-graphe :	23
1.5 Degrés.....	24
1.5.1 Degré d'un sommet	24
1.5.2 Degré d'un graphe	25
1.6 Chaines et cycles	25
1.7 Graphes eulériens.....	26

1.8	Graphes hamiltoniens.....	26
1.9	Arbres	26
1.10	Graphes orienté.....	27
1.10.1	Degré d'un sommet d'un graphe.....	27
1.10.2	Chemins et circuits.....	27
2	Flot et Réseau de transport :	28
2.1	Réseau de transport	28
2.2	Type des réseaux :	29
2.3	Flot réalisable :	29
2.4	Valeur d'un flot.....	30
3	Problème du voyageur de commerce	30
3.1	Formulation.....	30
3.2	Méthodes de résolutions	31
3.2.1	Méthodes approchées	31
3.2.2	Méthodes exactes.....	32
3.2.3	Algorithme génétique	32
3.2.4	Algorithme de colonies de fourmis.....	32
4	La programmation linéaire	33
4.1	Qu'est-ce qu'un programme linéaire ?.....	33
4.2	Méthode du simplexe	34
5	Le problème de transport	37
5.1	Définition :	37
5.2	Applications.....	37
5.3	Modélisation	38
5.4	Résolution	38
5.4.1	Principe général	38
5.4.2	Représentation	39
5.4.3	Solution de base initiale	39
5.4.4	Tests d'optimalité	40
5.4.5	Variable entrant en base.....	41
5.4.6	Cycle de changement.....	41
5.4.7	Variable sortant de base	42
5.4.8	Pivotage.....	42
5.4.9	Itérations	42

Chapitre 3 : Problématique	44
Introduction :	44
1 District NAFTAL (OUED AISSI) :	44
2 Collecte de données :	45
2.1 Caractéristiques et observations :	46
2.2 Capacités de stockage de district OUED-AISSI :	46
2.3 Flotte de transport :	47
2.4 Le réseau des stations-service :	50
3 La méthode actuelle de distribution utilisée par l'entreprise :	58
3.1 Réception des commandes :	58
3.2 La Facturation :	59
3.3 La caisse :	59
4 Présentation et explication du problème :	60
Chapitre 4 : Implémentation	62
Introduction :	62
1 Description du logiciel Cplex.....	62
2 Application d'un cas pratique sur Cplex.....	63
2.1 Modèle mathématique.....	63
2.2 Résolution du problème avec cplex :	64
Chapitre 5 : Le Dispatching	69
Introduction :	69
1 Le Dispatching :	69
2 Les étapes d'élaboration d'un programme de distribution :	70
2.1 La réception des commandes :	71
2.2 Révisions et confirmation des commandes	73
2.3 Préparation de la flotte et exécution du programme de transport	73
3 Illustration et application	75
3.1 Prise des commandes :	75
3.2 Préparation de la flotte :	76
3.3 Choix des chauffeurs :	77
3.4 Exécution du programme	78
Conclusion général	80
Bibliographie	81

Liste des Tableaux

Tableau 2. 1 Premier tableau du simplexe	35
Tableau 2. 2 Deuxième tableau du simplexe	36
Tableau 3. 1 Liste des bacs de stockage.....	47
Tableau 3. 2 Liste des camions citernes de la flotte tiers	48
Tableau 3. 3 Liste des camions routiers de la flotte NAFTAL.....	48
Tableau 3. 4 Liste des citernes de la flotte NAFTAL	49
Tableau 3. 5 Liste des camions citernes de la flotte NAFTAL.....	50
Tableau 3. 6 Liste des citernes de la flotte NAFTAL	50
Tableau 3. 7 Liste des stations-service GL.	51
Tableau 3. 8 Liste des stations-service GD.	52
Tableau 3. 9 Liste des stations-service RO.....	53
Tableau 3. 10 Liste des stations-service PVA.....	57
Tableau 4. 1 Les coûts de transport selon le nombre de kilométrages (flotte NAFTAL)	63
Tableau 4. 2 Les coûts de transport selon le nombre de kilométrages (flotte tiers).....	63
Tableau 5. 1 Prise de commande.....	76
Tableau 5. 2 Préparation de la flotte NAFTAL	77
Tableau 5. 3 Préparation de la flotte tiers	77
Tableau 5. 4 La sélection des chauffeurs.....	78
Tableau 5. 5 Le programme de distribution final	78

Liste des figures

<i>Figure 1. 1 Organigramme de l'entreprise NAFTAL</i>	13
<i>Figure 1. 2 L'organigramme de la branche carburante NAFTAL</i>	14
<i>Figure 1. 3 L'organigramme du centre de distribution Tizi Ouzou</i>	19
<i>Figure 4. 1 Page d'accueil CEPLEX</i>	62
<i>Figure 4. 2 Insertion du modèle</i>	65
<i>Figure 4. 3 Insertion des données (flotte propre NAFTAL)</i>	65
<i>Figure 4. 4 les valeurs des X_{ij} (flotte NAFTAL)</i>	66
<i>Figure 4. 5 la valeur de la fonction objective (flotte NAFTAL)</i>	66
<i>Figure 4. 6 Insertion des données (flotte tiers)</i>	67
<i>Figure 4. 7 les valeurs des X_{ij} (flotte tiers)</i>	67
<i>Figure 4. 8 La valeur de la fonction objective (flotte tiers)</i>	67
<i>Figure 5. 1 L'interface du logiciel DISPATCHING</i>	70
<i>Figure 5. 2 Graphe du circuit de distribution Tizi Ouzou</i>	71
<i>Figure 5. 3 Fenêtre réception de commande</i>	72
<i>Figure 5. 4 Fenêtre ajout d'une commande DISPATCH</i>	73
<i>Figure 5. 5 Fenêtre préparation de la flotte</i>	74

Introduction générale

Les mathématiques appliquées sont une branche des mathématiques et une mise en œuvre des connaissances mathématiques pour les besoins de formalisme d'autres sciences (physique, informatique, biologie, astrophysique, ...), ainsi que pour des applications industrielles (ingénierie par exemple). Elles tendent à développer ces outils mathématiques pour répondre à ces demandes, pour résoudre des problèmes posés en termes concrets.

Une des parties essentielles des mathématiques appliquées, est la statistique d'entreprise, qui étudie la résolution des problèmes par l'approche mathématique et une modélisation logistique, en s'appuyant sur la récolte de données et leur traitement à l'aide de plusieurs méthodes comme : l'analyse des données, la régression multiple et aussi la théorie des graphes.

C'est pour cela que beaucoup d'entreprise s'intéressent aux mathématiques appliquées, afin de :

- Optimiser et garantir le bon déroulement de leur production, service et même leur livraison et distribution.
- Apporter des solutions à des problèmes délicats.
- Étudier la structure du marché, ensuite améliorer la production et mettre au point la meilleure stratégie de distribution.
- Développer l'entreprise, par une bonne planification et gestion.

NAFTAL, filiale de SONATRACH, s'occupe exclusivement des activités de distribution et de commercialisation des produits pétroliers sur tout le territoire national. Les coûts de transport de ces produits représentent une part importante des charges d'exploitation. Pour chaque processus économique, le phénomène de coût demeure un indice très significatif du degré de performance commerciale des entreprises, d'où l'importance de l'optimisation de la distribution des carburants. A cela s'ajoute le souci de l'entreprise de satisfaire l'ensemble de ses clients et de les approvisionner sans impliquer des ruptures de stock et elle est tenue d'assurer la livraison du produit commandé à une date souhaitée.

Tout au long de notre travail, on s'intéressera beaucoup plus à la planification et distribution des produits pétroliers, l'un des principaux enjeux économique et géostratégique dès son exploitation dans les différents domaines notamment l'industrie.

L'approvisionnement du pays en produits pétroliers est une nécessité qui relève de la considération stratégique. L'accroissement rapide du parc automobile national ces dernières

années impose à l'Etat d'augmenter sans cesse la production, les capacités de stockage et de distribution des essences (super et sans plomb) et du gazoil, pour les rendre disponibles à tout moment au niveau de tous les points de vente carburants. L'Etat assure ainsi la couverture des besoins du marché national en ces produits essentiels à l'économie du pays et à sa sécurité énergétique. Autrement dit, il doit maintenir un équilibre entre l'offre et la demande aux niveaux national et régional. Mais les problèmes liés à la gestion de ces activités proviennent en général de la disparité des points de vente de carburants (stations-services), du manque des moyens de transport, des difficultés dans certains cas : les plans et programmes de distributions en raison de la pression exercée sur la demande par la clientèle sur ces produits notamment en période estivale.

Cependant, notre objectif tout au long de cette étude et de s'engager à étudier la préférence de cette planification et distribution, afin d'essayer de proposer des solutions qui permettront de minimiser les charges au cheminement et la distribution des produits, tout en définissant le plan de travail suivant :

Dans le premier chapitre, on commencera à présenter l'entreprise NAFTAL, tout en évoquant son historique, on se basera probablement sur les caractéristiques du district Tizi Ouzou (oued -Aissi). Le deuxième chapitre sera consacré aux définitions et généralités sur les méthodes de résolutions adaptées à notre problème. Le troisième chapitre consiste à énoncer la problématique. Au quatrième chapitre on traitera l'implémentation de l'application développée et l'interprétation des résultats, suivi d'un cinquième chapitre qui pour but de présenté logiciel dispatching ainsi sa méthode utiliser afin d'établir un plan de transport, illustrer par un exemple de distribution journalière définie par NAFTAL. On termine le travail par une conclusion générale.

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise NAFTAL

Introduction

Après la nationalisation des hydrocarbures en 1971, sa gestion a été confiée à l'entreprise nationale **SONATRACH** qui est divisée en plusieurs filiales ayant chacune des tâches spécifiques, tel que **NAFTEC** (société national de raffinage du pétrole) et **NAFTAL** (entreprise national de commercialisation des produits pétroliers).

Dans ce premier chapitre nous allons d'abord présenter l'entreprise **NAFTAL** où nous avons effectué notre stage, à savoir son historique, nous donnons aussi ses missions, le réseau national de distributions et l'organigramme du département commercial qui est chargé de la commercialisation des produits pétroliers.

1 Aperçu historique : [9]

- L'entreprise nationale **NAFTAL** a été créé par le décret N°80/11 du 06 avril 1980, elle été entrée en activité janvier 1982, chargée du raffinage et de la distribution des produits pétroliers (ERDP).
- Par le décret N°80/187 du 27/08/1987, L'activité raffinage est séparée de
- l'activité distribution et dévolue à une nouvelle entité **NAFTEC**. **NAFTAL** est chargée uniquement de la commercialisation et de la distribution des produits pétroliers et dérivés.
- En 1998, elle change de statut et devient société par action (SPA), filiale 100% de **SONATRACH**, son capitale est fixé à 6.650.000 DA, en août 2002 il est passé respectivement à 12.650.000 DA, et en novembre de la même année son capitale est de 15.650.000.000 DA.
- Le décret N°5540 du 15 décembre 1999, la création de trois (3) divisions :
 - CLP (carburant, lubrifiant, pneumatique, et bitume).
 - GPL (gaz de pétrole liquéfié).
 - AVM (aviation, maritime).

La direction générale a opéré les réajustements suivants depuis 01 janvier 2004.

2 Les missions et les moyens de l'entreprise :

A) Missions

Les activités de **NAFTAL** consistent à commercialiser les produits pétroliers à travers l'organisation et la gestion d'un réseau de distribution sur le territoire national, Elle intervient aussi dans les domaines suivants :

- L'enfûtage des GPL.
- La formulation des bitumes
- Le transport, le stockage et la commercialisation des carburants, GPL et les produits spéciaux.
- L'organisation et le développement de l'activité de commercialisation et de distribution des produits pétroliers et dérivés.

Différentes branches de NFTAAL:

- Branche commercialisation.
- Branche carburants.
- Branche lubrifiants, pneumatique et bitumes.
- Branche activités internationales et partenariats.
- Branche GPL.

Au début de l'année 2000, cette unité se répartit en deux zones distinctes :

- La zone CLP (Carburant, lubrifiant, pneumatique, bitume).
- La zone GLP (Gaz de Pétrole Liquéfié).

B) Moyens

○ Moyens humains :

L'entreprise NAFTAL dispose d'un effectif de 30 000 agents dont 25 000 permanents.

Le personnel permanent se répartit comme suit :

- 2800 Cadres.
- 7500 agents de maîtrise.
- 9800 agents d'exécution sur un total de 19700.

○ Moyens de stockage et de transport :

Afin de stocker, conditionner et distribuer ses produits, l'entreprise dispose d'une infrastructure assez importante, capable de répondre aux besoins nationaux.

NAFTAL dispose de :

- 65 centres et dépôts de distribution et de stockage de CLP.
- 240 centres marins.
- 49 dépôts relais de stockage GPL.
- 06 centres vrac GPL.
- 3 600 véhicules de distribution.
- 840 KM de canalisation opérationnelle et de 350 KM de canalisation à réaliser.

Le réseau de distribution s'étend au long de **1846** stations-services dont :

- 329 stations en Gestion Direct.
- 339 stations Gestion Libre.
- 235 stations de Revendeurs Ordinaires.
- 1100 points de vente GPL.
- 806 points de vente agréés et 1500 Revendeurs lubrifiants agréés.

L'organigramme de l'entreprise NAFTAL :

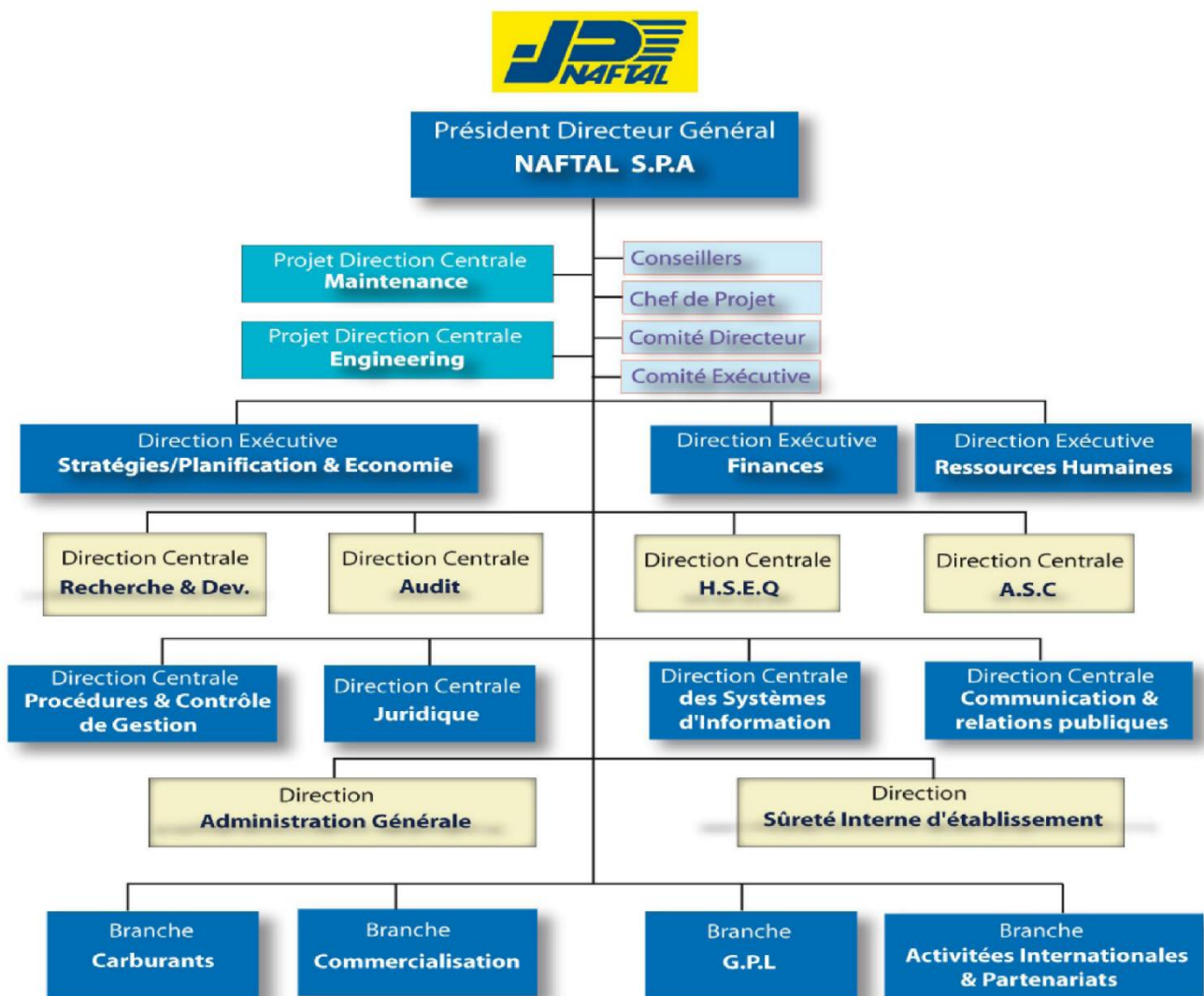


Figure 1. 1 Organigramme de l'entreprise NAFTAL

L'organigramme de la branche carburante NAFTAL

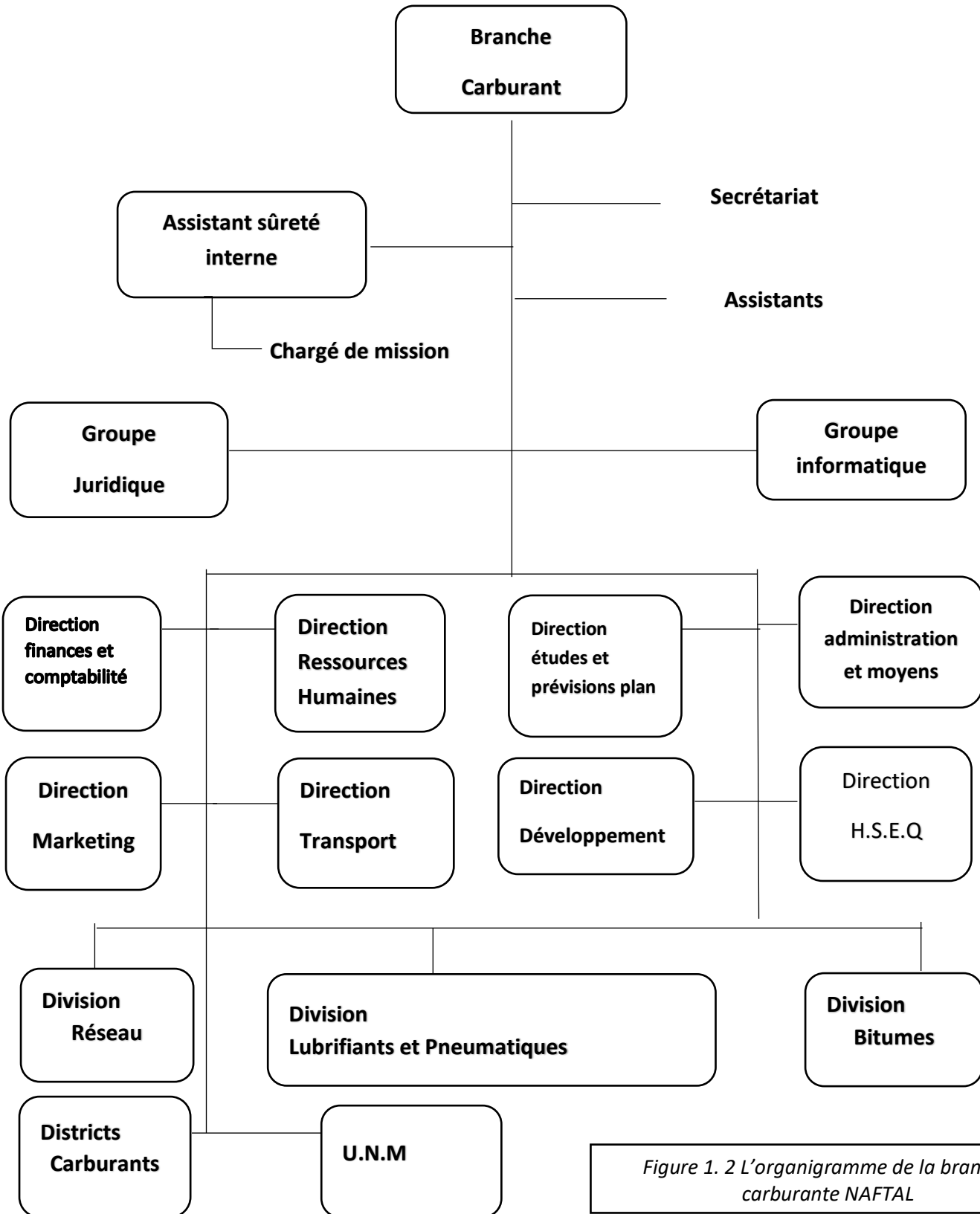


Figure 1. 2 L'organigramme de la branche carburante NAFTAL

3 Les produits commercialisés par l'entreprise: [17]

3.1 Les familles de carburant:

a) Les carburants « terre » :

- Essence super.
- Essence Sans Plomb.
- Gasoil.
- GPL/Carburant.

b) Les carburants Aviation :

- Le carburéacteur Jet A1
- Le Kérosène (Jet déclassé)
- L'essence AVGAS 100LL

c) Les carburants Marine :

- Le fuel oïl Bunker C
- Le fuel oïl BTS
- Le gasoil

d) Les gaz Pétrole Liquéfiés - GPL- :

- Le butane conditionné.
- Le butane vrac.
- Le propane conditionné.
- Le propane en vrac.

3.2 Les lubrifiants (huiles, graisses):

A travers son réseau de distribution étendu sur l'ensemble du territoire national, NAFTAL commercialise une gamme complète de lubrifiants qui couvre toutes les applications du secteur automobile et industriel.

Un lubrifiant est une substance, matière onctueuse, liquide ou solide. Servant à atténuer les frottements, et l'usure des pièces mécaniques, d'évacuer la chaleur et de prévenir la corrosion.

Dans cette partie on va présenter les différentes variétés de lubrifiants utilisé par de nombreux clients :

- Les huiles à moteurs diesel.
- Les huiles à moteurs essence.
- Les huiles de transmission.
- Les huiles industrielles.
- Les huiles spéciales automobiles.

- graisses pour les rouages.
- Les lubrifiants et produits spéciaux synthétiques pour moteurs d'avions.
- Les lubrifiants marins.

3.3 Les pneumatiques:

Le pneumatique est le seul point de contact entre le véhicule et la route. Il est constitué de caoutchouc, d'adjuvants chimiques et de câbles textiles et métalliques.

Grâce à ses infrastructures de stockage et son réseau de distribution, NAFTAL commercialise des pneumatiques de grandes marques dans les catégories de véhicules les plus diverses :

- Tourisme, Camionnette, Poids lourds, Industriel, Manutention, Agricole, Génie civil.

3.4 Le bitume :

Matière essentielle pour la construction routière, les travaux d'étanchéité et d'isolation(BTP) sur le marché national. Le bitume est constitué d'un mélange d'hydrocarbures, très visqueuse, solide à la température ambiante et de couleur noire. Pour être utilisé le bitume est séparé du pétrole brut par distillation en raffinerie. Il est le produit pétrolier le plus lourd.

4 Le réseau national de distribution :

NAFTAL étant donné une entreprise qui se spécialise, dans la distribution des produits pétroliers. Elle est confrontée à de nombreux obstacles, dans ce domaine. Pour cela, elle doit bien prélever les produits finis situés dans leurs points de fabrication, ensuite les acheminer dans les meilleures conditions possibles, afin de bien assurer leurs arrivées dans les différents centres de consommation.

D'une manière générale, l'activité de NAFTAL est constituée de trois maillons principaux qui sont :

4.1 L'approvisionnement :

C'est une relation entre la source et le centre de stockage primaire (entrepôts). C'est l'action d'acheminer des produits pétroliers d'une raffinerie vers un centre primaire soit par pipe ou par capotage (bateau).

4.2 Le ravitaillement :

C'est le transfert du stock entre l'entrepôt et les centres de stockages secondaires (dépôts). C'est l'action d'acheminer des produits pétroliers d'un centre primaire vers un centre secondaire soit par rail (train) ou par des camions (wagon citerne). Les dépôts n'ont aucune liaison avec les raffineries et chaque entrepôt couvre un ensemble de dépôts.

4.3 La livraison :

C'est une phase finale qui intervient au niveau du réseau de distribution ; elle a pour rôle d'assurer la disponibilité des produits dans les zones de consommations (stations-services). Le transport de carburants vers les stations se fait entièrement par des camions citernes.

La livraison se fait de deux manières différentes :

a) La livraison directe :

Consiste à livrer des produits carburants d'un centre secondaire vers les clients en utilisant des camions propres à NAFTAL. Et en cas de problèmes de disponibilité des camions citernes, NAFTAL fait appel à des transporteurs privés pour assurer la livraison et respecter le délai convenue.

b) La livraison en droiture :

Consiste à livrer des produits d'un centre primaire directement vers le client. C'est-à-dire de l'entrepôt d'Alger vers le client avec des camions privés que l'entreprise a loué. D'une manière générale les raffineries approvisionnent tous les gros consommateurs : clients industriels, aéroports, entreprises de travaux routiers, etc. Ainsi pratiquement toutes les ventes de fuel lourd et de bitumes font l'objet de livraison en droiture.

5 Présentation du district distribution Tizi Ouzou : [9]

Le District de Tizi-Ouzou se situe au niveau de la zone industrielle AISSAT IDIR à OUED-AISSI à environ 13 Km du chef-lieu de Tizi-Ouzou.

Par ailleurs, il assure la gestion, l'organisation, la promotion et le développement de l'activité de distribution des carburants terre, lubrifiants, produits spéciaux et pneumatiques. Il veille aussi sur la commercialisation des produits et la modernisation du réseau des stations – service.

Afin d'assurer sa pérennité et de garder sa bonne place sur le marché, le District COM analyse, étudie et met en œuvre toutes les actions susceptibles à renforcer sa position par rapport à ses concurrents.

5.1 Le centre de stockage et de distribution (CSD) :

Le **CSD** de Tizi-Ouzou est implanté sur une surface de 10 hectares dans la zone industrielle d'Oued-AISSI, il a été mis en marche le 02/02/2001.

Il est doté d'installation annexe et générale, d'unités de stockages et de distribution des carburants et d'un hangar de stockage pneumatiques et lubrifiants. La capacité de stockage du CSD est de 30000 m^3 de carburants et 2000 m^3 d'huiles usagées.

Le centre reçoit, stocke, vend et distribue les carburants, il s'approvisionne auprès des unités de **CARROUBIER** et **d'EL HARRACH**.

5.2 La capacité de stockages (OUED AISSI) :

L'entreprise stocke deux types de produit : **essence super** et **gasoil**, ils sont stockés dans 6 bacs de capacités différentes :

- 2 bacs de 8000 m^3 (TK1, TK2) et 1 bac de 5000 m^3 (TK3) pour stocker le gasoil.
- 1 bac de 5000 m^3 (TK4) pour stocker l'essence sans plomb.
- 2 bacs de 2000 m^3 (TK5, TK6) pour stocker l'essence super.

En général le centre de stockage et de distribution (CSD) de Tizi Ouzou possède une capacité totale de stockage de 30000 m^3 .

L'organigramme du centre de distribution Tizi Ouzou :

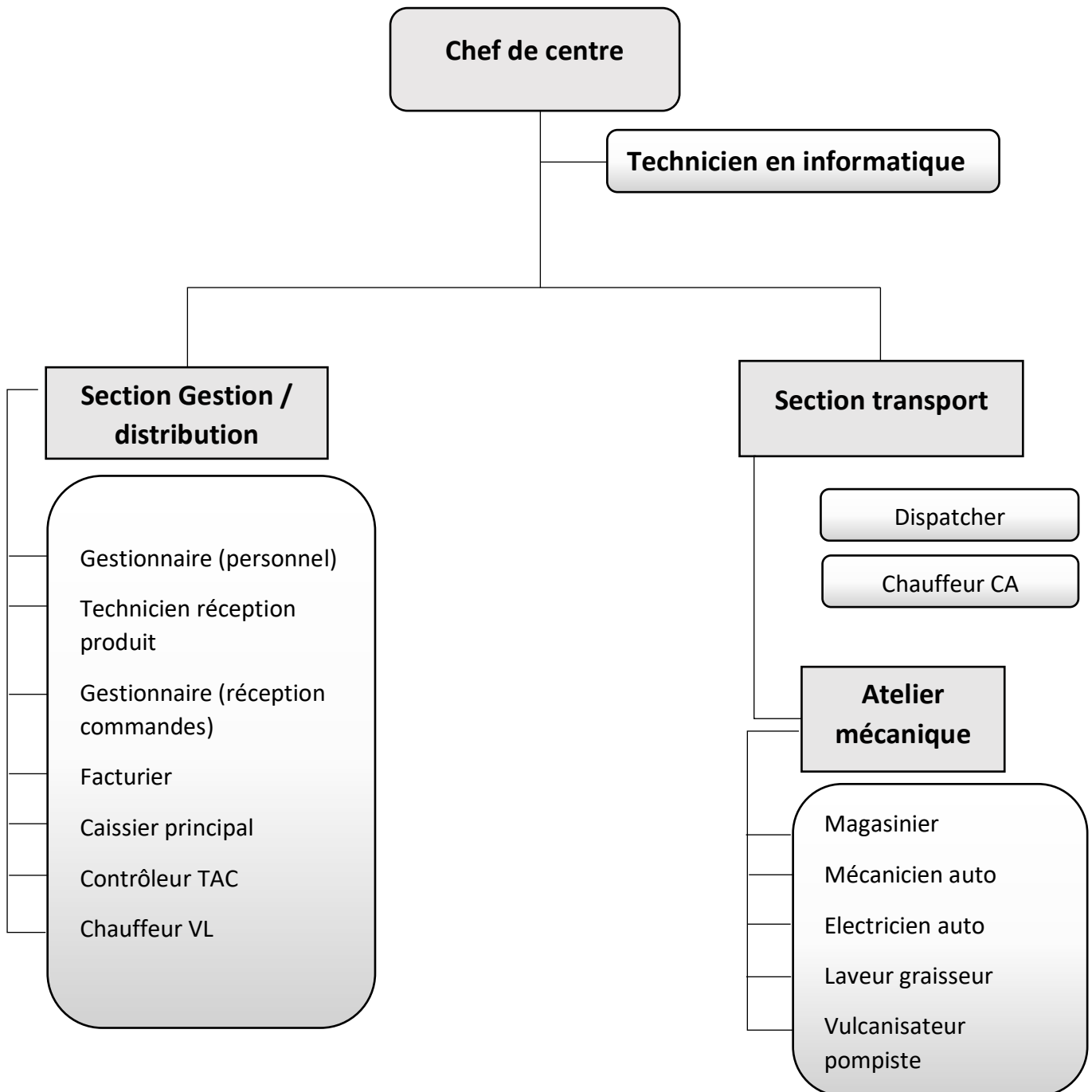


Figure 1. 3 L'organigramme du centre de distribution Tizi Ouzou

5.3 Moyens de transport :

NAFTAL met en œuvre des moyens spécifiques et efficaces afin de permettre le bon déroulement du ravitaillement en matière de carburant, cependant la livraison ce fait par des camions spéciaux, permettant de s'alimenter directement de la source, c'est à dire directement de l'entrepôt d'Alger (caroubier) afin de satisfaire toutes les commandes de la clientèle du **C.S.D** de TIZI OUZOU (OUED AISSI).

Le centre de stockage et de distribution (C.S.D) a en disposition une flotte d'attelages qui contient :

- Des attelages propres à NAFAL.
- Des attelages appartenant aux privés conventionnés avec NAFTAL.

Conclusion :

NAFTAL, meneur et acteur primordial et précieux dans ce domaine de distribution et de la commercialisation des carburants à travers tout le territoire national.

Elle doit à tout prix assuré que la distribution et la commercialisation se passe dans de bonnes conditions, planifier et optimiser les couts afin de minimiser les pertes et éviter tout problème survenu durant ses transactions et livraisons.

Elle est obligée donc de satisfaire les besoins des consommateurs en permanence et rendre le produit disponible en évitant toute tension ou rupture de stock.

Mais cette planification demande des stratégies et des prises de décision et surtout une bonne gestion qui est l'objectif de notre mémoire : expliquer la planification et la distribution utilisée au sein de l'entreprise et essayer d'apporter un plus, en la comparant avec les techniques de planification moderne.

Chapitre 2 : Définitions et Généralités

Introduction :

La théorie des graphes constitue un outil puissant pour schématiser les modèles des liens et relations entre les objets. L'étude des graphes a commencé depuis le 18^e siècle par un problème de curiosité mathématique lorsqu'Euler a posé le célèbre problème du pont de Königsberg (Kaliningrad). Ces deux dernières décennies la théorie des graphes a suscité un intérêt exponentiel essentiellement grâce à son rôle comme des modèles d'optimisation et de calculs explicites nécessitant la conception et l'analyse de plusieurs algorithmes. En outre de son rôle éminent dans l'informatique, les mathématiques appliquées (analyse numérique matricielle), la biologie, la physique (circuits électriques), la chimie..., la théorie des graphes est devenue l'un des instruments les plus efficaces pour résoudre de nombreux problèmes discrets que pose de nombreuses théories très utiles telles que la recherche opérationnelle et l'économie.

L'objet de ce chapitre est d'exposer les aspects théoriques, des solutions utilisées pour résoudre ce problème, qu'est l'acheminement des produits pétroliers à travers la wilaya de Tizi Ouzou. Nous nous baserons donc sur les définitions simplifiées et les propriétés énoncées au cours de cette exposition de ce chapitre.

1 Définition et concepts de base de la théorie des graphes

1.1 Les graphes : [8]

Un graphe fini $G = (V, E)$ est défini par l'ensemble fini $V\{v^1, v^2, \dots, v^n\}$ dont les éléments sont appelés **sommet** (vertice en anglais), et pour l'ensemble fini $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ dont les éléments sont appelés **arêtes** (Edges en anglais). Une arête e de l'ensemble E est définie par une paire non ordonnée de sommets, appelés les extrémités de e . Si i l'arête e relie les sommets a et b , on dira que ces sommets sont adjacents, ou incidents avec e , ou bien que l'arête e est incidente avec les sommets a et b .

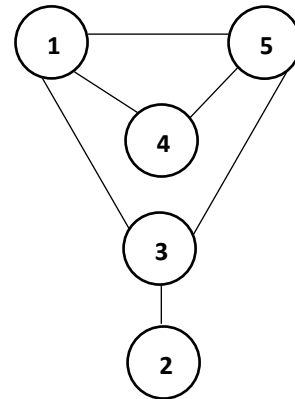
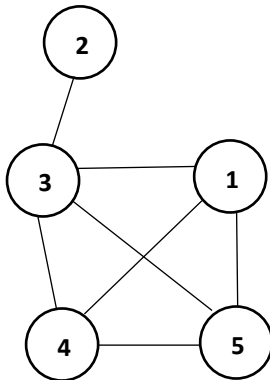
On appelle ordre d'un graphe le nombre de sommets n de ce graphe¹

1.2 Représentation graphique [8]

Les graphes tirent leurs noms du fait qu'on peut les représenter par des dessins. A chaque sommet de G , on fait correspondre un point distinct du plan et on relie les points correspondant aux extrémités de chaque arête. Il existe donc une infinité de représentations d'un graphe. Les arêtes ne sont pas forcément rectilignes. Si on peut dessiner un graphe G dans un plan sans qu'aucune arête n'en coupe une autre (les

¹ DIDIER.M introduction à la théorie des graphes, CRM, cahier N°6, 2012, P3

arêtes ne sont pas forcément rectilignes), on dit que G est planaire. Le graphe G ci-dessus est planaire.²



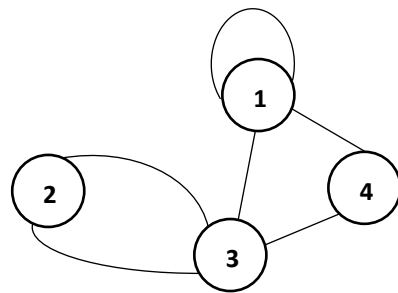
Une représentation non planaire du graphe G (des arêtes se croisent)

Une représentation planaire de G

1.3 Quelques types de graphes : [6]

Un graphe est simple si au plus une arête relie deux sommets et s'il n'y a pas de boucle sur un sommet.

Un Multigraphe est défini s'il existe une arête qui relie un sommet à lui-même (une boucle), ou plusieurs arêtes reliant les deux mêmes sommets.



Multigraphe

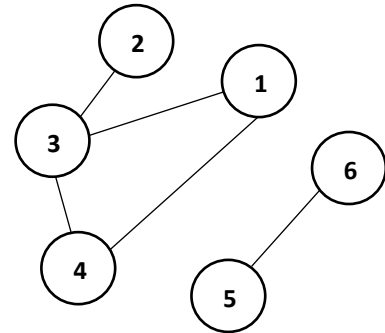
Un graphe est **connexe** si il est possible, à partir de n'importe quel sommet, de rejoindre tous les autres en suivant les arêtes.

Un graphe **non connexe** se compose en composantes connexes. Sur le graphe ci-dessous, les composantes connexes sont $\{1, 2, 3, 4\}$ et $\{5, 6\}$ ³

² DIDIER.M introduction à la théorie des graphes, CRM, cahier N°6, 2012, P3

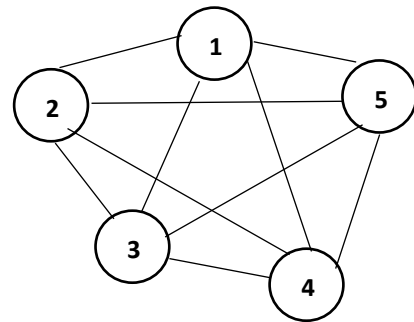
³ CORMEN.T et LEISERSON.C et RIVEST, Introduction à l'algorithmique, Editions Dunond, 1997.

- Graphe non connexe :
 $V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$
 $E = \{\{1, 3\}, \{1, 4\}, \{2, 3\}, \{3, 4\}, \{5, 6\}\}$



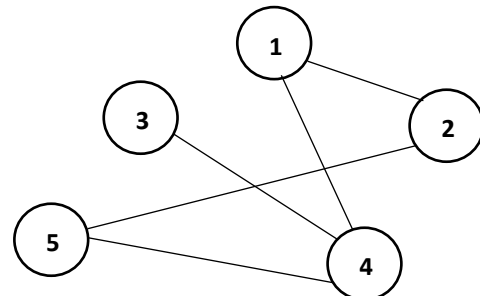
Un graphe **complet**⁴ s'il est simple et chaque sommet du graphe est relié directement à tous les autres sommets. Et il est noté par K_n , où n représente le nombre de sommet.

- Graphe complet K_5
 $V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$
 $E = \{\{1, 2\}, \{1, 3\}, \{1, 4\}, \{1, 5\}, \{2, 3\}, \{2, 4\}, \{2, 5\}, \{3, 4\}, \{3, 5\}, \{4, 5\}\}$



Un graphe **biparti**⁵ si ses sommets peuvent être divisés en deux ensembles X et Y , de sorte que toutes les arêtes des graphes relient un sommet dans X à un sommet dans Y (dans l'exemple ci-dessous, on a $X = \{1, 3, 5\}$ et $Y = \{2, 4\}$ ou vice versa).

- Graphe biparti
 $V = \{1, 2, 3, 4, 5\}$
 $E = \{\{1, 2\}, \{1, 4\}, \{2, 5\}, \{3, 4\}, \{4, 5\}\}$.



1.4 Graphe partiel et sous-graphe : [7]

Soit $G = (V, E)$ un graphe. Le graphe $G' = (V, E')$ est un **graphe partiel** de G , si E' est inclus dans E . Autrement dit, on obtient G' en enlevant une ou plusieurs arêtes au graphe G .

Pour un sous-ensemble de sommets A inclus dans V , le **sous-graphe** de G induit par A est le graphe $G = (A, E(A))$ dont l'ensemble des sommets est A et l'ensemble des arêtes $E(A)$ est formé de toutes les arêtes de G ayant leurs deux extrémités dans A . Autrement dit, on obtient G' en enlevant un ou plusieurs sommets au graphe G , ainsi que toutes les arêtes incidentes à ces sommets.⁶

⁴ BONDY.J et MURTY.U, Théorie des graphes, 2eme Edition, 2007, p16.

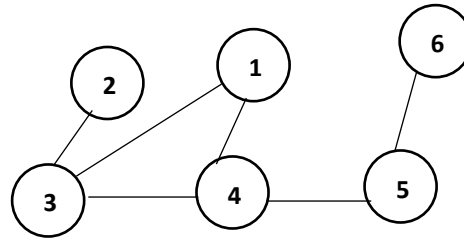
⁵ GIVRY.S et SCHIEX.T, Introduction à la théorie des graphes, 2013, P.9.

⁶ COSTA.M, Note de cours : Optimisation dans les graphes, Paris, 2014, P.6

– **Graphe G**

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

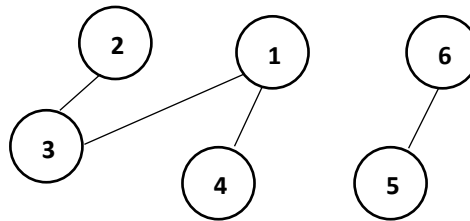
$$E = \{\{1, 3\}, \{1, 4\}, \{2, 3\}, \{3, 4\}, \{4, 5\}, \{5, 6\}\}.$$



– **Graphe partiel de G**

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

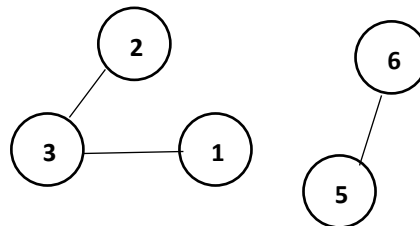
$$E = \{\{1,3\}, \{1,4\}, \{2,3\}, \{5,6\}\}$$



– **Sous-graphe de G**

$$V = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

$$E = \{\{1, 3\}, \{2, 3\}, \{5, 6\}\}$$



1.5 Degrés

1.5.1 Degré d'un sommet [12]

On appelle degré du sommet v , et on note $d(v)$, le nombre d'arêtes incidentes à ce sommet.

Remarque : une boucle sur un sommet compte double arête. Dans un graphe simple, on peut aussi définir le degré d'un sommet comme étant le nombre de ses voisins (la taille de son voisinage).⁷

Dans le Multigraphe ci-contre, on a les degrés :

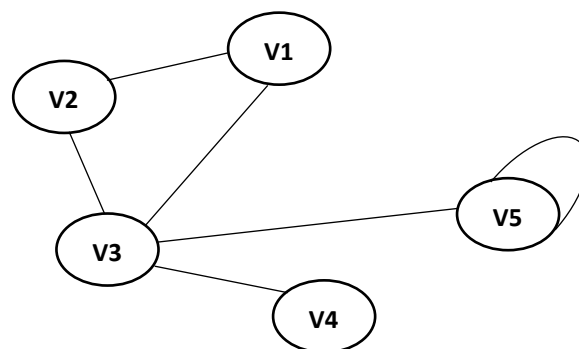
$$d(V1) = 2$$

$$d(V2) = 2$$

$$d(V3) = 4$$

$$d(V4) = 1$$

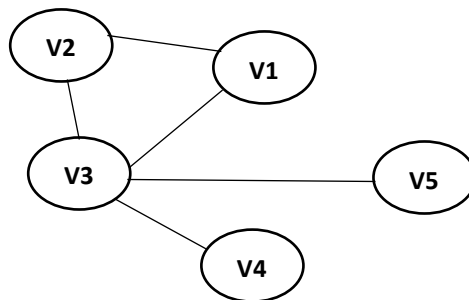
$$d(V5) = 3$$



⁷ HAMROUNI.B, Désambiguïation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles, université du Québec, 2008, P.31.

1.5.2 Degré d'un graphe

Le degré d'un graphe est le degré maximum de tous ses sommets. Dans l'exemple ci-dessous, le degré du graphe est 4, à cause du sommet V3.



Un graphe dont tous les sommets ont le même degré est dit **régulier** si le degré commun est k , alors on dit que le graphe est K -régulier⁸

1.6 Chaines et cycles [13]

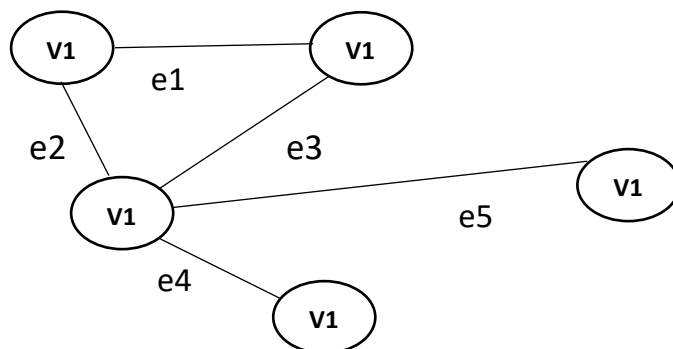
Une chaîne dans G , est une suite ayant pour éléments alternativement des sommets et des arêtes, commençant et se terminant par un sommet, tel que chaque arête est encadrée par ses extrémités.⁹

Remarque 1 : on dira que la chaîne relie le premier sommet de la suite au dernier sommet.

Remarque 2 : la longueur d'une chaîne est le nombre d'arêtes de cette chaîne

Le graphe ci-dessous contient entre autres les chaînes

$(v_1, e_1, v_2, e_2, v_3, e_5, v_5)$ Et $(v_4, e_4, v_3, e_2, v_2, e_1, v_1)$.



On ne change pas une chaîne en inversant l'ordre des éléments dans la suite correspondante. Ainsi, les chaînes :

$(v_1, e_3, v_3, e_4, v_4)$ et $(v_4, e_4, v_3, e_3, v_1)$ sont identiques.

Un cycle dans G , est une suite ayant pour éléments alternativement des sommets et des arêtes, commençant par un sommet et termine par le même sommet, autrement dit un cycle et une chaîne fermée.

⁸ HAMROUNI.B, Désambiguïsation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles, université du Québec, 2008, P.32.

⁹ LABELLE.J, Théorie des graphes Modulo, CANADA, 1981, P.13.

1.7 Graphes eulériens [5]

On appelle cycle **eulérien**¹⁰ d'un graphe G un cycle passant une et une seule fois par chacune des arêtes de G . Un graphe est dit eulérien s'il possède un cycle eulérien. On appelle chaîne eulérienne d'un graphe G une chaîne passant une et une seule fois par chacune des arêtes de G . Un graphe ne possédant que des chaînes eulériennes est semi-eulérien.

Plus simplement, on peut dire qu'un graphe est eulérien (ou semi-eulérien) s'il est possible de dessiner le graphe sans lever le crayon et sans passer deux fois sur la même arête.

1.8 Graphes hamiltoniens

On appelle un cycle **hamiltonien**¹¹ d'un graphe G un cycle passant une seule fois par chacun des sommets de G .

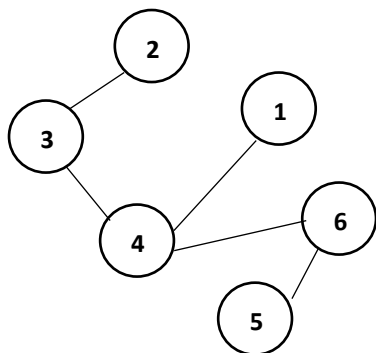
Un graphe est dit hamiltonien s'il possède un cycle hamiltonien.

On appelle chaîne hamiltonienne d'un graphe G une chaîne passant une et une seule fois par chacun des sommets de G . un graphe ne possédant que des chaînes hamiltoniennes est semi-hamiltonien.

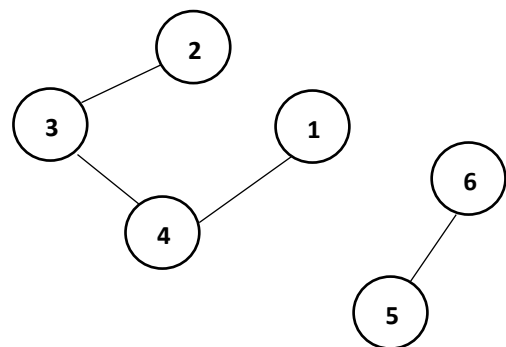
1.9 Arbres [8]

On appelle **arbre** tout graphe connexe sans cycle. Un graphe sans cycle mais non connexe est appelé une **forêt**¹².

Une **feuille** ou **sommet pendent** est un sommet de degré 1.



Arbre : les sommets 1, 2 et 5 sont les feuilles



Forêt : les sommets 1, 2, 5 et 6 sont les feuilles

¹⁰ BRETTO.A et AL, Eléments de théorie des graphes, Springer, Paris, 2012 P.50

¹¹ IPID, P.55.

¹² DIDIER.M introduction à la théorie des graphes, CRM, cahier N°6, 2012, P24

1.10 Graphes orienté

En donnant un sens aux arêtes d'un graphe, on obtient un **digraphe**¹³ (ou graphe orienté). « Diagraphe » est la contraction de l'expression anglaise « directed graph ».

Un digraphe fini $G = (V, E)$ est défini par l'ensemble fini $V\{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ dont les éléments sont appelés sommets et par l'ensemble fini $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ dont les éléments sont appelés arcs.

Un arc e de l'ensemble E est défini par une paire ordonnée de sommets. Lorsque $e = (u, v)$, on dit que l'arc e va de u à v. on dit aussi que u est l'extrémité initiale et v l'extrémité finale de e.

1.10.1 Degré d'un sommet d'un graphe

Soit v un sommet d'un graphe orienté.

On note $d^+(v)$ degré extérieur du sommet v, c'est à dire le nombre d'arc ayant v comme extrémité initiale.

On note e $d^-(v)$ degré intérieur du sommet v, c'est à dire le nombre d'arc ayant v comme extrémité finale¹⁴. On définit le degré :

$$D(v) = d^+(v) + d^-(v)$$

1.10.2 Chemins et circuits

Un chemin conduisant du sommet a au sommet b est une suite ayant pour éléments alternativement des sommets et des arcs, commençant et se terminant par un sommet, telle que chaque arc est encadré à gauche par son sommet origine et à droite par son sommet de destination. On ne peut pas donc prendre les arcs à rebours.

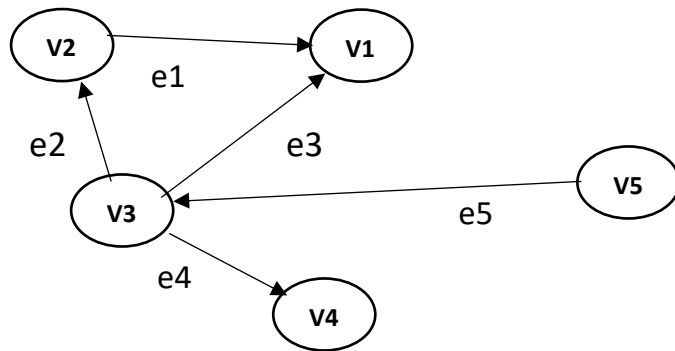
Sur le diagraphe ci-après, on peut voir par exemple le chemin $(v_3, e_2, v_2, e_1, v_1)$. Par convention, tout chemin compte au moins un arc.

On appelle distance entre deux sommets d'un diagraphe la longueur du plus petit chemin les reliant. S'il n'existe pas de chemin entre les sommets :

x et y , on pose $d(x, y) = \infty$. Par exemple sur le digraphe ci-dessous,
 $d(v_5, v_4) = 2, d(v_4, v_5) = \infty, d(v_3, v_1) = 1$

¹³ HAMROUNI.B, Désambiguïsation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles, université du Québec, 2008, P.30.

¹⁴ DOLAMA.M, Contribution à l'étude de quelques problèmes de graphes, Thèse de Doctorat : informatique, université de Bordeaux 1, 2005, P.11.



Un circuit est un chemin dont les sommets de départ et de fin sont les mêmes. Le diagramme ci-dessus ne contient pas de circuit. Les notions de chemins et de circuits sont analogues à celles des chaînes et des cycles pour les graphes non orientés.¹⁵

2 Flot et Réseau de transport :

En théorie des graphes, un **réseau de flot** (aussi appelé **réseau de transport**) est un graphe orienté où chaque arête possède une capacité et peut recevoir un flot (ou flux). Le cumul des flots sur une arête ne peut pas excéder sa capacité. Un graphe orienté est souvent appelé réseau en recherche opérationnelle. Les sommets sont alors appelés des nœuds et les arêtes des arcs. Pour qu'un flot soit valide, il faut que la somme des flots atteignant un nœud soit égale à la somme des flots quittant ce nœud.¹⁶

2.1 Réseau de transport [3]

Un réseau de transport noté $\mathcal{R} = (G = (V, \vec{E}), s, t, c)$ est formé de :

- $G = (V, \vec{E})$ un graphe orienté.
- $s \in V$ appelé sommet source.
- $t \in V$ appelé sommet destination ou puits.
- $c : \vec{E} \rightarrow \mathbb{N}, \mathbb{Q}^+$ fonction capacité (à chaque arc $(i, j) \in \vec{E}$ est associée une capacité $c(i, j) \geq 0$).

Remarque :

- s et t sont deux sommets particuliers de G .¹⁷

¹⁵ RIGO.M, Notes de cours : Théorie des graphes, Université de Liège, 2009, P.22.

¹⁶ <https://fr.wikipedia.org/>

¹⁷ Sylvie Borne, Flots dans les réseaux Algorithmique de graphes, université-paris 13, 2012, p5.

2.2 Type des réseaux :

- Réseaux routiers.
- Réseaux de transports en commun.
- Réseaux de gaz.
- Réseaux d'eau.
- Réseaux d'ordinateurs.
- Réseaux de neurones.
- Réseaux sociaux.¹⁸
-

2.3 Flot réalisable :

Soit $\mathcal{R} = (G = (V, \vec{E}), s, t, c)$ un réseau, un flot f dans \mathcal{R} est une application \mathbb{N}, \mathbb{Q}^+ .

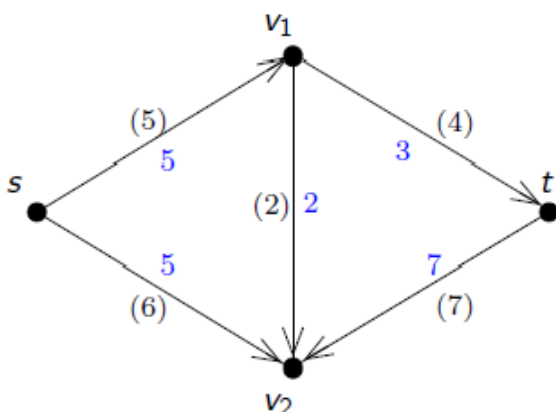
Un flot f est réalisable dans \mathcal{R} si :

- contrainte de capacité
 $0 \leq f(i, j) \leq c(i, j) \forall (i, j) \in \vec{E}$
- contraintes de conservation de flot (Loi de Kirchhoff)

$$\sum_{i/(i,j) \in \vec{E}} f(i, j) - \sum_{\substack{k \\ j,k \in \vec{E}}} f(j, k) = 0 \forall j \in V \setminus \{s, t\}$$

(Quantité qui entre dans j = quantité qui sort de j)¹⁹

Exemple :



(?) Capacité

X flot

Contraintes de capacité : OK.

Contraintes de conservation de flot : Ok.

En v_1 : $5 - 2 - 3 = 0$

En v_2 : $5 + 2 - 7 = 0$

Le flot est réalisable.

¹⁸ Michel. Bierlaire, Graphes et réseaux, école polytechnique fédérale Lausanne, p2 ... 8.

¹⁹ Sylvie Borne, Flots dans les réseaux Algorithmique de graphes, université-paris 13, 2012, p7

2.4 Valeur d'un flot

Soit $\mathcal{R} = (G = (V, \vec{E}), s, t, c)$ un réseau.

La valeur d'un flot f réalisable entre s et t est la quantité de flot envoyée de s à t . on la note F et :

$$F = \sum_{i/(s,i) \in \vec{E}} f(s,i) - \sum_{j/(j,s) \in \vec{E}} f(j,s) = \sum_{i/(i,t) \in \vec{E}} f(i,t) - \sum_{j/(t,j) \in \vec{E}} f(t,j)$$

Exemple :

Ici, la valeur du flot est de 10. ($F = 5 + 5 = 3 + 7 = 10$).²⁰

3 Problème du voyageur de commerce²¹ [14]

Le "problème du voyageur de commerce", ou TSP (pour Traveling Salesman Problem), est le suivant : un représentant de commerce ayant n villes à visiter souhaite établir une tournée qui lui permette de passer exactement une fois par chaque ville et de revenir à son point de départ pour un moindre coût, c'est-à-dire en parcourant la plus petite distance possible. C'est un des problèmes les plus anciennement et largement étudiés en optimisation combinatoire

Ses applications sont nombreuses. Par exemple, les problèmes de transport, sont plus complexes que le TSP mais présentent une structure sous-jacente de type TSP.

3.1 Formulation

Soit $G = (X, U)$, un graphe dans lequel l'ensemble X des sommets représente les villes à visiter, ainsi que la ville de départ de la tournée, et U , l'ensemble des arcs de G , représente les parcours possibles entre les villes.

À tout arc $(i, j) \in U$, on associe la distance de parcours $d_{i,j}$ de la ville i à la ville j . La longueur d'un chemin dans G est la somme des distances associées aux arcs de ce chemin. Le TSP se ramène alors à la recherche d'un circuit hamiltonien (i.e. Un chemin fermé passant exactement une fois par chacun des sommets du graphe) de longueur minimale dans G . Dans le cas où il existe certains arcs $(i, j) \in U$ pour lesquels $d_{i,j} \neq d_{j,i}$ on parle de TSP asymétrique.

On peut formuler le TSP de manière équivalente en associant à chaque couple (i, j) de villes à visiter ($i = 1$ à n , $j = 1$ à n et $i \neq j$) une distance $\delta_{i,j}$ égale à $d_{i,j}$ s'il existe

²⁰ Sylvie Borne, Flots dans les réseaux Algorithmique de graphes, université-paris 13, 2012, p8.

²¹ Catherine Mancel, Modélisation et résolution de problèmes d'optimisation combinatoire issus d'applications spatiales, thèse de doctorat, 'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, 2004.

un moyen d'aller directement de i à j (*i.e.*, $(i, j) \in U$ dans G), fixée à ∞ sinon et une variable de succession, $x_{i,j}$ binaire, qui prend la valeur 1 si la ville j est visitée immédiatement après la ville i dans la tournée et qui prend la valeur 0 sinon. Le TSP est alors modélisé par :

$$\begin{aligned} \min & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \delta_{i,j} \cdot x_{i,j} \\ \text{s.c.} & \sum_j x_{i,j} = 1 \quad \forall i = 1..n \\ & \sum_i x_{i,j} = 1 \quad \forall j = 1..n \\ & \sum_{i \in S, j \notin S} x_{i,j} \geq 2 \quad \forall S \subset X, S \neq \emptyset \\ & x_{i,j} \in \{0,1\} \quad \forall i = 1..n \quad \forall j = 1..n \end{aligned}$$

Les deux premières contraintes traduisent le fait que chaque ville doit être visitée exactement une fois ; la troisième contrainte interdit les solutions composées de sous-tours disjoints, elle est généralement appelée contrainte d'élimination des sous-tours.

3.2 Méthodes de résolutions²² [18]

Il existe deux grandes catégories de méthodes de résolution : les méthodes exactes et les méthodes approchées. Les méthodes exactes permettent d'obtenir une solution optimale à chaque fois, mais le temps de calcul peut être long si le problème est compliqué à résoudre.

Les méthodes approchées, encore appelées heuristiques, permettent quant à elles d'obtenir rapidement une solution approchée, mais qui n'est donc pas toujours optimale.

3.2.1 Méthodes approchées

Étant donné que le problème du voyageur de commerce a été, et continue à être largement étudié du fait de sa complexité et du nombre important de problèmes dérivés, il existe de nombreux algorithmes d'approximation. Chacun a ses avantages et ses inconvénients. La méthode retenue ne sera pas le même selon que l'on privilégie le temps de calcul, la qualité de la solution, ou encore le choix entre plusieurs solutions.

- **algorithmes gloutons** : dont l'un des plus connus est la méthode par insertion.
- **L'algorithme du plus proche voisin** : qui peut lui aussi être considéré comme un algorithme glouton, est également simple.
- **La méthode de l'élastique** : pas facile à mettre en œuvre, mais l'idée reste simple. Comme son nom l'indique, elle repose sur un élastique dont la

²² <https://interstices.info/>

propriété est de s'étirer tout en gardant une force l'empêchant de se détendre.

- **L'algorithme de descente locale** : donne aussi rapidement de bons résultats.
- **L'algorithme du recuit simulé** : inspiré du processus de refroidissement et réchauffement d'un métal pour minimiser son énergie, peut être utilisée pour améliorer l'algorithme de descente locale. En effet, ce dernier algorithme se termine assez rapidement, puisqu'il n'autorise à explorer que les solutions améliorant les précédentes.
- **La recherche tabou** : très utilisée pour de nombreux problèmes, est encore une amélioration de la descente locale. Elle converge vite vers une bonne solution. Le principe est similaire : à partir d'une solution, appelée solution courante, l'algorithme explore d'autres solutions en appliquant un opérateur de voisinage.

3.2.2 Méthodes exactes

Pour le problème du voyageur de commerce, l'une des méthodes exactes les plus classiques et les plus performantes reste la Procédure par Séparation et Evaluation (PSE). Cette méthode repose sur le parcours d'un arbre de recherche. Dans un chemin de cet arbre, le premier nœud représente la ville de départ, son successeur la deuxième ville visitée, puis la troisième ville visitée, etc. À chaque étape de l'algorithme, on crée autant de nœuds qu'il reste de villes à visiter. À chaque nœud, le choix consiste à sélectionner la prochaine ville à visiter parmi les villes restantes.

3.2.3 Algorithme génétique

Les premiers algorithmes génétiques ont fait leur apparition vers les années 1970. L'idée d'un algorithme génétique est tirée de la théorie darwinienne de l'évolution. Chaque groupe d'individus (animaux, espèces végétales...), appelé aussi population, donne lieu à une génération suivante par reproduction sexuelle. Ce type d'algorithme est intéressant pour obtenir plusieurs solutions de bonne qualité. En effet, à la fin de l'algorithme, la population est constituée des meilleures solutions trouvées.

3.2.4 Algorithme de colonies de fourmis

Les algorithmes s'inspirant des colonies de fourmis sont assez récents dans le domaine de l'optimisation. Ils ne sont pas encore en mesure de rivaliser avec les meilleurs algorithmes classiques, mais leurs résultats ont vite progressé.

Le principe de l'algorithme s'appuie sur l'aptitude des fourmis à éviter les obstacles et à toujours trouver un plus court chemin entre deux points. Lorsque plusieurs fourmis effectuent des allers-retours entre deux points A et B, pour rapporter de la nourriture par exemple, elles se mettent au fur et à mesure à emprunter le plus court chemin entre A et B.

4 La programmation linéaire ²³ [1]

Est une discipline de la recherche opérationnelle qui a pour objet de déterminer la meilleure solution qui satisfait les contraintes du problème. Les domaines d'application de la programmation linéaire sont très nombreux. En général, les problèmes de PL consistent à répartir des ressources (par exemple l'argent, la matière première, les produits finis) entre les différentes unités économiques.

4.1 Qu'est-ce qu'un programme linéaire ?

- **Un programme linéaire (PL) :**

Est un programme consistant à minimiser ou à maximiser une fonction objectif à plusieurs variables de décision soumises à un ensemble de contraintes exprimées sous forme d'équations linéaires.

- **Forme canonique d'un programme linéaire**

$$Z(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max \setminus \min$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1 \quad (R_1)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2 \quad (R_2)$$

$$\vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m \quad (R_m)$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0$$

- **Forme standard d'un Programme Linéaire :**

On transforme les inégalités des contraintes économiques en égalité par introduction de variables supplémentaires positives ou nulles appelées variables d'écarts.

$$a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n \leq b_i \text{ devient } a_{i1}x_1 + a_{i2}x_2 + \dots + a_{in}x_n + t_i \leq b_i$$

D'où la forme standard est :

$$Z(x) = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max \setminus \min$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n + t_1 \leq b_1 \quad (R_1)$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n + t_1 \leq b_2 \quad (R_2)$$

$$\vdots$$

²³ M.AIDEN B.OUKACHA, Recherche Opérationnelle, programmation linéaire.2005.

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n + t_m \leq b_m \quad (R_m)$$

$$x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; \dots; x_n \geq 0; t_1 \geq 0; t_2 \geq 0; \dots; t_m \geq 0$$

D'où:

$$\left\{ \begin{array}{ll} Z(x) & : \text{ fonction à maximiser ou à minimiser} \\ x_{i,j} = 1, \dots, n & : \text{ variables de décision} \\ R_1, R_2, \dots, R_m & : \text{ désignent les égalités ou inégalités} \\ c_1, c_2, \dots, c_n & : \text{ sont des constantes réelles (coût)} \\ a_{ij}; i = 1 \dots m, j = 1 \dots n & : \text{ sont des constantes réelles} \\ b_{ij}, i = 1 \dots n & : \text{ sont des constantes réelles} \end{array} \right.$$

4.2 Méthode du simplexe

▪ Principe du simplexe :

La première étape dans la méthode du simplexe réside en l'introduction, dans la forme standard du programme linéaire, de certaines variables artificielles. On aboutit ainsi à un problème auxiliaire, se présentant sous forme canonique par rapport à une base réalisable. C'est alors que l'algorithme du simplexe est utilisé. Il consiste en une suite d'opérations de pivotage désignée sous le nom de phase I ; l'objet dans la phase I est de trouver une solution réalisable de base initiale, si elle existe. Si la forme canonique finale de cette phase met en évidence une telle solution, on applique à nouveau l'algorithme du simplexe dans une deuxième série d'opération de pivotage, désignée sous le nom de phase II. L'objet de la phase II est de trouver une solution optimale parmi les solutions réalisables de base.

Phase I :

Dans la majorité des problèmes rencontrés en pratique, les programmes linéaires sont rarement présentés par rapport à une base réalisable. Tel est le cas lorsque le modèle ne contient pas de variables d'écart pour certaines équations ou encore lorsque les variables d'écart ont des coefficients négatifs. La phase I de la méthode du simplexe, permet en utilisant l'algorithme du simplexe d'aboutir à une solution réalisable de base (si elle existe), permettant de servir de point de départ pour la phase II.

Phase II :

Cette phase consiste à déterminer une solution optimale du problème, en appliquant directement l'algorithme du simplexe lorsque le problème se présente avec une solution réalisable de base initiale, sinon en utilisant comme solution de base initiale celle dégagée par la phase I.

▪ L'algorithme du simplexe :

Soit le programme linéaire (P) écrit sous forme canonique par rapport à la base j .

$$\left\{ \begin{array}{l} \min Z + Z^* = C^* X \\ A^{\circ} X = b^{\circ} \\ X \geq 0 \end{array} \right. \quad \dots (1)$$

Avec :

$$\begin{aligned} A^* &= (A^j)^{-1} A^j \\ b^* &= (A^j)^{-1} b \\ C^* &= C^j - \pi A^j \\ \pi &= C^j (A^j)^{-1} \\ Z^* &= \pi b \end{aligned}$$

On suppose que le programme linéaire est écrit sous forme canonique par rapport à la base j .

- Choisir un indice s tel que : $C^s \geq 0$... (2)
- S'il existe aller à (3) ... (2.1)
- Sinon, Terminer. La solution considéré est optimal ... (2.2)
- Soit $I = \left\{ \frac{C^k}{a_{kj}} \geq 0 \right\}$... (3)
- Si $I \neq \emptyset$, aller en (4) ... (3.1)
- Sinon terminer, le programme n'admet pas de solution. ... (3.2)
- Choisir $r \in I$ tel que $\frac{b_r}{a_{rj}} = \min \left\{ \frac{b_k}{a_{kj}} \right\}$... (4)
- Effectuer le changement de base au tour de a_{rj} , aller à (2) ... (5)

Exemple :

$$\begin{cases} \max Z(x) = 2x_1 + x_2 \\ x_1 + 2x_2 \leq 5 \\ x_1 - x_2 \leq 10 \\ x_j \geq 0 \quad i = \overline{1,2} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \max Z(x) = 2x_1 + x_2 \\ x_1 + 2x_2 + x_3 = 5 \\ x_1 - x_2 + x_4 = 10 \\ x_j \geq 0 \quad i = \overline{1,4} \end{cases}$$

Dressons le premier tableau du simplexe :

	C	2	1	0	0	
BASE	B	a_1	a_2	a_3	a_4	θ_j
x_3	5	1	2	1	0	$\theta = 5$
x_4	10	1	-1	0	1	$\theta = 10$
	E_j	-2	-1	0	0	

Tableau 2. 1 Premier tableau du simplexe

Soit $X = (0, 0, 5, 10)$ solution de base réalisable.

$$A_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad j = \{x_1, x_2, x_3, x_4\} \quad C'_B = (C_3, C_4) = (0, 0)$$

$$J_B = (x_3, x_4) \quad J_H = (x_1, x_2)$$

$$E_1 = C'_B A_B^{-1} a_1 - C_1 \Rightarrow E_1 = (0, 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix} - 2 = -2$$

$$E_2 = C'_B A_B^{-1} a_2 - C_2 \Rightarrow E_2 = (0, 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ -1 \end{pmatrix} - 1 = -1$$

$$E_3 = C'_B A_B^{-1} a_3 - C_3 \Rightarrow E_3 = (0, 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} - 0 = 0$$

$$E_4 = C'_B A_B^{-1} a_4 - C_4 \Rightarrow E_4 = (0, 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} - 0 = 0$$

$$\theta_j = \min \frac{x_j}{x_{j0}} \quad x_{j0} > 0$$

$$\theta_3 = \frac{x_3}{x_{31}} = \frac{5}{1} = 5 \quad \theta_4 = \frac{x_4}{x_{41}} = \frac{10}{1} = 10$$

- La variable entrante est $\min E_j$, donc soit x_1 .
- La variable sortante est $\min \theta_j$, donc soit x_3 .

Déterminons alors la nouvelle solution en dressant le deuxième tableau du simplexe:

	C	2	1	0	0	
BASE	B	a_1	a_2	a_3	a_4	θ_j
x_1	5	1	2	1	0	$\theta = 5$
x_4	5	0	-3	-1	1	$\theta = 5$
	E_j	0	3	2	0	

Tableau 2. 6 Deuxième tableau du simplexe

$$J_B = (x_1, x_4) ; \quad J_H = (x_2, x_3) ; \quad A_B = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} ; \quad C'_B = (C_1, C_4) = (2, 0)$$

$$E_2 = C'_B A_B^{-1} a_2 - C_2 \Rightarrow E_2 = (2, 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 2 \\ -3 \end{pmatrix} - 1 = 3$$

$$E_3 = C'_B A_B^{-1} a_3 - C_3 \Rightarrow E_3 = (2, 0) \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \end{pmatrix} - 0 = 2$$

$$\theta_1 = \frac{x_1}{x_{13}} = \frac{5}{1} = 5 \quad \theta_4 = \frac{x_4}{x_{44}} = \frac{5}{1} = 5$$

$E_j \geq 0 \quad \forall j$, Le critère d'optimisation est vérifié $\Rightarrow X^* = (5, 0, 0, 5)$ est la solution optimale du problème, avec $Z^* = 10$.

5 Le problème de transport ²⁴ [4]

5.1 Définition :

Le problème de transport est défini comme suit :

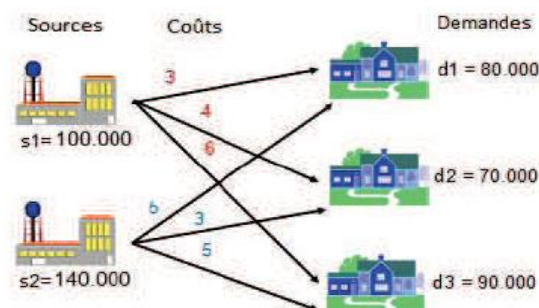
- Ayant un ensemble de m sources S_1, \dots, S_m avec des capacités respectives s_1, \dots, s_m (**offre**).
- Ayant un ensemble de n destinations D_1, \dots, D_m avec des demandes respectives d_1, \dots, d_m (**demande**).
- Ayant des coûts de transport des sources vers les destinations : $c_{ij}, i=1, \dots, m; j = 1, \dots, n$

Déterminer quelles sont les quantités x_{ij} à transporter des sources vers les destinations à moindre coût.

5.2 Applications

- Transport de marchandises, produits finis, produits semi-finis, etc...
- Transport de matières premières.
- Transport d'électricité, de gaz, de pétrole, etc...

Exemple : Un centre de distribution de produits carburants a deux dépôts de stockage à CAROUBIER et OUED-AISSI, ainsi que trois stations à alimenter à AZEFFOUN, BOUGHNI et ROUIBA. Les capacités de stockage des deux dépôts, les demandes des stations-services ainsi que les coûts (en milliers de DA) de transport sont données dans la figure ci-dessous.



²⁴ BOUDHAR.M, cour RO2MIR, transport et distribution, Université de science et technologie Houari Boumediene, 2021.

5.3 Modélisation

Le modèle général d'un problème de transport est :

$$\text{minimiser } \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{s.c. } \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq s_i ; i = 1, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} = d_j ; j = 1, \dots, n \\ x_{ij} \in \mathbb{N} ; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \end{cases}$$

Si on a $\sum_{i=1}^m s_i = \sum_{j=1}^n d_j$, le problème est dit équilibré.

5.4 Résolution

5.4.1 Principe général

L'algorithme pour le problème de transport est basé sur l'algorithme du simplexe en tenant compte de la structure du problème.

Le problème dual est :

$$\text{maximiser } \sum_{i=1}^m a_i u_i + \sum_{j=1}^n b_j v_j$$

$$\text{s.c. } u_i + v_j \leq c_{ij}; i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$$

Condition d'optimalité : $x_{ij} > 0 \Rightarrow u_i + v_j - c_{ij} = 0$ ($i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n$).

Les étapes de la méthode (dite Stepping-Stone, tremplin) sont :

1. Utiliser un tableau contenant toutes les données du problème.
2. Déterminer une solution de base admissible pour le primal.
3. Arrêter si les conditions d'optimalité sont vérifiées.
4. Déterminer la variable entrant en base.
5. Déterminer le cycle de changement.
6. Déterminer la variable sortant de la base.
7. Pivotage (déterminer une nouvelle solution).
8. Aller à 3.

Le problème de transport « équilibré » admet toujours une solution optimale qui est une solution de base. L'algorithme du transport s'appuie sur cette propriété et consiste à transformer une solution de base admissible en une nouvelle solution de base admissible dont le coût total soit inférieur ou égal à celui de l'ancienne.

5.4.2 Représentation

La représentation par tableau est :

	AZEFFOUN	BOUGHNI	ROUIBA	Capacité
OUED-AISSI	5 000	4 000	3000	100 000
CAROUBIER	4 000	3 000	4000	140 000
Demande	80 000	70 000	90 000	

Pour simplifier les calculs nous utilisons le tableau suivant :

	AZEFFOUN	BOUGHNI	ROUIBA	Capacité
OUED-AISSI	5	4	3	100
CAROUBIER	4	3	4	140
Demande	80	70	90	

5.4.3 Solution de base initiale

Détermination d'une solution de base initiale par des heuristique "gloutonnes" (pas besoin de la méthode des deux phases). Les plus utilisées sont :

1. Méthode du Coin Nord-Ouest.
2. Méthode des moindres coûts.
3. Méthode d'approximation de Vogel (heuristique de Ballas-Hammer).
4. Méthode de Russell.
5. Méthode des demandes et offres résiduelles.

Coin Nord-Ouest :

1. Partir du coin supérieur gauche du tableau ;
2. Allouer le plus possible à la cellule courante et ajuster l'offre et la demande ;
3. Se déplacer d'une cellule vers la droite (demande nulle) ou le bas (offre nulle) ;
4. Répéter jusqu'au moment où toute l'offre est allouée.

Exemple :

	AZEFFOUN	BOGHNI	ROUIBA	capacité
OUED AISSI	5	4	3	100
	80	20		
caroubier	4	3	4	140
		50	90	
Demande	80	70	90	

$$\text{Coût} = 5 \times 10 + 3 \times 90 + 4 \times 70 + 3 \times 70 = 810.$$

Moindres coûts :

1. Sélectionner la cellule de coût minimum;
2. allouer le plus possible à la cellule courante et ajuster l'offre et la demande ;
3. sélectionner la cellule de coût minimum ayant une demande et une offre non nulles ;
4. répéter jusqu'au moment où toute l'offre est allouée.

Exemple :

	AZEFFOUN	BOUGHNI	ROUIBA	Capacité
OUED-AISSI	5	4	3	100
	10		90	
CAROUBIER	4	3	4	140
	70	70		
Demande	80	70	90	

$$\text{Coût} = 5 \times 10 + 3 \times 90 + 4 \times 70 + 3 \times 70 = 810.$$

5.4.4 Tests d'optimalité

Dans une solution de base admissible, les cases du tableau sont réparties en deux catégories :

- Les cases de base qui correspondent aux variables de base (ayant une valeur > 0).
- Les cases hors base qui correspondent aux variables hors base (ayant une valeur nulle).

Détermination des valeurs des variables duales (des cases colorées en bleu) :

1. $m + n - 1$ équations à $m + n$ inconnus : fixé $u_1 = 0$. (pour faciliter les calculs, on peut initialiser à 0 la variable u_i dont la ligne possède le plus grand nombre de variables de base)
2. Résoudre le système d'équations : $u_i + v_j = c_{ij}$ pour tout $x_{ij} > 0$.

Détermination des coûts marginaux (des cases non colorées) : $c'_{ij} = c_{ij} - u_i - v_j$.

Décision : Si les coûts marginaux de toutes les cases hors base sont ≥ 0 , on conclut qu'il n'est pas possible de diminuer la valeur de la fonction objectif et que la solution de base courante est optimale. Sinon on doit donc continuer les itérations pour améliorer la solution courante.

Exemple (Coin Nord-Ouest) : Nous avons :

$$u_1 + v_1 = 5, u_1 + v_2 = 4, u_2 + v_2 = 3, u_2 + v_3 = 4. \text{ Et } u_1 = 0.$$

La solution est indiquée sur le tableau ainsi que les coûts marginaux (en rouge).

	$v_1 = 5$	$v_2 = 4$	$v_3 = 5$	
$u_1 = 0$	5 80	4 20	3 (-2)	100
$u_2 = -1$	4 (0)	3 50	4 90	140
	80	70	90	

Ce tableau contient un coût marginal négatif, on doit donc continuer les itérations.

5.4.5 Variable entrant en base

Parmi les cases hors base admettant un coût marginal négatif, on choisira une case dont le coût marginal est le plus grand en valeur absolue. Cette case (ou la variable x_{ij} associée) va devenir case (ou variable) de base. Elle est qualifiée de case (ou de variable) entrante.

Pour le tableau précédent, la variable entrante est x_{13} .

5.4.6 Cycle de changement

On détermine le cycle de changement qui permet de calculer l'impact sur le coût total de la décision de donner à x_{13} la valeur Δ plutôt que 0. Ce cycle démarre de la variable entrante, passe par des variables de base et revient à la variable entrante.

	$v_1 = 5$	$v_2 = 4$	$v_3 = 5$	
$u_1 = 0$	5 80	4 $20 - \Delta$	3 (-2) $+\Delta$	100
$u_2 = -1$	4 (0)	3 $50 + \Delta$	4 $90 - \Delta$	140
	80	70	90	

Remarque 1 En général, il n'existe qu'un seul cycle de changement pour toute case hors base.

5.4.7 Variable sortant de base

On doit d'abord calculer la valeur maximale de Δ .

Nous avons $20 - \Delta > 0$ et $90 - \Delta > 0$, donc $\Delta = \min\{20, 90\} = 20$.

La variable sortante est donc x_{12} .

5.4.8 Pivotage

Il s'agit de remplacer, dans le cycle, Δ par sa valeur maximale, puis de calculer les nouvelles valeurs des variables. Les contraintes de l'offre et de la demande sont toujours vérifiées.

Le nouveau tableau est :

	AZEFFOUN	BOUGHNI	ROUIBA	Capacité
OUED-AISSI	5	4	3	100
	80		20	
CAROUBIER	4	3	4	140
		70	70	
Demande	80	70	90	

$$\text{Coût} = 5 \times 80 + 3 \times 20 + 3 \times 70 + 4 \times 70 = 950.$$

5.4.9 Itérations

	$v_1 = 5$	$v_2 = 2$	$v_3 = 3$	
$u_1 = 0$	5	(2) 4	3	100
	$80 - \Delta$		$20 + \Delta$	
$u_2 = 1$	(-2) 4	3	4	140
	$+\Delta$	70	70 - \Delta	
	80	70	90	

Cette solution n'est pas optimale.

Variable entrante = x_{21} ; $\Delta = 70$.

Variable sortante = x_{23} .

Le nouveau tableau est :

	$v_1 = 5$	$v_2 = 4$	$v_3 = 3$	
$u_1 = 0$	5	4 (0)	3	100
	10		90	
$u_2 = -1$	4	3	4 (2)	140
	70	70		
	80	70	90	

Les coûts marginaux de toutes les cases hors base sont ≥ 0 , on conclut que cette solution est optimale.

$$\text{Coût} = 5 \times 10 + 3 \times 90 + 4 \times 70 + 3 \times 70 = 810.$$

Conclusion

Plusieurs méthodes et concepts théoriques ont été présentés dans ce chapitre. Des méthodes de la théorie des graphes, celle de l'optimisation linéaire, problème de transport ont été abordés dans le but d'obtenir des solutions afin de présenter et résoudre la problématique.

Dans ce contexte nous présenterons dans le chapitre qui suit la récolte de données ainsi que la représentation de la problématique et les contraintes du problème.

Chapitre 3 : Problématique

Introduction :

Les hydrocarbures représentent une ressource énergétique indispensable pour la société NAFTAL. Les produits dérivés du pétrole s'immiscent dans leur quotidien de façon insoupçonnée, bien au-delà de l'usage évident des carburants. Depuis de nombreuses années, l'entreprise est engagée auprès de leurs partenaires, en leur garantissant l'acheminement des carburants dont ils ont besoin avec une sécurité maximale. NAFTAL opère ce service pour leurs clients à travers tout le territoire national.

Étant un district commercial spécialisé dans la commercialisation des produits pétroliers plus précisément le carburant, le centre de distribution met en œuvre des stratégies et des méthodes qui permettent de bien garantir le bon déroulement des transactions entre l'entreprise et ses clients.

Cependant le centre affronte de jour en jour des défis et des obstacles, il veille toujours à trouver les meilleures solutions afin de satisfaire tous les clients rattachés à ce district.

La distribution est simple mais rude en même temps, le district est bien organisé, schématiquement : [voir annexe ...] La gestion de cette tâche est difficile et complexe. Gérer la distribution serait de prévoir, organiser, diriger et contrôler le processus d'informations et d'actions requises pour obtenir le produit voulu au moment et à l'endroit précis où il est nécessaire.

Grace à notre stage passé au sein de l'entreprise NAFTAL, plus précisément, le district NAFTAL (Oued-Aissi) nous pouvons aborder dans ce chapitre les caractéristiques, ainsi que la structure et la méthode de distribution ancienne et moderne du district. Pour cela nous entamerons ce chapitre par une brève présentation de ce centre de distribution, et de plus la récolte de données, pour ensuite entrer dans le vif du sujet.

L'entreprise NAFTAL, entreprise publique économique, est tenue d'assurer le transport de carburants afin de garantir leur disponibilité au niveau de la Wilaya de TIZI OUZOU. Ce transport doit être réalisé selon un plan optimal.

1 District NAFTAL (OUED AISSI) :

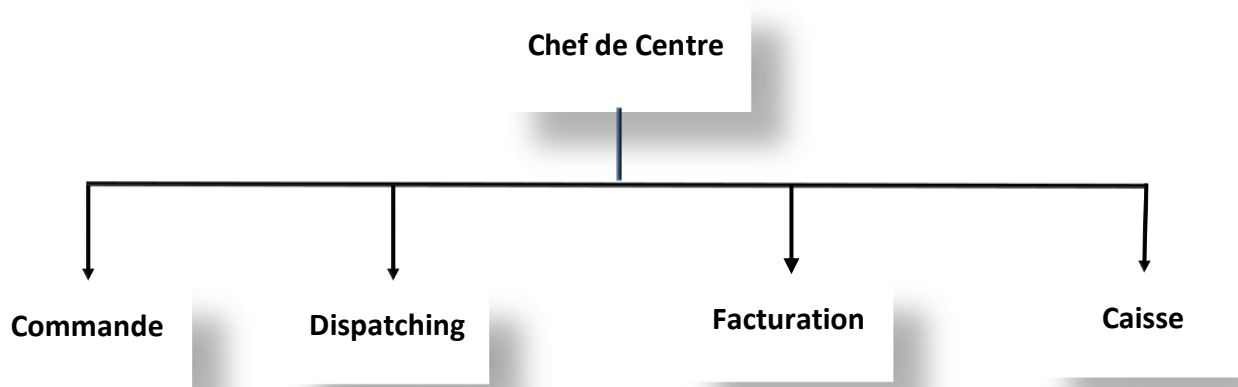
Le district de TIZI OUZOU est un dépôt qui assure la disponibilité et la distribution des produits carburants au niveau de la wilaya de TIZI OUZOU et quelques villes autour de la wilaya. Par exemple (BAGHLIA)

Le district est constitué de deux centres essentiels :

- **C.S.D** (centre de stockage et de distribution)

- **C.D.D** (centre de distribution)

Une analyse a été faite durant notre passage au niveau de ce centre de distribution, et une étude de ses différentes activités et branches, qui sont exprimées dans la (figure ci-dessus), une étude bien approfondi de chaque fonction.



2 Collecte de données :

La collecte de données est une phase primordiale d'une étude empirique ou d'un travail de recherche durant laquelle l'étudiant récolte des informations qui seront analysées pour confirmer (ou non) des hypothèses de départ, et répondre à une problématique.

Les données collectées permettent, après leur exploitation, d'apporter des réponses à l'enquêteur au niveau de sa problématique et de ses hypothèses.

Un stage d'un mois a été effectué au sein de l'entreprise NAFTAL, plus exactement au **CDD** (centre de distribution) OUED-AISSI, nous a permis de cerner un problème d'une ancienne planification et distribution, comparer

ensuite à une distribution moderne plus concrète et efficace, mais évidemment exposer à d'autres améliorations et mise à jour, et aussi ce stage nous a permis de récolter les données et information nécessaires pour notre études concernant :

- ✓ Le dépôt de stockage (capacités, quantité).
- ✓ La flotte de transports (nombre de camions ainsi leur citernes, capacités en m^3).
- ✓ Les stations-services (code de station, capacité, localité).
- ✓ Type de bons (BLF, BRV...)

2.1 Caractéristiques et observations :

L'analyse de la situation actuelle, au niveau du centre de distribution nous a permis, de faire ce constat, et cette mise au point des caractéristiques du problème abordé :

- **Nombre de dépôts** : NAFTAL a en sa disposition un point de stockage et de livraison au niveau d'OUED AISSI, ainsi un centre d'approvisionnement (centre primaire) autonome, a pour mission d'alimenter celui de OUED AISSI, et livrer les stations près d'Alger.
- **Types de produits commercialisé** : l'essence sans-plomb, l'essence super et le gasoil. Le district assure leurs commercialisations
- **La flotte disponible** : (manque information)
- **Le temps de service d'un camion-citerne** : 8 heures
- **Le temps de chargement** : 30 minutes
- **Tendance des demandes** : on a remarqué que le taux de la demande augmente généralement en période estivale (été), ce genre d'augmentation cible les villes côtières généralement ; par exemple : AZEFFOUN. Et diminue en hiver.
- **Nombre de rotations de chaque attelage** : en moyenne de deux à trois rotation par jour.

2.2 Capacités de stockage de district OUED-AISSI :

La distribution des produits (carburant) effectuée au niveau du district nécessite un moyen de stockage plus sophistiqué, afin de subvenir aux besoins de ses clients. Pour cela le centre possède des bacs de stockage, où l'on stocke les produits carburants suivants :

- ❖ Essence super : ($4000m^3$)
- ❖ Essence sans plomb : ($5000m^3$)
- ❖ Gasoil : ($21000m^3$)

Les bacs	Capacité des bacs (m^3)	Le produit stocké
TK1	8000	GASOIL
TK2	8000	GASOIL
TK3	5000	GASOIL
TK4	5000	ESSENCE SANS PLOMB
TK5	2000	ESSENCE SUPER
TK6	2000	ESSENCE SUPER

Tableau 3. 1 Liste des bacs de stockage

En tout le centre de stockage et de distribution (CSD) de TIZI OUZOU a une capacité totale de stockage d'une quantité de : ($30000m^3$)

2.3 Flotte de transport :

L'entreprise NAFTAL, plus précisément le District OUED AISSI, pour assurer la distribution des produits carburant, elle possède une flotte composé d'attelage propres à NAFTAL, ainsi un attelage tiers (privé).

Nous allons décomposer cette flotte en deux tableaux, afin de bien présenter cette dernière :

• Moyens Tiers :

N°	NOM transporteur	CAPACITÉ (m^3)	Etat
1	OAHIB	27	Opérationnel
2	BOUMGHAR AMAR	27	Opérationnel
3	FITAS MOUSSA	27	Opérationnel
4	EURL MHENI	27	Opérationnel
5	METTOUCHI EL HADI	27	Opérationnel

6	METTOUCHI EL HADI	30	Opérationnel
7	BENHAMLAT MOULOUD	27	Opérationnel
8	BENHAMLAT MOULOUD	30	Opérationnel
9	OUMELLAL HOUCINE	27	Opérationnel
10	ATTAR AMIROUCHE	27	Opérationnel
11	SI AHMED ET FILS	27	Opérationnel
12	MOUSSOUNI MUSTAPHA	27	Opérationnel

Tableau 3. 2 Liste des camions citernes de la flotte tiers

- **Flotte NAFTAL**
 - **Tracteur routier**

N°	CODE VEHICULE	Marque	Etat
1	L2756	SNVI	Opérationnel
2	L2767	SNVI	Opérationnel
3	L3213	SNVI	Opérationnel
4	L3311	RNL	Opérationnel
5	L3312	RNL	Opérationnel
6	L3313	RNL	Opérationnel
7	L3746	IVC	Opérationnel
8	L3747	IVC	Opérationnel
9	L3787	IVC	Opérationnel
10	L3788	IVC	Opérationnel
11	L3952	MER	Opérationnel
12	L3994	MER	Opérationnel
13	L3995	MER	Opérationnel

Tableau 3. 3 Liste des camions routiers de la flotte NAFTAL

- Chaque citerne est composée de quatre compartiments.
- Le temps de service d'un camion selon les besoins, et les commandes.
- Temps de dépotage est en moyenne de 35 à 40 minutes.
- Chaque station-service à une capacité donnée.
- Le coût de transport, en utilisant les moyens tiers est calculé comme suit:

$X(DA) \times \text{la quantité transporté en } m^3 \times \text{la distance parcourue en km}$

– Citernes

N°	CODE DELA CITERNE	CAPACITÉ (m^3)	Etat
1	R0744	25	Opérationnel
2	R0808	25	Opérationnel
3	R0834	25	Opérationnel
4	R0851	25	Opérationnel
5	R0877	25	Opérationnel
6	R0963	25	Opérationnel
7	R0779	25	Opérationnel
8	R1242	27	Opérationnel
9	R1243	27	Opérationnel
10	R1244	27	Opérationnel
11	R1347	30	Opérationnel
12	R1345	30	Opérationnel
13	R1348	30	Opérationnel
14	R1304	30	Opérationnel

Tableau 3. 4 Liste des citernes de la flotte NAFTAL

– Camions citernes

N°	Code du camion-citerne	Capacité (m ³)	Etat
1	E0972	12	Opérationnel
2	E0983	12	Opérationnel
3	E1076	12	Opérationnel
4	E1121	15	Opérationnel
5	E1095	12	Opérationnel

Tableau 3. 5 Liste des camions citernes de la flotte NAFTAL

Le camion routier est systématiquement affilié à une citerne, pour chaque livraison, selon la capacité demandée.

La citerne est répartie en quatre compartiments, de différentes capacités représentées par ce tableau ci-dessus :

CAPACITÉ (m ³)	COMPARTIMENT (m ³)
30	7 ; 8 ; 7 ; 8
27	6 ; 7 ; 7 ; 7
25	5 ; 5 ; 5 ; 10
15	2 ; 3 ; 4 ; 6 avec moteur pompe
12	3 ; 3 ; 3 ; 3 avec deux moteurs pompes

Tableau 3. 6 Liste des citernes de la flotte NAFTAL

2.4 Le réseau des stations-service :

On définit en premier lieu les différents types de clients de NAFTAL comme suit :

Station GL (Station-service en Gestion Libre) : ce sont des stations appartenant à NAFTAL dont la gestion est confiée à des gérants libres.

- NAFTAL possède 4 **GL**

Station GD (Station-service en Gestion Directe) : Ce sont des stations gérées directement par NAFTAL.

- NAFTAL possède 16 **GD**

Station RO (Revendeurs Ordinaires) : Stations-service de faibles capacités de stockage et qui sont gérées par des revendeurs ordinaires.

- NAFTAL possède 7 **RO**

Station PVA (Point de vente Agréé) : de capacité moyennes, sont des stations appartenant à NAFTAL.

– NAFTAL possède 68 **PVA**

SLG Stations Lavage Graissage.

RLP Revendeurs Lubrifiants Pneumatiques.

Les tableaux ci-dessus résument toutes les stations-services, classifiées par leurs type de client, code client, leurs capacités de stockage, ainsi que la région où se trouve la station :

a) Station GL (Station-service en Gestion Libre)

Type de station	Nom de la station	Code de la station	Capacité de stockage (m^3)			Région
			Super	S /plomb	Gasoil	
GL	ABDENOURI SMAIL	A1222	10	/	10	TIZI OUZZOU VILLE
GL	VEUVE HAMMOUTEN ZOHRA NEE MEKHAZNI	L4419	20	20	20	TIZI OUZZOU VILLE
GL	STATION DE SERVICE SAADI REDOUANE	C0224	10	/	15	DELLYS VILLE
GL	SARL S/ESSENCE MARINE	M7992	7.5	/	110	DELLYS VILLE

Tableau 3. 7 Liste des stations-service GL.

b) Station GD (Station-service en Gestion Directe) :

Type de station	Client	Code	Capacité de stockage (m^3)			Région
			Super	S/plomb	Gasoil	
GD	R1502	K2842	8	/	15	TIZI OUZZOU
GD	R1507	K2849	30	20	90	
GD	R1518	/	20	20	80	A-E-HAMAM
GD	R1506	/	30	30	100	AZEFFOUN
GD	R1517	K2836	20	20	60	AZAZGA
GD	R1516	K2833	30	20	80	
GD	R1515	K2832	20	20	80	B-DOUALA
GD	R1504	K2846	20	20	80	BOUGHNI
GD	R1513	K2859	20	20	80	D-B-KHEDDA
GD	R1501	K2801	12	8	16	D-E-MIZAN
GD	R1512	K2657	20	20	80	
GD	R1509	K2851	10	10	35	L-N-IRATEN
GD	R1510	K2854	20	20	90	TIGZIRT
GD	R1503	K2844	30	30	80	T-GHENNIF
GD	R3522	/	20	20	80	NACIRIA
GD	R3523	/	20	20	80	TAKDEMPT

Tableau 3. 8 Liste des stations-service GD.

c) Station RO (Revendeurs Ordinaires) :

Type	Client	Code client	Capacité de stockage (m^3)			Région
			Super	S/plomb	Gasoil	
RO	SNC CHARBANE ET CIE "RELAIS ROUTIER "	A7826	30	8	30	TIZI OUZZOU
RO	SNC MESSAOUDENE ET FRERES	B7976	20	20	40	MEKLA
RO	MME METTOUCHI NEE SAIDI	B8050	5	/	12	BOUZGHENE
RO	ALLACHE KARIM	D3532	8	8	30	IFERHOUNEN
RO	SNC HAMEG	D4533	10	10	30	D-B-KHEDDA
RO	MOUKBEL BELKACEM	I3078	/	/	12	A-E-HAMAM
RO	SNC STATION SERVICE VOUCHTCHOUT	Y9728	30	20	80	AZAZGA

Tableau 3. 9 Liste des stations-service RO.

d) Station PVA (Point de vente Agrée) :

Type	Client	Code client	Capacité de stockage (m^3)			Région
			Super	S/Plomb	Gasoil	
PVA	DJOUDEH AHCENE	I6314	20	20	90	MECHTRAS
PVA	SNC RELAIS ROUTIER TIZI EST CHABANE ET CE	I7642	20	20	100	TIZI OUZZOU
PVA	BELKADI AHMED	J3706	20	20	70	YAKOUREN

PVA	EURL ALLOUCHE IDIR	J3719	10	20	50	ABI YUCEF
PVA	AGOUDJIL HACENE	J8526	20	20	60	D-E-MIZAN
PVA	SARL SYNCLEAN METTOUCHI	J8534	20	20	50	BOUZEGUENE
PVA	HADDAD ALI	J8539	20	20	60	AZEFFOUN
PVA	EURL S/SERVICES ETOILE FILANTE	J8594	20	20	50	TIMIZART
PVA	SNC S/S LA CRETE	L8550	20	30	60	MIZRANA
PVA	SARLS/Sce IZEMOURENE 57	O0227	30	30	80	AIT YAHIA
PVA	SARL STAT SERVI L'AVENIR	L8570	20	30	80	AIT AISSA MIMOUNE
PVA	BOUDAUD MADJID	L8666	30	30	40	TIZI GHENIF
PVA	FEDDAG KARIM	L8717	20	20	30	OUADHIAS
PVA	RAHLI AREZKI	L8731	20	30	50	TIZI RACHED
PVA	SARL S/S HAUT SEBAOU	M7901	20	20	50	BOUZEGUENE
PVA	SNC CHABANE A/AZIZ FRERES	M7914	20	20	50	SORTIE TIZI OUZZOU
PVA	SNC RELAIS BELOUAR CIE	M7939	30	30	110	TIZI OUZZOU
PVA	BOUKERSI MOHAMED	M7947	30	30	100	BOUDJIMA
PVA	SNC HOUAMDI FRERES	M7948	30	30	50	TALA ATHMANE
PVA	MANSOUR ABDELAH	M7953	30	30	40	SOUK-EL TENINE
PVA	HADJ BELKACEM ABDELMADJID	M7962	30	30	50	AIT ZELLAL

PVA	BELARBI CHABANE ET FILS	M7966	20	20	70	BOUGHNI
PVA	OUSSADI AHMED	M7969	15	15	45	AIN HAMMAME
PVA	KACI SAID BENMOKRANE	M7980	20	20	70	FREHA
PVA	SARL ICHARIDEN	M7998	30	30	50	AIT GOUACHA
PVA	SARL "ELAK" BELKAID MENAD	M7999	30	30	50	MEKLA-CHAIB
PVA	EURL OUSSADAD S/S	O0208	20	30	50	AGHRIBS
PVA	SARL IVAHRIYEN SERVICE	O2611	20	20	50	AGHRIBS
PVA	SARL STATION SERVICE SEBAOU	O2629	20	20	60	SIDI – NAMANE
PVA	SNC STAT-SCE TIZI-VERT	P5414	20	20	50	ILLOULA - OUMALOU
PVA	EURL MK BEST SERVICES	S6702	30	30	40	AIN ZAOUIA
PVA	SARL MEBREK FRERES	S6704	20	20	50	AIN ZAOUIA
PVA	SARL STATION SERVICES OULAIAA	S6705	30	30	60	BOUDJIMA
PVA	SARL RELAIS AGHRIBS VILLE NOUVELLE	S6708	20	20	50	AGHRIBS
PVA	AIT OUZZOU KARIM	S6719	20	/	30	AIN EL HEMMAM
PVA	SARL STAVIMAR	S6743	/	/	60	AZEFFOUN PORT DE PECHE
PVA	STATION SERVICES RELAIS VERT SID AHMED	S8252	27	27	54	TIZI OUZOU
PVA	SNC STATION OUNESLI ET FRERES	S8268	20	/	40	OUACIF

PVA	STATION SERVICE SOLTANI MAGJID	S8283	30	30	70	MAKOUDA
PVA	SARL STATION SERVICE IDJEUR	S8291	20	20	60	BOUZEGUENE
PVA	SARL STATION SERVICE TAFAT	S9968	20	20	30	IMSOUHAL
PVA	BEN ABDERRAHMANE AHCENE	U7903	/	/	50	ABI YUCEF
PVA	AILAM MOUHAMD OUIDIR	U7904	30	250	110	FREHA
PVA	SARL SHMR GERANT HAIFI MHEND	U9720	20	20	60	AIT GOUACHA
PVA	BELLAHOUASS AHCENE	U9729	30	50	80	TIZI OUZOU – OUAD FALI
PVA	TIZA AKLI	U9734	20	20	50	IFLISSEN
PVA	SNC STATION SERVICE ROUGAB ET FILS	U9737	20	30	50	MEKLA – CHAIB
PVA	SNC OUSSAID PERE ET FILS	U9738	20	20	40	TIMIZART
PVA	SARL STATION SERVICE AICHE	U9740	20	20	50	TIZI RACHED
PVA	SNC FITAS ET FRERES	U9743	30	20	60	BOUHINOUN
PVA	SNC MEDIS AIT BENAMARA	U9744	20	25	140	BOUKHALFA
PVA	SNC FRERES HEMEG	U9745	30	30	100	D-B-KHEDDA
PVA	SNC BAHOUS ET FRERES	U9747	/	20	50	IFIGHA – AZAZGA
PVA	SARL AUTO PREST	Y7704	20	20	30	TIZI OUZOU

PVA	MAHIOUT DJEMMA	Y7707	30	/	70	TIMIZART
PVA	SARL STATION LEKADIR ET FR	Y7710	30	30	40	OUADHIAS
PVA	SNC S/SCE MECHTRASS SI AHMED ET FRERES	Y7718	30	20	80	MECHTRAS
PVA	BOUKHERROUB AMAR	Y7719	30	30	60	BOUDJIMA
PVA	STATION SCE ZIDANE ELHADI	Y7742	20	20	60	TIZI OUZOU
PVA	SARL STATION SERVICE	Y9708	40	40	50	TADMAÏT
PVA	SNC S/S LE ROMAIN BADKOUF	Y9709	40	40	70	BOUKHALFA
PVA	SARL RELAIS ROUTIER MILLENIUM	Y9726	20	20	30	IBOUDRAREN
PVA	DAF FAZIA	Y9727	30	15	30	MAATKAS
PVA	SNC RELAIS ROUT DA EL BACHIR ET FRERES	Z5627	15	15	30	IBOUDRAREN
PVA	SARL STATION SERVICE RN 12	I1917	60	30	50	BORDJ MENAÏEL
PVA	SNC ST SCE OUMELLAL ET FILS	I6309	60	30	120	BAGHLIA
PVA	SARL STATION SERVICE ET MOTEL OUCHAOU	Y9711	25	40	50	DELLYS
PVA	SARL DECOPAL	Z2257	30	20	100	DELLYS

Tableau 3. 10 Liste des stations-service PVA.

3 La méthode actuelle de distribution utilisée par l'entreprise :

Auparavant, la programmation de la distribution était faite manuellement, la tâche était dure, coûteuse et prenait beaucoup de temps. Par conséquent, l'insatisfaction de la clientèle.

Aujourd'hui, grâce au logiciel "**DISPATCHING**", le personnel chargé de ce dossier fait son travail d'une manière plus fiable, plus facile et plus rapide. Le logiciel en question sera présenté dans le prochain chapitre en utilisant un exemple concret pour bien illustrer son fonctionnement.

3.1 Réception des commandes :

La première étape consiste à réceptionner les commandes par le dispatcheur, et ce, le matin de 8h00 jusqu'à, voir, 13h00.

La réception des commandes s'effectue par plusieurs façons:

- ✓ Appel téléphonique;
- ✓ Bon de commande;
- ✓ Présentation du client, lui-même, sur les lieux.

On a remarqué, plus tard, qu'il vaut mieux recevoir les commandes par mails. Cela permet au client de passer sa commande de ravitaillement d'une manière détaillée et claire d'une part et au dispatcheur d'éviter les erreurs sur les quantités, les commandes et les clients, aussi de gagner du temps d'une autre part.

Après avoir passé sa commande, un code de commande spécial pour sa station sera attribué au client.

Notant que la distribution sera faite le lendemain, ou plus tard deux jours après avoir reçu la commande.

Une fois que la réception des commandes soit clôturée, on passe à l'étape suivante: Élaborer un plan de distribution.

Le logiciel met en œuvre toutes les informations et les données qu'il possède: flotte, capacité, station, client, chemin possible... afin d'élaborer le meilleur plan de distribution.

Enfin, le plan de distribution est disponible, il est transmis, donc, directement vers un autre bureau qui est LA FACTURATION.

3.2 La Facturation :

Après avoir établi le programme de distribution, une copie du formulaire 001, sera transmise au poste de programmation. L'agent insère une carte à puce, et inscrit ensuite les informations nécessaires (Code client, quantité des produits commandés...) pour qu'ensuite le programme NAFTAL de la journée sera communiqué aux chauffeurs et chacun prend part de sa mission, de son camion ainsi du nombre de rotation qu'il fera ce jour-là.

Le matin, à la date et l'heure précise, le chauffeur chargé de la distribution se pointe à la facturation, doté d'un bon d'enlèvement. En contrepartie, et pour qu'il sera programmé, un bon de chargement lui sera remis, ainsi une carte à puce afin d'accéder au quai de chargement et charger son camion. La carte à puce sera, immédiatement, remise pour être attribuée à un autre chauffeur.

Une fois le camion est chargé, il prend la destination de la station concernée pour un dépotage, en respectant le protocole.

Le BLF se décompose de deux parties: Partie facturation et partie encaissement

- ❖ La partie facturation regroupe toutes les informations concernant le client (Le nom, code, nom de la station...) Et le produit (La nature, TVA, taxes ...). Bien sûr les codes produits sont comme suit :

- Essence Super 13020;
- Sans Plomb 13040;
- Gasoil 16020.

- ❖ La partie encaissement:

Cette partie regroupe les informations concernant le montant à payer et la méthode du paiement. Sachant que des TAC existants seront déduits de la facturation selon des situations.

3.3 La caisse :

Son rôle est de recevoir les encaissements, aussi contrôler les TAC, donnés par le client avec numéro de bordereau et le montant afin d'assurer qu'aucune erreur soit commise.

Parmi les moyens de paiement utilisés, on trouve:

- Paiement par mandat carte ccp : VAC (versement accéléré au compte de NAFTAL)
- Paiement par chèque.
- Paiement par versement.
- Paiement par TAC.
- Paiement par virement.

Une fois les paiements regroupés, c'est-à-dire, l'ensemble des factures, l'agent s'occupe de la saisie de toutes les factures qui seront sauvegardées. Les chèques seront transmis à la banque contre accusé de réception sur un « bordereau, remise de chèques »

Etablissement des journées comptables.

❖ **Quelques types de documents :**

- BLF (Bon de Livraison Facturé)
- BR (Bon de Ravitaillement)
- BMI (Bon de Mouvement Interne)
- BTS (Bon de Transfert de Stockage)
- BR010 (Bon de Réception)

4 Présentation et explication du problème :

Étant en premier lieu un problème de planification, mais aussi un problème d'optimisation.

Notre travail consiste à donner au mieux de son aspect, la meilleure gestion et façon de distribution possible, afin d'approvisionner, dans de parfaites conditions, les stations-services alimentées par le centre de distribution.

Le problème de transport est un problème, de conception d'itinéraires à moindre coût d'un dépôt à un ensemble de points géographiquement dispersés (stations).

Il consiste à déterminer pour chaque journée les stations qui doivent être approvisionnées selon la quantité du carburant demandée ainsi, à un coût réduits, dans les prochaines 24h, au plus tard 72h.

Dans notre situation, plusieurs produits différents (essence sans plomb, super, gasoil) peuvent être transportés dans un même camion. Les camions utilisés peuvent appartenir à l'entreprise NAFTAL ou à un transporteur privé externe.

Après une longue observation on a constaté que les clients sont alimentés par deux dépôt le centre de distribution de OUED AISSI ainsi que le dépôt de Caroubier.

Pour cela on a vu nécessaire d'établir un problème de transport, en appliquant bien sur les méthodes de la recherche opérationnelle, aussi grâce au logiciel Cplex, afin de mettre au point un programme à moindre coût, qui alimentera chaque station par le dépôt le plus proche ainsi, en utilisant la flotte la moins chère.

A. Les contraintes :

- i. Problème de flotte (manque de camions ou de chauffeurs ...)
- ii. Rupture de stock (rare à ce produire)
- iii. ne pas dépasser le nombre de rotation autorisé par camion.

- iv. Affronter des situations où y a un retour produit au centre.
- v. Les compartiments des camions sont limités, se contenter de la capacité exigée.
- vi. Chaque rotation demande un retour au centre pour un réapprovisionnement, afin d'alimenter une autre station.
- vii. Le nombre de rotation est de un jusqu'à trois maximum, pendant la journée concernant les camions NAFTAL. et de un à deux concernant la flotte tiers.
- viii. Connaître les stations alimentées par le centre de carburant OUED AISSI (115C) ainsi que les autres qui sont alimentées directement d'Alger (1169).
- ix. Ne jamais laisser une station en rupture de stock.
- x. Eviter tout mélange de produit.
- xi. Mise en panne de l'un ou plusieurs quais de chargement.
- xii. Se confronter à charger les citernes avec un seul bras au lieu de deux.
- xiii. Erreur sur la quantité de commande, ou le client.

B. Les hypothèses :

- i. Dresser son plan de transport uniquement avec des camions opérationnels, et voir même avec des chauffeurs qui n'ont pas effectuer plus de deux ou trois rotations la veille.
- ii. Le programmeur a le droit de diminuer la quantité à livrer en cas d'anomalies, et l'augmentation se fait avec l'accord du client.
- iii. Trouver d'autres itinéraires à l'encontre des chemins impossibles.
- iv. panne d'un camion en plein procédures de distributions.

C. Les objectifs :

- i. prendre le maximum de commandes possible.
- ii. Satisfaire les clients.
- iii. Minimiser le temps moyens de distribution.
- iv. Minimiser les pertes, ainsi que les coûts de transport.
- v. Minimiser l'utilisation de la flotte tiers qui est un peu couteuse.
- vi. Trouver d'autres chemins accessible, fiable et rentable.

Conclusion :

Concernant ce chapitre qui est une explication de la problématique, on a pu établir les contraintes auxquelles l'entreprise pouvait faire face, en passant en revue tous les outils ainsi que les informations nécessaires afin de résoudre ce genre de problème qui consiste à minimiser les coûts de transport.

Nous abordons dans la suite de ce travail, la résolution d'un problème d'optimisation linéaire, à l'aide du logiciel Cplex.

Chapitre 4 : Implémentation

Introduction :

Le développement des trois chapitres précédents nous a éclairé sur la problématique de rationaliser les coûts de transports des produits pour laquelle est confrontée NAFTAL. Partant de ce point nous avons mis en place un programme mathématique on se basant sur le LOGICIEL Cplex.

Le programme lui-même est un programme d'optimisation linéaire, il s'agit de déterminer la façon optimale de transporter les carburants à partir de deux dépôts vers plusieurs stations-service à moindre coût.

Dans ce chapitre on commencera d'abord par présenter le logiciel cplex, ensuite mettre au point le programme linéaire correspondant à la problématique, résoudre le problème, pour enfin conclure.

1 Description du logiciel Cplex

Cplex est un outil informatique d'optimisation, il a été initialement développé par l'équipe de Robert Bixby pour disposer d'un solveur performant pour résoudre des instances du problème de voyageur de commerce de grande taille. Son nom fait référence au langage C et à l'algorithme du simplexe.

Initialement Cplex était un solveur de programmes linéaires, à ce titre il repose donc sur une implémentation performante du simplexe primal. Il dispose également du simplexe dual et du simplexe réseau. Actuellement, avec la nouvelle version, on peut résoudre plusieurs autres types de problèmes.

On trouve dans la figure 4.1 suivante la page d'accueil du solveur après son lancement, cette fenêtre décrit l'écran Bienvenue dans CPLEX Studio.

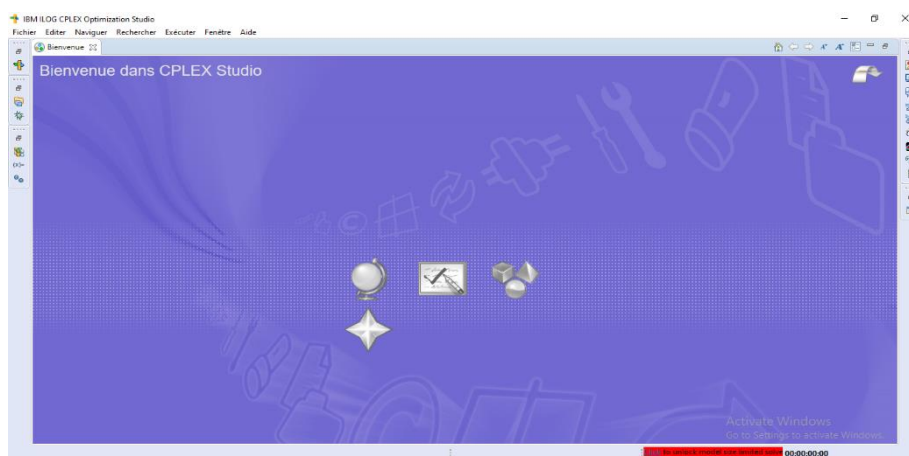


Figure 4. 1 Page d'accueil CEPLEX

2 Application d'un cas pratique sur Cplex

Les carburants commercialisés par NAFTAL (essence super, sans plomb, gasoil), sont stockés dans deux dépôts :

- D1 centre (215C) Oued-Aissi.
- D2 centre (116C) Caroubier.

Les tableaux ci-dessous illustrent la capacité stockée dans chaque dépôt, la demande de chaque station-service, avec les coûts de transport selon la flotte utilisée. Sachant que :

- Le coût moyen unitaire de transport (flotte propre NAFTAL) est de : $0,7DA/Km$.
- Le coût moyen unitaire de transport (flotte tierce) est de : $4DA/Km$.

Station	I1917	R3523	R3522	M7792	R1506	R1503	R1517	J8534	Y7718	Capacité
Dépôt 1	33	36	25	41	39	43	20	32	29	200 000
Dépôt 2	45	66	51	69	111	62	96	104	76	200 000
demande	27000	30000	25000	12000	30000	25000	15000	25000	15000	400 000

Tableau 4. 1 Les coûts de transport selon le nombre de kilométrages (flotte NAFTAL)

Station	I1917	R3523	R3522	M7792	R1506	R1503	R1517	J8534	Y7718	Capacité
Dépôt 1	188	204	232	144	220	248	112	180	169	200 000
Dépôt 2	256	376	396	292	632	356	540	596	436	200 000
demande	27000	30000	25000	12000	30000	25000	15000	25000	15000	400 000

Tableau 4. 2 Les coûts de transport selon le nombre de kilométrages (flotte tiers)

2.1 Modèle mathématique

- **Notations :**

$i = \{1 \dots n\}$ L'ensemble des dépôts.

$j = \{1 \dots m\}$ L'ensemble des stations-services.

- Données :

C_{ij} : Le coût de transport du produit à partir d'un dépôt i vers la station.

$Stock_i$: La quantité de stockage du dépôt j .

D_j : La demande de la station j .

- Variable de décision :

X_{ij} : La quantité à transporter des dépôts vers les stations à moindre coût.

- Les contraintes :

- Les quantités à transporter vers les stations ne doivent pas dépasser la capacité de stockage du dépôt i :

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} \leq Stock_i \forall i \in I$$

- Satisfaction des demandes de chaque station j .

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} \leq D_j \forall j \in J$$

- La fonction objective :

$$\min \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n C_{ij} X_{ij}$$

2.2 Résolution du problème avec cplex :

Après avoir dressé les deux tableaux qui représentent respectivement, les stations à approvisionner, la quantité ainsi le coût moyen de transport selon le kilométrage, on a pu utiliser ces informations afin de mettre en œuvre le modèle mathématique qui correspond à chaque flotte (propre à NAFTAL, tierce).

A l'aide du logiciel cplex on a réussi à résoudre ce problème de transport comme suit :

- Cas flotte propre à NAFTAL :

On a créé d'abord le fichier wass.mod qui est conçu afin d'insérer le modèle mathématique. Dans la figure 4.2 ci-après on trouve le modèle écrit selon les syntaxes du solveur.



```

1 /*****
2 * OPL 20.1.0.0 Model
3 * Author: User
4 * Creation Date: 20 juil. 2021 at 16:40:03
5 *****/
6 //les données
7 int m=...;
8 int n=...;
9 float Stock[1..n]=...;
10 float D[1..m]=...;
11 int C[1..n][1..m]=...;
12
13 //les variables de décision:
14 dvar int x[1..n][1..m];
15
16 //fonction objectif
17 minimize
18 sum (i in 1..n)(sum(j in 1..m) (C[i][j]* x[i][j]));
19
20
21 //les contraintes
22 subject to
23 {
24   forall(i in 1..n){sum(j in 1..m)x[i][j] <= Stock[i];}
25   forall(j in 1..m){sum(i in 1..n)x[i][j]== D[j];}
26 }

```

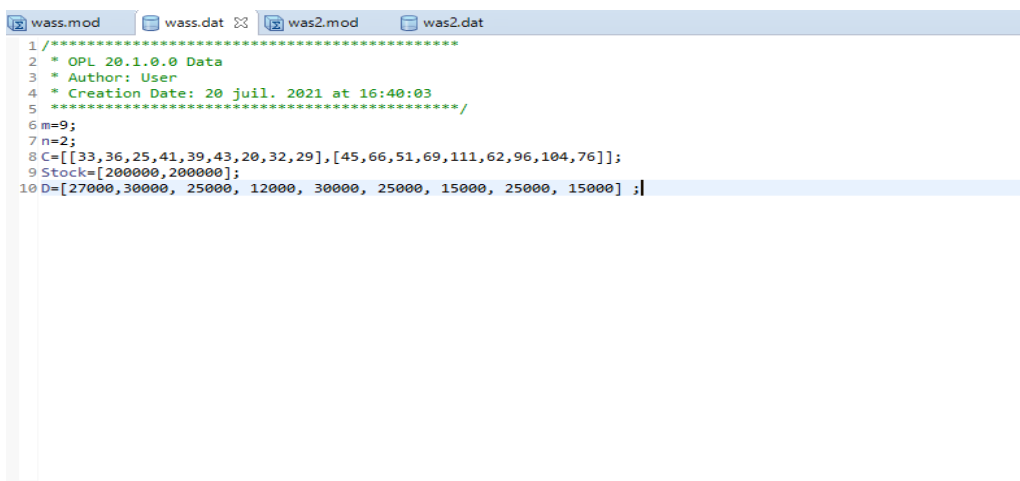
Figure 4. 2 Insertion du modèle

Nous devons tout d’abord créer un projet, en allant vers ; file ; new ; opl project. Ensuite introduire le nom ainsi que l’emplacement du projet.

Nous avons donc neuf stations et deux entrepôts, représentés respectivement par l’index j et i .

Comme on le voit sur la figure, on a introduit les données ainsi que les variables de décisions, la fonction objective, et les contraintes.

Le fichier `wass.dat` (voir figure 4.3) est conçu afin d’attribuer les valeurs réelles des données déjà déclarées dans le fichier du modèle.



```

1 /*****
2 * OPL 20.1.0.0 Data
3 * Author: User
4 * Creation Date: 20 juil. 2021 at 16:40:03
5 *****/
6 m=9;
7 n=2;
8 C=[[33,36,25,41,39,43,20,32,29],[45,66,51,69,111,62,96,104,76]];
9 Stock=[20000,20000];
10 D=[27000,30000, 25000, 12000, 30000, 25000, 15000, 25000, 15000];

```

Figure 4. 3 Insertion des données (flotte propre NAFTAL)

Les données sont : n et m qui représentent respectivement le nombre de dépôts (2 dans notre exemple) et le nombre de stations (9 stations), une matrice C qui représente les coûts de transport, le vecteur $Stock$ pour insérer la capacité de stockage des dépôts ainsi que le vecteur D des demandes de chaque station-service.

Après exécution du projet nous avons obtenu le résultat suivant.

1..n (taille 2)	1..m (taille 9)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	27000	30000	25000	12000	30000	25000	15000	25000	11000
2	0	0	0	0	0	0	0	0	4000

Figure 4. 4 les valeurs des X_{ij} (flotte NAFTAL)

Dans la figure 4.4 on observe les valeurs attribuées à la variable X_{ij} .

Le plan basique optimal du transport est le suivant :

$$X^* = \{X^*_{ij}, 1 \leq i \leq 2; 1 \leq j \leq 9\}$$

$$X^*_{11} = 27000; X^*_{12} = 30000; X^*_{13} = 25000; X^*_{14} = 12000;$$

$$X^*_{15} = 30000; X^*_{16} = 25000; X^*_{17} = 15000; X^*_{18} = 25000; X^*_{19} = 11000.$$

$$X^*_{21} = 4000.$$

// solution (unbounded) with objective 7056000

Figure 4. 5 la valeur de la fonction objective (flotte NAFTAL)

La valeur de la fonction objective trouvée avec cette solution est représentée dans la figure 4.5 ci-dessus.

$$Z^*(X^*) = 705\,6000$$

- Cas flotte tiers (privée) :

De la même façon, et à l'aide du logiciel cplex on exécute le programme linéaire, avec les coûts de transport tiers (flotte privée).

Le model ainsi que les résultats sont représentés par la figure 4.6 et 4.7 ci-dessus

```

1 /*****
2 * OPL 20.1.0.0 Data
3 * Author: User
4 * Creation Date: 23 juil. 2021 at 18:59:33|
5 *****/
6 m=9;
7 n=2;
8 C=[[188,204,232,144,220,248,112,180,168],[256,376,396,292,632,356,540,596,436]];
9 Stock=[200000,200000];
10 D=[27000,30000, 25000, 12000, 30000, 25000, 15000, 25000, 15000] ;
    
```

Figure 4. 6 Insertion des données (flotte tiers)

1..n (taille 2)	1..m (taille 9)								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	27000	30000	25000	12000	30000	25000	15000	25000	11000
2	0	0	0	0	0	0	0	0	4000

Figure 4. 7 les valeurs des Xij (flotte tiers)

Dans la figure 4.7 on observe les valeurs attribuées à la variable X_{ij} .

```

// solution (unbounded) with objective 41296000
    
```

Figure 4. 8 La valeur de la fonction objective (flotte tiers)

La valeur de la fonction objective trouvée avec cette solution est représentée dans la figure 4.5 ci-dessus.

$$Z^*(X^*) = 4\,129\,6000$$

Remarque :

4 129 6000 > 705 6000

On remarque que le coût global du transport propre NAFTAL est supérieur au coût global du transport tiers.

Et le plan optimal fait que toutes les stations-services seront approvisionnées du dépôt 1.

Conclusion :

Après avoir exécuté les deux programmes on a constaté que:

La mise en place d'un programme linéaire nous révèle que :

Le cout d'approvisionnement des stations-services par le dépôt de KHEROUBA revient plus cher à NAFTAL comparativement au dépôt de OUED AISSI plus favorable vu sa distance aux stations, sans oublier les surplus occasionnés par l'utilisation de la flotte privée.

De ce fait il est préférable pour NAFTAL de faire recours a sa propre flotte de transport et éviter au maximum le recours aux transporteurs privés.

La flotte tierce sera cependant moins utilisable, apporter d'autres camions propre NAFTAL pour renforcer la flotte du centre de distribution, et voir même éliminer la flotte tiers qui revient très coûteuse à l'entreprise.

Chapitre 5 : Le Dispatching

Introduction :

Dans le cadre de sa politique de modernisation et de numérisation de ses installations et de ses activités, la Direction Centrale des Systèmes d'Information (DCSI) et la Branche Commercialisation, ont lancé un nouveau logiciel de dispatching.

Ce projet vient après une série de réalisations achevées durant l'année 2009, telles que l'opération de modernisation du pipe-line Arzew-Sidi Bel Abbés, le système de gestion des immobilisations et enfin le Datacenter.

Ce nouveau logiciel « Dispatching Carburants » vise principalement deux objectifs à savoir l'automatisation et l'optimisation de la tâche « dispatching ».

Il a pour avantage, entre autre, l'assurance de l'application des règles de gestion, l'utilisation normalisée des moyens de distribution, facilitation de la tâche en terme d'efforts et de temps, satisfaction maximale des clients, réduction des distances parcourues, minimisation des coûts de transport et enfin, augmentation des quantités transportées.

Vu son efficacité, et sa grande importance au sein de l'entreprise on a consacré cette partie afin de bien expliquer, présenter et résumer les fonctionnalités de ce logiciel, et donner un exemple pratique à la fin de l'exposition.

1 Le Dispatching :

Avant son apparition, le personnel du DISTRICT-COM de Tizi-Ouzou faisait tout manuellement, cela conduisait souvent à des erreurs de prise de commande, saturation surtout des distributions mal programmées.

Mais l'entreprise NAFTAL a tenu compte de ces anomalies, au début de l'an 2013, la direction générale met au point un système de contrôle spécifique et très efficace :

< Le dispatching > afin d'améliorer sa performance coté distribution et satisfaire le mieux possible ses clients et surtout minimiser les couts de transport.

Le logiciel DISPATCHING est un moyen informatique équipé d'un système adaptable et modulable permettant de centraliser l'information et d'analyser indépendamment les

données de chaque installation connectées au niveau de la réception commande, tel que le niveau des stocks, le volume des ventes, le nombre de livraison, éditer les rapports...etc.



Figure 5. 1 L'interface du logiciel DISPATCHING

2 Les étapes d'élaboration d'un programme de distribution :

La méthode est simple, mais elle demande de la concentration et surtout avoir toutes les données nécessaires :

- Connaître ses clients.
- Connaître sa flotte et ses chauffeurs.
- Code client.
- Connaître le circuit de distribution de Tizi-Ouzou.
- Capacité et autres

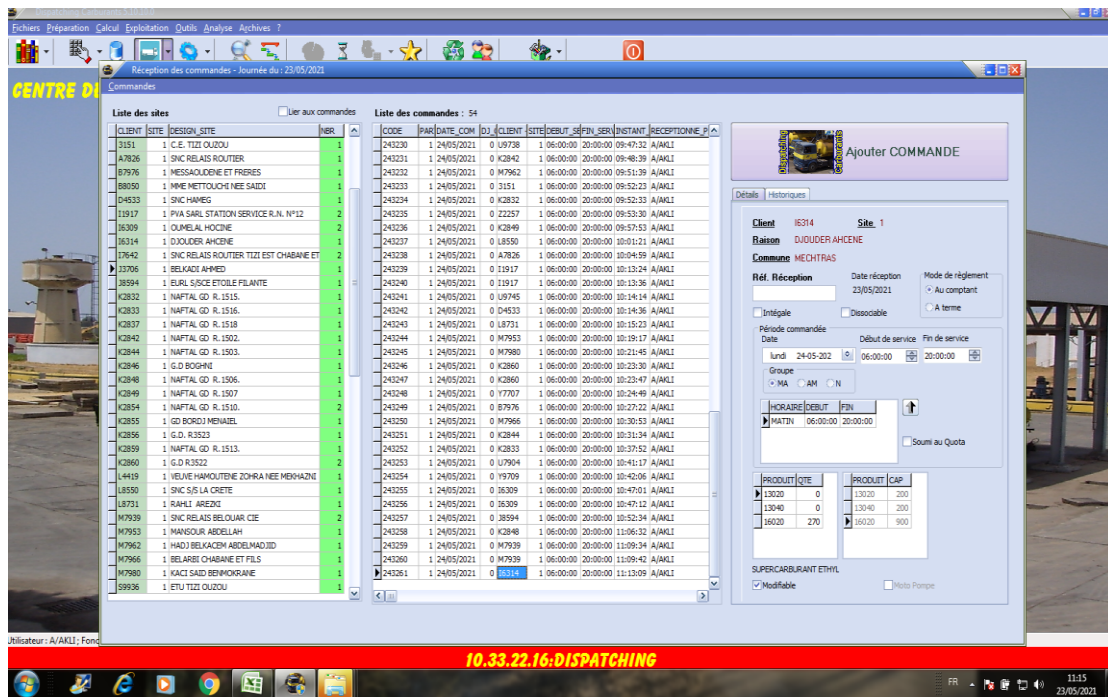


Figure 5. 3 Fenêtre réception de commande

L'ajout d'une commande se fait en cliquant sur « commande ». Ensuite sur ajouter une commande, introduire le code client à qui on veut attribuer la commande, pour enfin clôturer par l'ajout des quantités de carburant demandées, puis enregistrer ou bien cliquer sur F5.

Exemple *

client I6314	
Raison: DJOUDER AHCENE	
commune MECHTRAS	
Quantité	
produit	QTE
13020	7
13040	6
16020	14



Figure 5. 4 Fenêtre ajout d'une commande DISPATCH

2.2 Révisions et confirmation des commandes

Afin de clôturer la journée de réception des commandes et les valider l'agent qui est responsable de cette tâche doit réviser sa liste, car des fois le logiciel annule systématiquement la commande passée, ce rejet est dû à une erreur de date ou de timing ou bien une erreur de paiement, car une station, qui possède une facture impayé n'aura pas le droit d'être approvisionné.

Parfois des erreurs de quantité ou bien confondre entre les commandes. Afin d'éviter tout retour produit, qui coutera cher au centre, qui aussi pourra mettre les stations en rupture de stock, il est préférable dans ce cas de réviser toutes les commandes et enfin les valider et passer à la prochaine étape.

2.3 Préparation de la flotte et exécution du programme de transport

La réalisation du programme de transport, après avoir clôturé la journée de la réception des commande, au plus tard 13h, le dispatcheur met en œuvre toutes les normes et les conditions, afin que le logiciel permet de donner le meilleur programme, selon la commande, car il est permis de diminuer la quantité demandée par la station et l'augmenter qu'après avoir eu l'accord du client.

Et aussi selon la flotte.

La préparation de la flotte qui assurera l'acheminement des carburants, est une tâche primordiale et très importante. Le choix de la flotte et des chauffeurs se font afin d'éviter tout échec du programme et les accidents, aussi ils permettront au chauffeur sélectionné, d'accomplir sa tâche dans de bonnes conditions.

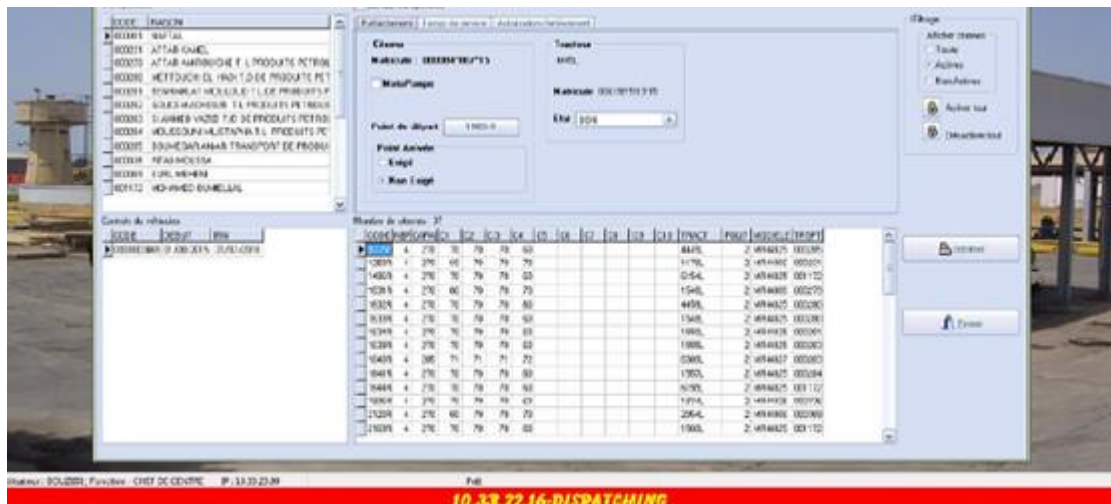


Figure 5. 5 Fenêtre préparation de la flotte

Bien sur le dispatcheur commence à préparer d'abord la flotte propre à NAFTAL, ensuite viendra le tour de la flotte Tiers, selon les stations alimentées par le centre de distribution « CAROUBIER ».

Le choix des chauffeurs ce fait selon leurs journées de travail accomplis durant la semaine, par exemple un chauffeur qui a fait trois rotations le dimanche, une le lundi, deux le mardi, systématiquement il ne sera pas choisit pour le programme du mercredi et il pourra prendre sa journée de repos. Tout ça pour éviter tout incident, voire plus, mettre la vie des chauffeurs en sécurité absolue, et satisfaire le client, (réception de la commande à temps).

Après avoir attribué à chaque station son camion (selon la quantité demandée) et chaque camion son chauffeur, le dispatcheur peut enfin leur fixer l'heure exacte des livraisons et exécuter le programme.

Mettre à la disposition du logiciel toutes les informations nécessaires par le dispatcheur, il pourra donc utiliser toutes les notions de la théorie des graphes, de l'optimisation, afin de trouver le plus rapide chemin, minimiser les coûts de transport et donner le meilleur programme possible.

Pour mieux comprendre, nous illustrerons notre explication et description de ce logiciel « dispatching », par un exemple pratique, manuel.

3 Illustration et application

3.1 Prise des commandes :

Comme on l'a expliqué auparavant lors de la présentation du logiciel, la prise des commandes se fait le matin. Par appel téléphonique, ou par bon de commande. Juste après confirmation de la commande, un code sera remis à la station-service concernée, qui sera aussi mentionnée sur le bon de livraison.

Ce tableau ci-dessus illustre les commandes passées en la journée du 7 juillet 2021 à l'aide du logiciel Excel :

La Journée du 7 juillet 2021				
Code commande	Code client	Raison sociale	Demande	Heure
245621	R1518	GD A-E-HAMMAM	30 000	08:17:02
245622	M7962	BELARBI CHABAN	25 000	08:34:12
245623	U9744	MEDIS AIT BENAMARA	25 000	08:56:09
245624	Y7707	MAHYOUT DJEMAA	25 000	09:07:19
245625	O2629	SEBAOU	30 000	09:23:55
245626	R1516	GD AZAZGA	27 000	09:30:01
245627	M7947	BOUKERSI MOHZMED	30 000	09:42:18
245628	U9745	HAMEG	27 000	09:49:44
245629	I1917	R.N. N12	30 000	09:54:11
245630	Y9709	BADKOUF ET FILS	30 000	10:01:47
245631	U7904	AILAM OUIDIR	30 000	10:09:02
245632	R1501	GD D-B-K	12 000	10:17:04
245633	J8539	HADDAD	27 000	10:23:19
245634	J3706	BELKADI	30 000	10:27:57
245635	I7642	TIZI EST CHABANE	30 000	10:38:02
245636	S8283	SOLTANI	30 000	10:49:32
245637	P5414	TIZI-VERT	25 000	10:56:16
245638	I6314	DJOUDE	25 000	11:01:02
245639	M7914	CHABANE AZIZ FRERES	25 000	11:09:43
245640	R1506	GD AZEFOUN	27 000	11:12:02
245641	U9737	ROUGAB	30 000	11:17:24
245642	R3523	GD TAKDEMPT	30 000	11:22:11
245643	M7939	BELOUAR CIE	30 000	11:35:32
245644	L8550	LA CRETE	30 000	11:42:09
245645	L4419	HAMMOUTENE	25 000	11:57:43
245646	Y7742	ZIDANE	12 000	12:12:32
245647	S8252	RELAIS VERT	25 000	12:17:56
245648	U9729	BELLAHOUS	30 000	12:24:43
245649	B7976	MESSAOUDENE	25 000	12:33:04
245650	R1502	GD TIZI OUZOU	12 000	12:37:45
245651	R1517	GD AZAZGA	25 000	12:45:21

Tableau 5. 1 Prise de commande

3.2 Préparation de la flotte :

La préparation de la flotte se fait en attribuant à chaque attelage, sa citerne selon la capacité et la quantité demandée ; par exemple une demande de 30 000L a besoin d'une citerne de capacité 30m³.

Comme on l'a décrit précédemment, le dispacheur favorise la flotte propre à NAFTAL, pour qu'ensuite le reste sera consacré à la flotte tiers selon le besoin.

Dans ce tableau ci-dessus on mettra au point notre flotte qui satisfera toutes les commandes passées en ce jour du 07/juillet/2021 :

Flotte propre NAFTAL		
Code camion	Code citerne	Capacité
L3952	R1345	30 000
L3746	R1348	30 000
L3995	R0808	25 000
L2756	R1347	30 000
L2767	R0744	25 000
L3788	R0834	25 000
L3747	R1304	30 000
L3787	R1242	27 000
L3312	R1243	27 000
L3313	R0877	25 000
E983	E983	12 000

Tableau 5. 2 Préparation de la flotte NAFTAL

flotte Tiers	
Nom transporteur	Capacité (L)
BENHAMLAT	30 000
METTOUCHI	30 000

Tableau 5. 3 Préparation de la flotte tiers

3.3 Choix des chauffeurs :

Après avoir attribué à chaque camion sa citerne selon la quantité de carburant demandée, viendra l'étape où on affine à chaque camion son chauffeur qui prendra l'initiative de transporter la commande à la station concernée.

Ce choix a ses critères, comme :

- Connaître parfaitement ses chauffeurs
- Sélectionner seulement les chauffeurs qui n'ont pas dépassés le nombre de rotation autorisé
- Revoir toutes les rotations que le chauffeur a fait durant ces 3 derniers jours, pour ensuite décider le nombre de rotation qui fera ce jour-là.

Ce tableau ci-dessus illustre l'attribution de chaque camion son chauffeur :

Chauffeur avec nombre de rotation		
Code camion	Nom du chauffeur	Rotation autorisé
L3952	CHAIBI	2
L3746	CHELALI	2
L3995	LAMAMRI	2
L2756	TAOUCHE	3
L2767	AMAROUCHE	3
L3788	TIGHILT	3
L3747	AIT AHMED	3
L3787	GUENDOUZ	2
L3312	AKACHE	2
L3313	FARAA	2
E983	SI TEYEB	3

Tableau 5. 4 La sélection des chauffeurs

3.4 Exécution du programme

On a tout mis au point afin que le logiciel nous donne le meilleur programme, la vérification et la validation des commandes, choix de la flotte, la sélection des chauffeurs, l'heure de la transportation du carburant...

Ce tableau ci-dessus illustre le programme final, que le dispatche associe à chaque station le camion, ainsi que son chauffeur au client afin d'approvisionner sa station en quantité demandée :

Programme final du 07 /juillet : 2021		
Code camion	Chauffeur	Destination
L2756	TAOUCHE	GD A-E-HAMMAM - LA CRETE - TIZI EST CHABANE
L2767	AMAROUCHE	HAMMOUTENE - MEDIS AIT BENAMARA - BELARBI CHABAN
L3952	CHAIBI	BELKADI - SOLTANI
L3788	TIGHILT	RELAIS VERT - TIZI-VERT - CHABANE AZIZ FRERES
L3995	LAMAMRI	DJOUDER - MAHYOUT DJEMAA
L3746	CHELALI	SEBAOU - BELLAHOUS
L3747	AIT AHMED	BELOUAR CIE - BOUKERSI MOHZMED - AILAM OUIDIR
L3787	GUENDOUZ	HADDAD - GD AZAZGA (R1516)
BENHAMLAT	/	R.N. N12 - GD TAKDEMPT
L3312	AKACHE	HAMEG - GD AZEFFOUN
L3313	FARAA	MESSAOUDENE - GD AZAZGA (R1517)
METTOUCHI	/	BADKOUF ET FILS - ROUGAB
E983	SI TEYEB	GD TIZI OUZOU (R1502) - GD D-B-K - ZIDANE

Tableau 5. 5 Le programme de distribution final

Après avoir associé à chaque camion et son chauffeur sa destination durant la journée selon le nombre de rotation à faire de chaque chauffeur, le logiciel finalise par un tableau ordonné qui attribue à chaque station, son code de commande, nom du chauffeur, la quantité à livrer, ainsi que l'horaire et la date de la livraison.

C'est ce programme-là qui est transféré directement au niveau de la facturation, pour qu'ensuite les procédures du chargement soient faites.

Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté ce que le logiciel dispatching et le dispatcheur, font durant une journée de programmation de toutes les destinations ainsi que les rotations à faire, afin d'alimenter les stations-services et satisfaire les clients, minimiser les couts de transport et maximiser la rentabilité.

Ce chapitre détaille parfaitement toutes les étapes effectuées, de la réception des commandes à la finalisation et implémentation du programme de la journée.

Conclusion général

L'essentiel de notre mémoire porte sur l'étude et la résolution d'une problématique réelle concernant le centre de distribution et commercialisation des produits pétroliers NAFTAL, au niveau d'OUED-AISSI. L'objectif principal de notre travail est d'évaluer les performances des centres de stockages de carburants au sein de l'entreprise. Ainsi, proposer un programme mathématique en présentant les méthodes et les outils d'aide à la décision qui permettraient au preneur de décision de trouver des solutions à des problèmes de distribution, afin de préserver le bon fonctionnement du programme, minimiser les coûts de transport, tout en préservant la flotte et satisfaire au mieux les clients.

Notre mission était de proposer un programme d'optimisation qui permet de minimiser les coûts et répartir les commandes selon les destinations. Ce programme mathématique s'articule autour du problème de transport qui se distingue par la particularité de ses caractéristiques, telles que la présence d'une flotte de véhicules, ainsi que les capacités de stockage des dépôts. Ce problème est lié à l'activité de distribution de différents carburants à des clients répartis dans des régions différentes, moyennant des camions citernes de capacités différentes, à partir de deux dépôts répartis sur deux régions différentes, celui situé à Kherrouba et le second à OUED AISSI vers les stations-services.

La compréhension du processus de travail au sein de l'entreprise a été nécessaire pour la résolution de la problématique ainsi que la construction du modèle mathématique. Nous avons pu cueillir les données et informations nécessaires grâce aux entretiens que nous avons eus avec les différents fonctionnaires de NAFTAL, ainsi qu'aux recherches bibliographiques effectuées.

Notre principale contribution élève sur la comparaison entre la méthode de résolution et le logiciel utilisé par NAFTAL. On a pu constater que la méthode de distribution à travers l'historique de l'entreprise fait face à des anomalies, ces dernières qu'on a pu résoudre et améliorer grâce à notre programme mathématique. Ce programme nous a mené à conclure que l'utilisation de la flotte tiers (privée) ainsi que l'alimentation du dépôt de Kherouba reviennent très cher.

Cependant, le logiciel dispatching reste le meilleur moyen afin de mettre au point un programme de distribution fiable. Il permet aussi d'archiver toutes les informations dans le but de faciliter et d'informatiser le travail en réduisant les tâches manuelles.

Ce qui a affirmé la validation de nos approches, elles ont été exécutées sur des instances réelles de l'entreprise NAFTAL. Ce qui nous a prouvé le bon comportement de nos méthodes.

Bibliographie

- [1] AIDEN, M., & OUKACHA, B. (2005). *programmation linéaire*. Recherche Opérationnelle (UMMTO).
- [2] BONDY, J., & MURTY, U. (2007). *Théorie des graphes*, (éd. 2eme).
- [3] Borne, S. (2012). *Flots dans les réseaux Algorithmique de graphes*. université-paris 13.
- [4] BOUDHAR, M. (2021). *Cour RO2MIR, transport et distribution*. Université de science et technologie Houari Boumediene.
- [5] BRETTO, A., & AL. (2012). *Eléments de théorie des graphes*,. Paris: Springer.
- [6] CORMEN, T., LEISERSON, C., & RIVEST. (1997). *Introduction à l'algorithmique*, (éd. Dunond).
- [7] COSTA, M. (2014). *Note de cours : Optimisation dans les graphes*. Paris.
- [8] DIDIER.M. (2012). *Introduction à la théorie des graphes*. CRM.
- [9] *Documents NAFTAL*. (s.d.).
- [10] DOLAMA, M. (2005). *Contribution à l'étude de quelques problèmes de graphes*. université de Bordeaux 1.
- [11] GIVRY, S., & SCHIEX, T. (2013). *Introduction à la théorie des graphes*,.
- [12] HAMROUNI, B. (2008). *Désambiguïsation dans la typification de données textuelles à des fins d'analyses catégorielles*. université du Québec,.
- [13] LABELLE, J. (1981). *Théorie des graphes Modulo*. CANADA.
- [14] Mancel, C. (2004). *Modélisation et résolution de problèmes d'optimisation combinatoire issus d'applications spatiales, thèse de doctorat*. Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
- [15] Michel, B. (s.d.). *Graphes et réseaux*. école polytechnique fédérale Lausanne.
- [16] RIGO, M. (2009). *Notes de cours : Théorie des graphes*. Université de Liège.
- [17] www.naftal.dz. (s.d.).
- [18] www.nerstices.info. (s.d.).