

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Abderahmane Mira de Béjaïa  
Faculté Des Sciences Exactes  
Département de Recherche Opérationnelle



## MÉMOIRE DE FIN DE CYCLE

*En vue de l'obtention du diplôme de Master en Recherche Opérationnelle  
Option : Modélisation Mathématique et Techniques de Décision*

# THÈME

*Elaboration D'un Plan De  
Distribution Des Carburants  
Cas : Entreprise NAFTAL-Béjaïa*

Présenté par :

DJAOUANI Djedjiga & SAADI Lydia

Devant le jury composé de :

Président	M <sup>r</sup> BIBI Mohand Ouamer	Professeur	U. A/Mira Béjaïa.
Rapporteur	M <sup>r</sup> BRAHMI Belkacem	M.C.B	U. A/Mira Béjaïa.
Examineur	M <sup>r</sup> KHIMOUM Noureddine	M.A.A	U. A/Mira Béjaïa.
Examinatrice	M <sup>me</sup> Amarouche Soria	M.A.A	U. A/Mira Béjaïa.



# Remerciements

Louange à Allah le miséricordieux de nous avoir donné le courage, la force et la volonté pour la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions chaleureusement et spécialement notre Promoteur *M<sup>r</sup>* B.BRAHMI qui a accepté de nous encadrer pour la réalisation de ce modeste travail, et qui nous a orientées dans notre travail, nous exprimons nos profonds remerciements pour son aide, ses conseils et sa compréhension.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à *M<sup>r</sup>* F.TALALEBIR, *M<sup>r</sup>* K.BENOUARET et à toute l'équipe de NAFTAL-Béjaia.

Nous remercions *M<sup>r</sup>* M.O.BIBI qui nous fait l'honneur de présider ce jury.

Nous exprimons également notre gratitude à *M<sup>r</sup>* KHIMOUM et *M<sup>me</sup>* AMAROUCHE qui ont accepté d'examiner ce travail.

Enfin, que toute personne qui, d'une façon ou d'une autre, a contribué à la réalisation de cette étude, trouve ici le témoignage de nos plus vives gratitudes.



Je dédie ce modeste travail :

- \* A ma très chère mère qui m'a soutenue et encouragée,
- \* A la mémoire de mon père,
- \* A mes trois frères et ma soeur Djida,
- \* A ma très chère amie et binôme Lydia,
- \* A tous et toutes mes ami(e)s.
- \* A tous les gens que j'aime et dont je n'ai pas cité les noms.

*M<sup>elle</sup>* DJAOUANI DJEDJIGA

Je dédie ce modeste travail :

- \* A ceux qui ont attendu ce travail avec impatience, qui n'ont pas cessé de m'encourager, mes très chers parents.
- \* A mes frères et ma soeur Amel ,
- \* A mon amie et binôme Djedjiga, merci pour ta présence, ton amitié et pour avoir su m'écouter durant toute cette année,
- \* A tous ceux qui m'ont aidée,
- \* A tous ceux qui me sont chers et dont je n'ai pas cité le nom.

*M<sup>elle</sup>* SAADI LYDIA

# Liste des Abréviations

- NAFTAL : NAFT ALgerie.
- CLP : Carburants, Lubrifiants, Pneumatiques.
- GD : Gestion Directe.
- RO : Revendeur Ordinaire (petite station privée).
- PVA : Point de Vente Agréé (station privée agréée par NAFTAL).
- GPL : Gaz Pétrolier Liquide.
- LPB : Lubrifiant, Pneumatique, Bitume.
- TSP : Traveling Salesman problem (Problème de Voyageur de Commerce).
- VRP : Vehicule Routing Problem (Problème de tournées de véhicules).
- SPA : Société Par Action.
- UND : Unité NAFTAL de Distribution.
- ERDP : Entreprise Nationale de Raffinage et de Distribution des produits Pétroliers.

# Table des matières

<b>Table des Matières</b>	<b>i</b>
<b>Table des Figures</b>	<b>ii</b>
<b>Liste des Tableaux</b>	<b>iii</b>
<b>Introduction Générale</b>	<b>1</b>
<b>1 Présentation de l'entreprise NAFTAL de Béjaia</b>	<b>3</b>
1.1 Description générale de l'entreprise . . . . .	3
1.1.1 Historique . . . . .	3
1.1.2 Organisation . . . . .	4
1.2 Missions et objectifs de l'entreprise . . . . .	7
1.2.1 Missions principales . . . . .	7
1.2.2 Objectifs principaux . . . . .	8
1.3 Explication de la charte graphique . . . . .	8
1.4 Le marché de l'entreprise . . . . .	9
1.4.1 Clientèle réseaux . . . . .	9
1.4.2 Gros consommateurs . . . . .	9
1.5 Description générale de l'organisme d'accueil . . . . .	9
1.5.1 Organisation . . . . .	9
1.5.2 Missions de l'agence . . . . .	10
1.5.3 Moyens matériels et humains . . . . .	10
1.5.4 L'organisation de l'agence commerciale . . . . .	11
1.6 Problématique . . . . .	16
1.6.1 Introduction . . . . .	16
1.6.2 Position du problème . . . . .	16

<b>2 Outils fondamentaux de l'optimisation combinatoire</b>	<b>18</b>
2.1 Optimisation combinatoire . . . . .	18
2.2 La théorie de la complexité . . . . .	19
2.3 Les problèmes classiques d'optimisation combinatoire . . . . .	20
2.3.1 Le Problème d'Affectation . . . . .	20
2.3.2 Le Problème du Plus Court Chemin . . . . .	21
2.3.3 Le Problème de Transport . . . . .	22
2.3.4 Le Problème du Voyageur de Commerce (TSP) . . . . .	23
2.3.5 Le Problème de Tournée de Véhicule (VRP) . . . . .	24
2.4 Présentation de quelques méthodes de résolution du VRP . . . . .	30
2.4.1 Les Méthodes Exactes . . . . .	30
2.4.2 Les Méthodes Approchées . . . . .	31
2.5 Conclusion . . . . .	38
<b>3 Modélisation du problème</b>	<b>39</b>
3.1 Les éléments d'un modèle mathématique . . . . .	40
3.2 Formulation mathématique du problème . . . . .	40
3.3 Evaluation du modèle . . . . .	43
3.3.1 Nombre de variables . . . . .	43
3.3.2 Nombre de contraintes . . . . .	43
3.4 Approches de résolution . . . . .	43
3.4.1 Méthode du plus proche voisin . . . . .	43
3.5 Conclusion . . . . .	44
<b>4 Implémentation de l'application</b>	<b>46</b>
4.1 Description du langage de programmation Delphi . . . . .	46
4.2 Présentation de l'application : . . . . .	47
4.2.1 Contenu de l'application . . . . .	49
4.3 Exemple d'application . . . . .	55
4.4 Conclusion . . . . .	58
<b>Bibliographie</b>	<b>60</b>

# Table des figures

1.1	Organigramme général de l'entreprise NAFTAL Béjaia. . . . .	5
1.2	Personnel de l'agence en chiffres . . . . .	11
1.3	Organisation structurelle de l'agence commerciale. . . . .	12
1.4	Organigramme de l'agence commerciale. . . . .	15
2.1	Exemple de problème de VRP à $n = 20$ clients résolu avec $m = 4$ véhicules. . . . .	25
2.2	Classification des problèmes de tournées de véhicules. . . . .	28
2.3	Schéma de l'heuristique du plus proche voisin. . . . .	32
2.4	Matrice des distances . . . . .	32
2.5	Ajouter la liaison $(i,j)$ et enlever $(i,0)$ et $(j,0)$ . . . . .	33
2.6	Le principe de fusion de tournées . . . . .	33
3.1	Organigramme adapté au problème étudié. . . . .	45
4.1	Principe de fonctionnement. . . . .	48
4.2	Fenêtre principale de l'application. . . . .	49
4.3	Onglet "Liste des commandes" de la table commande. . . . .	50
4.4	Onglet "Liste des clients" de la table Client. . . . .	51
4.5	Onglet "Liste des produits" de la table produit. . . . .	51
4.6	Onglet "Liste des chauffeurs" de la table chauffeur. . . . .	52
4.7	Onglet "Liste des citernes" de la table citerne. . . . .	52
4.8	Onglet "Liste des tracteurs" de la table tracteur. . . . .	53
4.9	Onglet "Situation des bons de commande" de la table Situation des bons de commande. . . . .	53
4.10	Onglet "Affectation" de la table Affectation. . . . .	54
4.11	Onglet "bon satisfait" de la table bon satisfait. . . . .	54

# Liste des tableaux

4.1	La liste des clients qui ont passé des commandes . . . . .	56
4.2	Les citernes disponibles . . . . .	57



# Introduction Générale

La Recherche Opérationnelle (RO), aussi appelée science du management ou science de la décision, est une discipline dont l'objet est d'aider les gestionnaires à prendre des décisions en utilisant des modèles et des méthodes scientifiques adaptées [15].

On situe la naissance de la RO lors de la deuxième guerre mondiale, lorsque l'Etat-major britannique fait appel à des équipes de mathématiciens et de physiciens, pour l'aider à analyser des questions de stratégie militaire (développement d'un réseau de radars, organisation des convois maritimes,...). Après la guerre, cette approche scientifique des problèmes de décision a été transposée au monde économique et industriel, où elle a connu de nombreux succès [5].

L'application de la Recherche Opérationnelle au domaine du transport a permis d'aboutir à des solutions satisfaisantes pour des problèmes relativement complexes et difficiles, tels que ceux relatifs à l'optimisation des coûts de transport.

Le problème de base de transport, probablement celui le plus étudié, est le problème du voyageur de commerce (traveling salesman problem) qui permet de visiter un ensemble de clients avec un seul camion, le problème consiste donc à trouver l'ordre dans lequel chacun des clients sera visité. Pour ce problème, de nombreuses contraintes peuvent s'ajouter permettant ainsi de s'adapter à des problèmes pratiques rencontrés dans la distribution par camionnage. Par exemple, le problème de tournées de véhicules (vehicle routing problem) est un autre problème étudié par plusieurs chercheurs [35].

L'industrie pétrolière est un maillon clé de l'infrastructure industrielle mondiale, où l'extraction du pétrole brut représente la partie en amont de cette industrie. À l'opposé, la partie en aval, est composée des secteurs de raffinage, de vente ainsi que la distribution. Cette dernière, complète la chaîne pétrolière en acheminant les produits finis vers les points de vente. Pour ce faire, il existe trois modes de transports, qui varient selon les régions : la voie maritime, la voie ferroviaire et le réseau routier, c'est par ce dernier mode de transport que sont approvisionnées les stations-service à partir des dépôts intermédiaires ou directement des raffineries. En Algérie, la distribution et la commercialisation des produits pétroliers sont l'apanage de la société NAFTAL.

L'entreprise NAFTAL à l'instar des autres entreprises n'échappe pas aux problèmes générés par la distribution. Dans le but de résoudre ces derniers, nous avons proposé un modèle mathématique pour l'optimisation de la distribution en tenant compte des différentes contraintes (le nombre de

camions-citernes, la capacité de chaque camion-citerne, la répartition géographique des clients, . . .) et nous avons résolu le problème avec une méthode approchée.

L'objectif de notre étude est l'élaboration d'un plan de distribution des produits pétroliers au sein de l'entreprise NAFTAL-Béjaia, elle s'articule sur quatre chapitres principaux et se présente comme suit :

Le premier chapitre, dont nous donnons une brève présentation de l'entreprise NAFTAL-Béjaia, ainsi que celle de la branche commerciale et nous poursuivrons ensuite par la problématique de notre étude.

Dans le second chapitre, nous avons rappelé quelques concepts de base de l'optimisation combinatoire qui sont utiles pour notre étude. Le troisième chapitre introduit la modélisation mathématique du problème de distribution des carburants ainsi que la méthode de résolution .

L'application informatique développée, les résultats obtenus en la déroulant et l'interprétation des résultats sont décrits nécessairement dans le quatrième chapitre. Enfin nous terminons par une conclusion générale.

# Chapitre 1

## Présentation de l'entreprise NAFTAL de Béjaia

Pour bien cerner notre sujet d'étude, nous commencerons par présenter une image synthétique, relative à son champ d'application, c'est ainsi qu'on va essayer tout au long de ce chapitre, d'exposer l'essentiel des éléments pouvant donner une présentation de l'entreprise de distribution et de commercialisation des produits pétroliers NAFTAL (Société Par Action "SPA"). Ces éléments porteront sur l'historique de la société, son organisation interne, et ses missions.

### 1.1 Description générale de l'entreprise

#### 1.1.1 Historique

Issue de SONATRACH , (société nationale pour la recherche, transport, production, transformation, la commercialisation des hydrocarbures), l'entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers (ERDP) a été créée par le décret N° 80-101 du 06 avril 1980.

Entrée en activité le 01/01/1982, elle est chargée de l'industrie de raffinage et de la distribution de produits pétroliers.

Le 04 mars 1985, les anciens districts (carburants, lubrifiants, pneumatique et bitume) ont été regroupée sous le nom UND (unité NAFTAL de distribution).

En 1987, l'activité raffinage est séparée de la distribution, conformément au décret N° 87-189 du 25 août 1987 modifiant le décret N° 80-101 du 06 avril 1980, portant création de l'entreprise nationale de raffinage et de distribution des produits pétroliers, qui a créé une entreprise nationale dénommée " Entreprise nationale de commercialisation et de distribution de produits pétroliers ", sous le sigle de " NAFTAL " .

A partir de 1998, elle change de statue et devient société par action filiale à 100% de SONATRACH, en intervenant dans les domaines suivants :

- De l'enfûtage GPL.
- De la formulation des bitumes.
- De la distribution, stockage et commercialisation des carburants, GPL, lubrifiants, bitumes, pneumatique.

Le 01 janvier 2000 l'activité GPL enfûtage est séparée de l'activité CLP (carburants, lubrifiants et pneumatiques).

Par décision N° S554 du 29 mars 2000, il a été procédé à l'organisation générale de la division CLP et l'identification des zones de distribution CLP.

Par décision N° S555 du 29 mars 2000, il a été procédé à la création des zones distribution CLP.

Par décision N° S606 du 10 Février 2001, il a été procédé à l'organisation et la classification des centres bitumes de la division bitume.

Par décision N° S 705 du 17 juin 2002, il a été procédé à la renomination des zones de distribution CLP et GPL en district.

Par décision N° S770 du 03 janvier 2004, il a été procédé à la création des districts commercialisation. A partir du 01 décembre 2006, l'activité carburants est séparée de l'activité commercialisation [9].

### **1.1.2 Organisation**

L'entreprise NAFTAL-Béjaia a pour mission principale, la distribution et la commercialisation des produits pétroliers.

Le schéma de la macrostructure de l'entreprise s'articule autour de trois pôles :

- La direction générale.
- Les structures fonctionnelles.
- Les structures opérationnelles (branches).

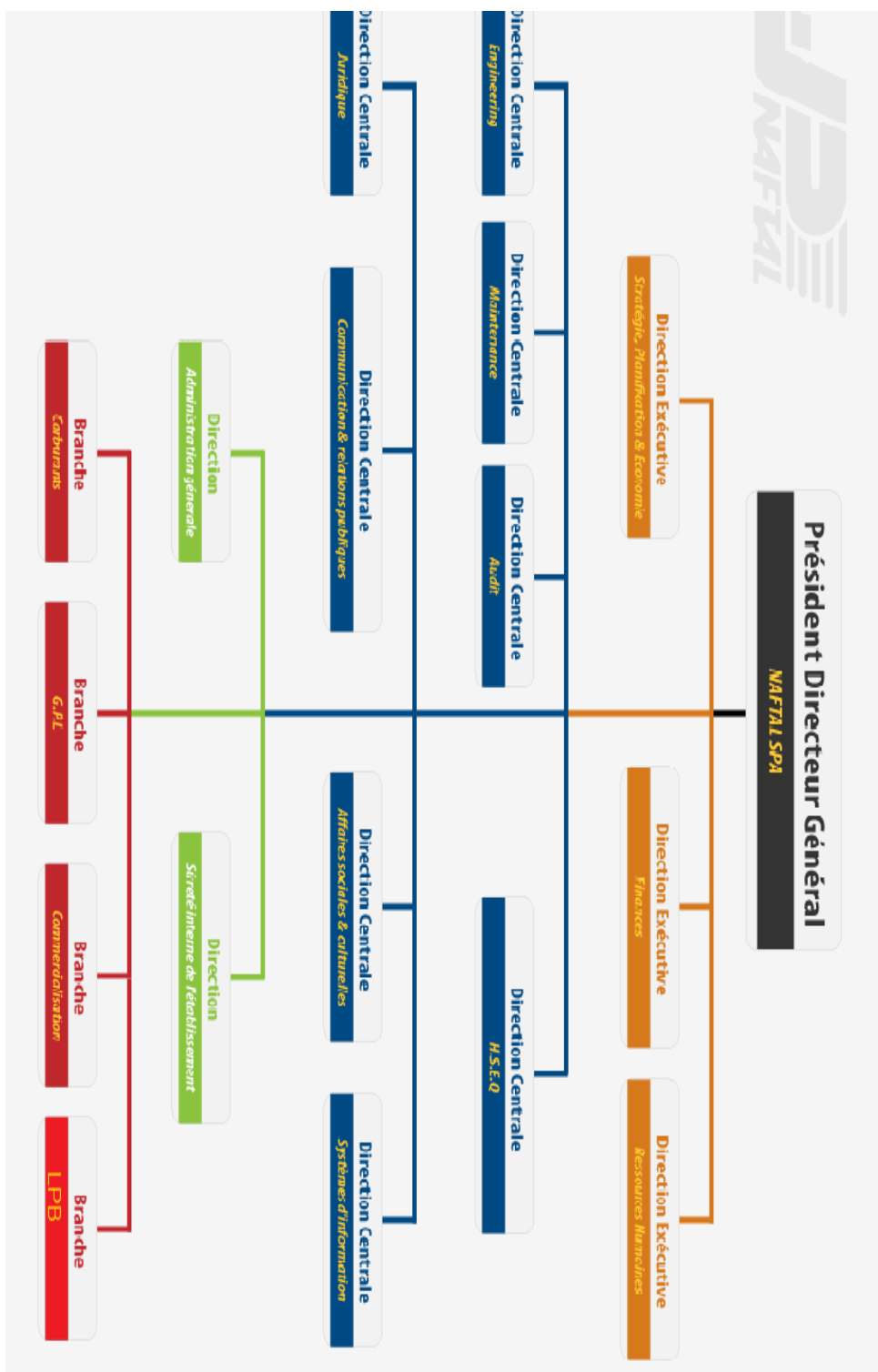


FIGURE 1.1 – Organigramme général de l'entreprise NAFTAL Béjaia.

## A. La direction générale

Elle est composée du Président Directeur Général (PDG) qui est secondé par :

- **Conseillés et assistants** : sont chargés d'assister le PDG dans l'exercice de ses fonctions et dans la prise de décisions stratégiques ainsi qu'en matière d'activités internationales et relations presse et média.
- **Le comité exécutif** : présidé par le PDG et composé des directeurs de divisions, directeurs exécutifs : ce comité se charge de définir et d'arrêter les grands axes stratégiques de développement de l'entreprise.
- **Le comité directeur** : est présidé par le PDG et composé des directeurs de divisions, directeurs exécutifs, directeurs centraux, directeur de l'administration générale et un représentant du partenaire social. Son rôle est d'assister le PDG dans la gestion et le contrôle des activités de l'entreprise [9].

## B. Les structures fonctionnelles

Elles sont organisées comme suit :

### • Les Directions Exécutives

- **Direction Stratégie, Planification et Economie** : elle est chargée de l'élaboration de la politique de l'entreprise notamment dans l'identification et à atteindre à court, moyen et à long terme ainsi que le suivi des mises en oeuvre notamment en matière de l'investissement et de plan de la planification des objectifs production.
- **Direction Finance** : elle est chargée du financement, du contrôle budgétaire, de la trésorerie et la comptabilité de gestion.
- **Direction Ressources Humaines** : elle détermine la réglementation et les relations de travail, le suivi des employés, des formations et la gestion des carrières.

### • Les Directions Centrales

- **Direction Audit** : elle assure la conduite des missions d'audit à travers l'ensemble des structures de l'entreprise.
- **Direction Hygiène, Sécurité Industrielle, Environnement et Qualité** : elle établit les règles et consignes de sécurité industrielle. Cette structure est chargée également d'adapter et de définir les normes et procédures relatives à la protection de l'environnement.
- **Direction Engineering** : elle est chargée des études et du développement des infrastructures de stockage et de distribution de tous les produits commercialisés par l'entreprise.
- **Direction Maintenance** : elle exécute les actions adéquates pour la résolution de problèmes de maintenance sur les équipements.
- **Direction Juridique** : elle assure le respect des dispositions législatives et réglementaires applicables aux différentes activités de l'entreprise.

- **Direction Communication et Relations publiques** : s'occupe de la promotion de l'image de marque de l'entreprise, de ses produits et de ses réalisations auprès de différents publics (consommateurs, presse, pouvoirs publics. .).
  - **Direction Affaires sociales et Culturelles** : définir une stratégie de communication et de négociation pour faciliter l'acceptation du changement par les partenaires sociaux et l'ensemble de l'entreprise.
  - **Direction Systèmes d'information** : elle s'occupe du développement et de la réalisation des projets informatiques.
- **Les Directions de Soutien**
- Elles assurent la gestion administrative du siège social de l'entreprise, et qui sont :
- Direction Administration Générale.
  - Direction Sûreté Interne de l'Etablissement.

### C. Les structures opérationnelles

Les structures opérationnelle de la société sont organisées en ligne produite. Elle sont organisées en 4 branches qui sont les suivantes :

1. Branche Carburants (Gasoil, Essence Normale, Essence Super) ;
2. Branche Commercialisation ;
3. Branche LPB ;
4. Branche Gaz de Pétrole Liquéfié (GPL).

## 1.2 Missions et objectifs de l'entreprise

### 1.2.1 Missions principales

Les missions principales de l'entreprise sont :

- Organiser et développer l'activité de commercialisation et de distribution des produits pétroliers ;
- Stocker et transporter tous les produits pétroliers commercialisés sur le territoire national ;
- Veiller au respect des mesures relatives à la sécurité industrielle, à savoir la sauvegarde et la protection de l'environnement ;
- Procéder à toute étude de marché en matière d'utilisation et de consommation des produits pétroliers ;
- Développer une image de marque de qualité ;
- Développer et mettre en oeuvre les actions visant à une utilisation optimale et rationnelle des infrastructures et moyens.

### 1.2.2 Objectifs principaux

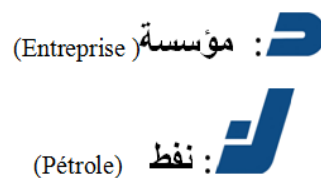
A travers son plan de développement, NAFTAL vise les objectifs suivants :

- Optimiser le circuit de distribution ;
- Réduire les coûts de transport ;
- Améliorer la rotation des stocks ;
- Améliorer la qualité du service.

### 1.3 Explication de la charte graphique



1. La charte graphique de NAFTAL est composée de deux lettres arabes :



2. Label : NAFTAL en arabe et en français : NAFT Algérie.

3. Les cinq lignes : qui représente les cinq branches à savoir : Carburants, Commercialisation, Activités internationales et partenariat, LPB et GPL.

4. Deux couleurs :

- **Le bleu** : pour les deux lettres et le label (NAFTAL), synonyme de largeur et d'horizon.
- **Le jaune** : pour le fond du logo , symbole du sérieux.



## 1.4 Le marché de l'entreprise

La clientèle de NAFTAL est classée en deux grandes catégories.

### 1.4.1 Clientèle réseaux

Cette clientèle se divise en plusieurs parties, en fonction de ses liens juridiques avec NAFTAL :

- Stations services en Gestion Directe (GD) : ce sont des stations gérées directement par NAFTAL à l'aide d'un personnel salarié.
- Stations services en Gestion Libre (GL) : ce sont des stations appartenant à NAFTAL dont les fonds de commerce sont confiés en location gérance à des particuliers.
- Revendeurs Ordinaires (RO) : point de ventes de faible capacité de stockage et de distribution, liés à NAFTAL par un contrat commercial.
- Points de Ventes Agréés (PVA) : stations services réalisées entièrement par des investisseurs.

### 1.4.2 Gros consommateurs

Ce sont principalement des consommateurs disposant de capacités de stockage (clients qui disposent des bacs ou réservoirs pour stocker le produit).

1. Les entreprises publiques et privées ;
2. Les administrations et les collectivités locales ;
3. Les hôpitaux ;
4. La défense nationale ;
5. Le secteur agricole, domestique, etc....

## 1.5 Description générale de l'organisme d'accueil

L'Agence Commerciale de Béjaia est une nouvelle structure créée à partir du 1<sup>er</sup> Janvier 2007, suite à l'application de la décision *N°S.767R9* du processus de séparation des structures et activités spécifiques à la "Commercialisation" de celles spécifiques aux flux des "Carburants".

### 1.5.1 Organisation

L'Agence Commerciale de Béjaia est une structure commerciale relevant du District Commercialisation de Tizi Ouzou, chargée essentiellement de la distribution et la commercialisation des produits pétroliers à travers le territoire de la Wilaya de Béjaia.

## 1.5.2 Missions de l'agence

L'Agence Commerciale de Béjaia a pour missions :

- Assurer l'animation commerciale et la gestion des clients de l'agence ;
- Contrôler la réalisation du programme de livraison et s'assurer de la satisfaction des commandes de la clientèle par les centres livreurs ;
- Assurer la prise en charge des nouveaux clients (réception dossier et analyse préliminaire avant envoi au district commercialisation pour codification) et des dossiers des clients existants ;
- Assurer la vente des tickets à crédit carburants ;
- Approuver les bons de commande de la clientèle ;
- Tenir une comptabilité des produits commercialisés ;
- Diriger le personnel de l'agence et assurer la gestion des courriers avec le district commercialisation et les structures NAFTAL de l'agence.

## 1.5.3 Moyens matériels et humains

L'agence Commerciale de Béjaia dispose d'un nombre important de moyens matériels et humains :

### A-Moyens matériels

Pour assurer sa mission principale de distribution et commercialisation des carburants, l'agence commerciale s'est dotée d'un parc de transport réparti comme suit :

- 57 Tracteurs ;
- 01 Camion plateau ;
- 55 Remorques citernes ;
- 02 Véhicules de service ;
- 01 Fourgon.

### B-Moyens humains

Dans le but de concrétiser ses objectifs, l'agence Commerciale dispose d'un capital humain qui est a l'ordre de 230 agents répartis comme suit :

<b>Catégorie</b>	<b>Permanent</b>	<b>Temporaire</b>
Cadres supérieurs	0	0
Cadres	27	0
Maîtrise	74	0
Exécution	117	12
<b>TOTAL</b>	<b>218</b>	<b>12</b>

FIGURE 1.2 – Personnel de l'agence en chiffres

Ce chiffre comprend le nombre de personnes employées dans les différents secteurs à savoir :

- Les stations gérées par l'agence Commerciale, les stations services en Gestion Directe (GD) ;
- Le garage matériel ;
- Le centre de distribution ;
- L'agence commerciale de Béjaia.

#### **1.5.4 L'organisation de l'agence commerciale**

L'organisation de l'agence Commerciale est présentée à travers l'organigramme suivant [9] :

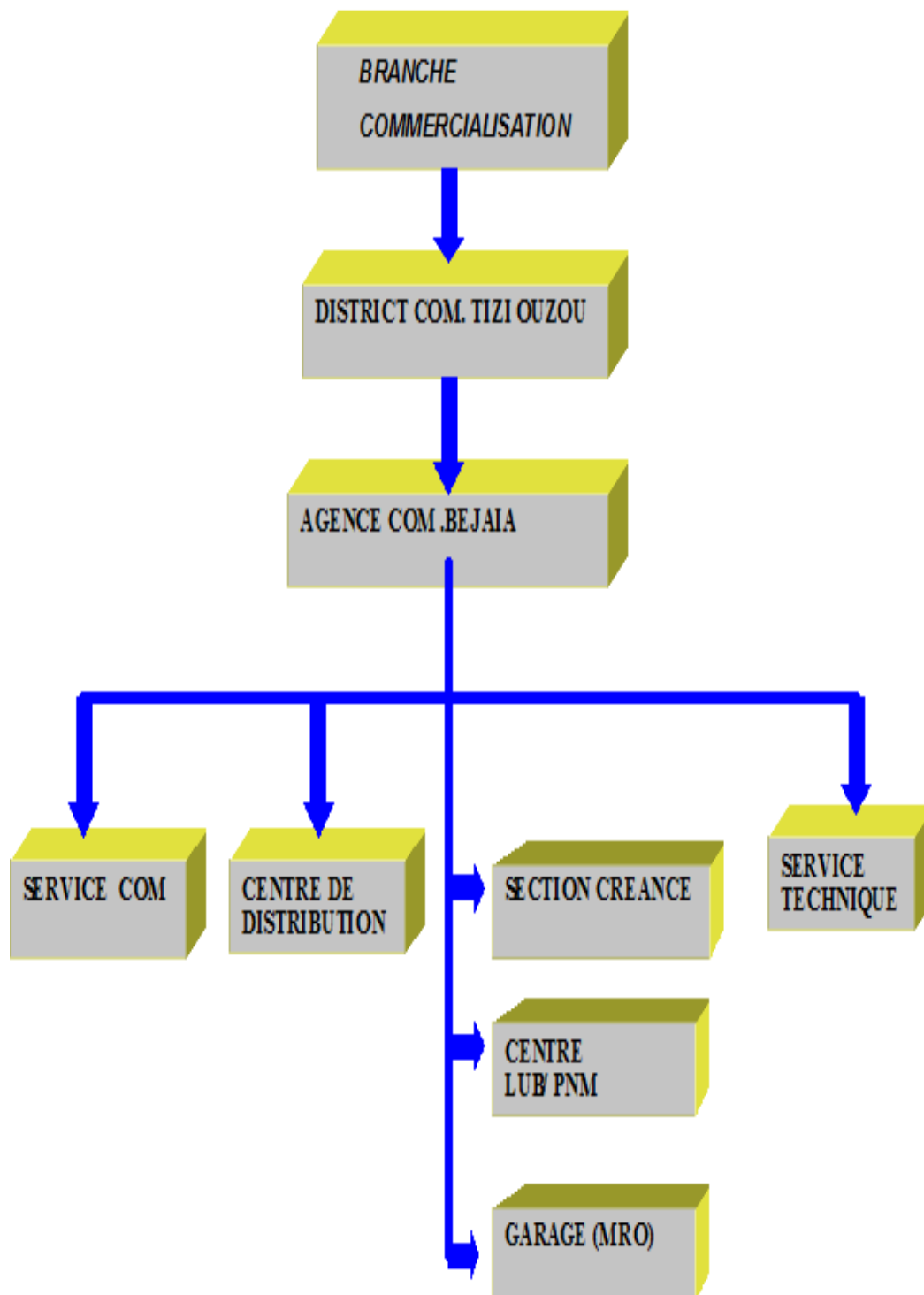


FIGURE 1.3 – Organisation structurelle de l'agence commerciale.

L'agence Commerciale de Béjaia est organisée comme suit :

- Deux Services (Commercial et Technique) ;
- Un Centre de Distribution ;
- Un Garage Matériel ;
- Une Section Créances ;
- Un Centre Lubrifiants / Pneumatiques.

#### **1.5.4.1 Missions des structures de l'agence Commerciale**

##### **A- Service Commercial :**

- Le suivi et le contrôle de la gestion des stations service GD ;
- Assure la disponibilité des produits au niveau des points de vente ;
- Réalisation d'étude pour répondre aux exigences du marché ;
- Préserve l'image de marque de NAFTAL sur l'ensemble du réseau ;
- Suivi de l'opération de lancement du système de paiement électronique ;
- Veille à l'application des tarifs en vigueur pour tous les produits.

##### **B- Service Technique :**

- Assure le suivi et le contrôle des attachements des travaux des projets ;
- Assure l'entretien et la maintenance des équipements au niveau des stations service.

##### **C- Centre de Distribution :**

- Organiser, coordonner et exécuter les programmes de distribution des carburants ;
- Exploiter les moyens de transport carburants et en assurer la maintenance ;
- Réceptionner et traiter les commandes des clients ;
- Elaborer le programme de livraison, désigner les moyens de transport et personnel de conduite, émettre les documents sources ;
- Transmettre le programme de livraison au dépôt carburant et contrôler l'exécution ;
- Facturer toute la clientèle y compris les stations service en GD et autres structures de NAFTAL ;
- Assurer le recouvrement des chèques des factures au comptant et procéder au versement des espèces et chèques au compte recettes ;
- Gérer les magasins de pièces de rechange, ateliers et les infrastructures de maintenance de matériel ;
- Gérer, suivre et contrôler le personnel du centre ;
- Elaborer le budget annuel et le bilan du centre.

##### **D- Garage Matériel :**

- Gère et suit le matériel ;
- Elabore le programme de gestion du parc de l'Agence ;
- Assure la maintenance de la flotte.

**E- Section Créances :**

- Suivi des créances ;
- Etablissement d'une situation mensuelle des créances ;
- Recouvrement des créances.

**F- Centre Lubrifiants / Pneumatiques :**

- Gérer les relations avec la clientèle carburant ;
- Organiser, coordonner et exécuter les programmes de distribution des LUB/PNM ;
- Exploiter les moyens de transport LUB/PNM et assurer la maintenance ;
- Réceptionner et traiter les commandes et requêtes des clients ;
- Elaborer le programme de livraison, désigner les moyens de transport et personnel de conduite, émettre les documents source ;
- Transmettre le programme de livraison au dépôt carburant et contrôler l'exécution ;
- Facturer toute la clientèle y compris les stations-service Gestions Directs et autres structures de NAFTAL ;
- Assurer le recouvrement des chèques des factures au comptant et procéder au versement des espèces et chèques au compte recettes ;
- Gérer, suivre et contrôler le personnel du centre ;
- Elaborer le budget annuel et le bilan du centre.

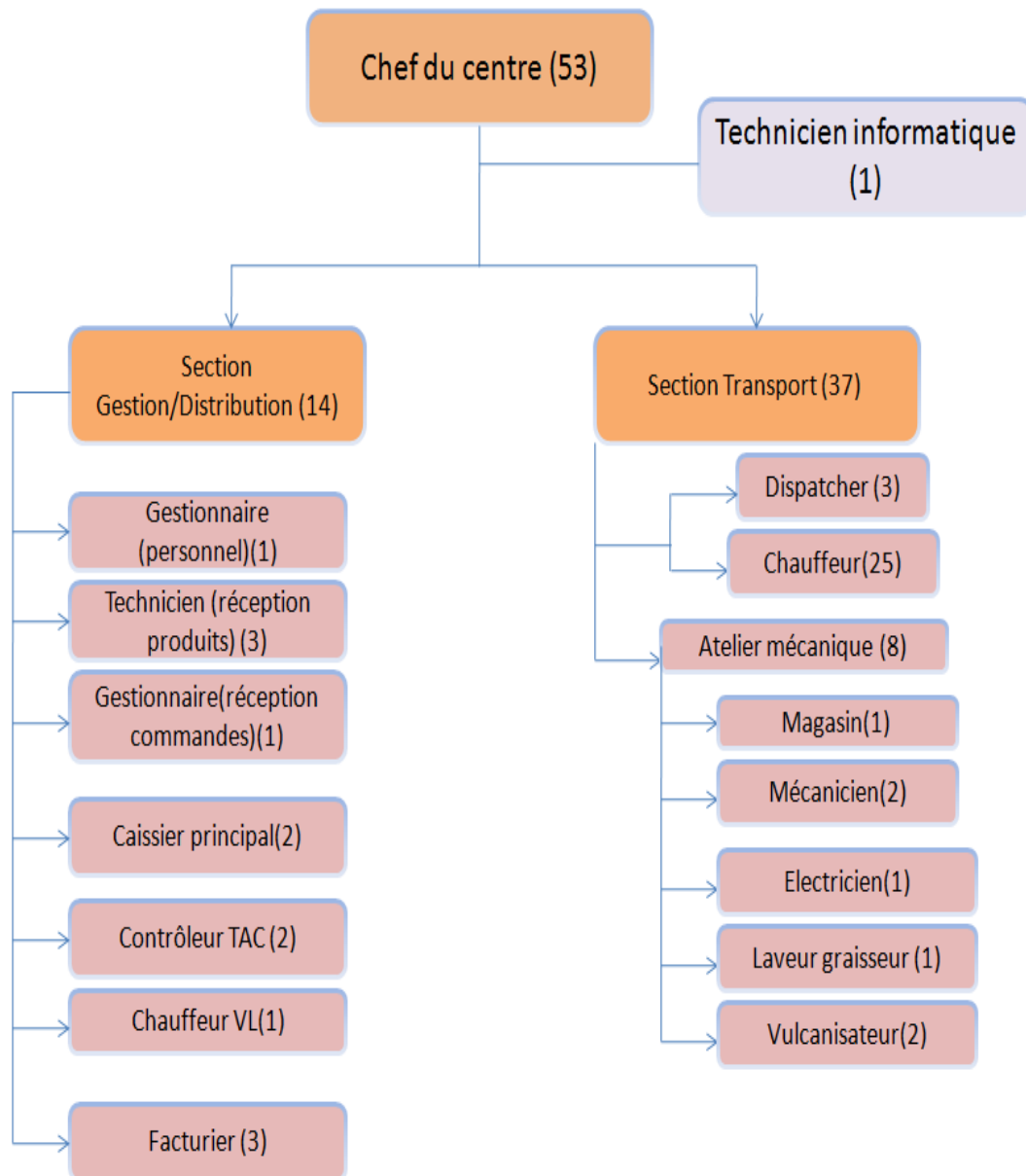


FIGURE 1.4 – Organigramme de l'agence commerciale.

## 1.6 Problématique

### 1.6.1 Introduction

Le carburant est un élément vital dans la société de consommation d'aujourd'hui, car la majorité pour ne pas dire la totalité de notre flotte de transport dépend de celui-ci. Cette importance s'est traduite en pratique par la multiplication des points de vente afin de répondre au mieux à une demande de plus en plus croissante, mais avant de récolter le précieux liquide dans nos pompes, ce qui suggère la vente, il y'a une étape très importante et crucial, celle de la distribution. Cette dernière a justement pour mission la satisfaction des besoins des consommateurs en moyennant un ensemble d'opérations.

Cette définition peut à priori sembler extrêmement simple, mais lorsqu'il s'agit d'introduire des critères, tels que le moindre coût ou le moindre temps cela devient vite complexe, qu'il s'agisse de carburant ou de n'importe quel autre produit industriel.

### 1.6.2 Position du problème

La distribution des carburants chez NAFTAL est assurée par la fonction **Dispatching** qui élabore un programme de distribution pour chaque journée.

Chaque jour, le centre de distribution reçoit les commandes clients, souvent par téléphone, un agent de réception remplit une fiche pour chaque commande. La fiche contient toutes les informations nécessaires qui sont :

- Les produits commandés.
- La quantité commandée de chaque produit.
- L'identité du client (nom du client (personne ou société)) et adresse.
- Nature de paiement.
- L'heure et la date.

Au niveau de la branche Commerciale de NAFTAL, l'élaboration d'un bon de commande se fait en utilisant des codes spécifiques des informations précitées sauf la nature de paiement.

Après cette tâche, les commandes (représentées par les fiches) passent à l'étape confirmation pour vérifier la possibilité de les satisfaire suivant la disponibilité des produits au niveau des stocks. La tâche suivante est la facturation où on établit une facture pour toute commande confirmée.

Dés que les commandes sont facturées, elles sont transmises au dispatcheur qui tient compte de la caractéristique de chaque camion-citerne, les produits transportés et du chemin à parcourir. Par conséquent, la conception des tournées pour les camions-citernes se fait dans le but de satisfaire les commandes clients.

Le problème posé consiste alors à déterminer les tournées et les itinéraires que doivent emprunter les chauffeurs des véhicules jusqu'aux points de ventes. Cet objectif doit être satisfait en minimisant



le coût de transport en termes de kilométrage tout en respectant les contraintes sur le nombre de véhicules disponibles et leurs capacités.

### **Caractéristiques du réseau de distribution de la branche commerciale :**

L'étude du problème nous a permis de conclure les caractéristiques suivantes :

- La flotte de véhicules est hétérogène, car les véhicules sont de différentes capacités.
- Le nombre de véhicules est limité, ce qui conduit à un nombre réduit de commandes desservies.
- Deux produits ne peuvent être mélangés dans un même compartiment.
- Les commandes impossibles, sont les commandes dont la demande en quantité est incompatible avec la capacité des compartiments, ceux-la feront l'objet d'une modification avec la coopération de leurs commanditaires.
- Une citerne ne peut sortir avec un compartiment vide, et ne peut revenir avec un compartiment plein.

# Chapitre 2

## Outils fondamentaux de l'optimisation combinatoire

### 2.1 Optimisation combinatoire

L'optimisation combinatoire tient une place importante dans la recherche opérationnelle, en mathématiques discrètes et en informatique. En effet, les problèmes d'optimisation combinatoire représentent une catégorie de problèmes très difficiles à résoudre et de nombreux problèmes pratiques peuvent être formulés sous la forme d'un problème combinatoire. Un problème d'optimisation combinatoire, consiste dans un espace discret de solutions réalisables, à trouver la meilleure solution (ou un ensemble de meilleures solutions). La notion de meilleur est donnée par un critère de qualité via une fonction objectif [32].

La spécificité principale d'un problème d'optimisation est la minimisation (maximisation) d'une fonction objectif, la fonction à minimiser avec contraintes peut être défini comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Min } f(x), \\ x \in X, \end{aligned}$$

où

$X$  : est l'ensemble des solutions réalisables, qui traduit les contraintes du problème.

$x$  : représente le  $n$ -vecteur des variables de décisions.

$f$  : est le critère (la fonction objectif) à minimiser.

Un problème de maximisation peut être défini par :

$$\begin{aligned} \text{Max } f(x) = -\text{Min } [-f(x)], \\ x \in X, \end{aligned}$$

En présence de plusieurs critères, on parle d'un problème d'optimisation combinatoire multi-objectif, qui est formulé comme suit :

$$\begin{aligned} \text{Min } f(x) &= [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)]. \\ x &\in X. \end{aligned}$$

où

$k$  : est le nombre d'objectifs ( $k \geq 2$ ),  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  est le vecteur représentant les variables de décisions.

$X$  : représente l'ensemble des solutions réalisables et chacune des fonctions  $f_i(x)$  est à optimiser, c'est-à-dire à minimiser. la solution d'un problème multi-objectif est un ensemble de solutions non dominées, connu comme l'ensemble des solutions efficaces ou Pareto Optimales (PO).

## 2.2 La théorie de la complexité

### Définition 2.2.1. (La complexité algorithmique)

La complexité d'un algorithme  $A$  est une fonction  $O_A(n)$ , donnant le nombre d'instructions caractéristiques exécutées par  $A$  pour une donnée de taille  $n$  [19].

### Définition 2.2.2. (Algorithme polynômial)

Un algorithme est dit polynômial, si le nombre d'opérations élémentaires nécessaires pour résoudre un exemple de taille  $n$  est une fonction polynômiale en  $n$  [32].

Nous définissons les trois classes de problèmes :

- **La classe P**

Un problème  $Z$  appartient à la "classe P" s'il existe un algorithme polynômial qui permet de le résoudre. La classe P est formée des problèmes d'optimisation ayant un algorithme polynômial [32].

- **La classe NP**

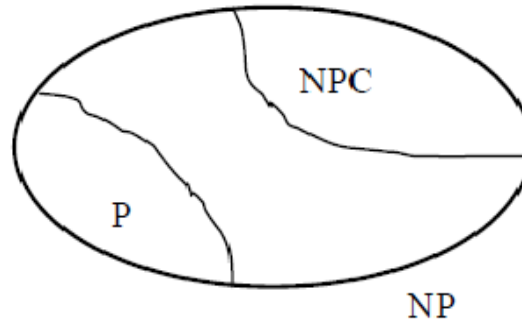
Un problème  $Z$  est de classe NP, s'il existe un algorithme non déterministe polynômial [32].

NP : Non-Déterministe Polynômial et non pas Non Polynômial.

- **La classe NP-Complet**

Un problème  $Z$  est de classe NP-Complet si pour tout problème  $Z'$  de classe NP, il existe une réduction polynômiale de  $Z$  à  $Z'$  [32].

On peut alors représenter les différentes classes comme suit :



**Remarque 2.2.1.** 1. *NP-Complet est une classe d'équivalence dans NP.*

2. *P est une classe des problèmes les plus faciles de NP, les plus difficiles sont ceux de NP-Complet.*

## 2.3 Les problèmes classiques d'optimisation combinatoire

### 2.3.1 Le Problème d'Affectation

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

On considère  $m$  tâches et  $n$  agents, avec  $n \geq m$ . Pour tout couple  $(i, j)$  ( $i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n}$ ), l'affectation de la tâche  $i$  à  $j$  entraîne un coût de réalisation noté  $c_{ij}$  ( $c_{ij} \geq 0$ ). Chaque tâche doit être réalisée exactement une fois et chaque agent peut réaliser au plus une tâche.

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

À tout couple tâche/agent  $(i, j)$ , on associe :

- Une variable d'affectation  $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Si la tâche } i \text{ est affectée à l'agent } j; \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$
- Le coût total de réalisation des tâches :  $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$ .
- Le nombre d'agents pouvant réaliser la tâche  $i$  est donné par :  $\sum_{j=1}^n x_{ij}, \forall i = \overline{1, m}$ .
- Le nombre de tâches pouvant être réalisées par l'agent  $j$  est donné par :  $\sum_{i=1}^m x_{ij}, \forall j = \overline{1, n}$ .

On peut donc modéliser le problème d'affectation sous la forme :

$$\min Z(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} ;$$

$$S.C \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, & \forall i = \overline{1, m}; \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} \leq 1, & \forall j = \overline{1, n}; \\ x_{ij} \in \{0, 1\}, & \forall i = \overline{1, m}, \forall j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2.1)$$

La méthode Hongroise, proposée par Kuhn en 1955, est une méthode de résolution du problème d'affectation [1].

### 2.3.2 Le Problème du Plus Court Chemin

Le problème de la recherche du plus court chemin dans un graphe se rencontre dans de nombreuses applications, le problème considéré se formule ainsi :

Étant donné un graphe orienté  $G=(V,E)$ , on associe à chaque arc  $e=(i,j)$  une longueur  $l(e) \in \mathbb{R}$ .

On dit alors que  $G$  est valué par les longueurs  $l(e)$ .

Si  $e=(i,j)$ , on utilisera également la notation  $l_{ij}$  pour la longueur de l'arc  $e$ .

Le problème du plus court chemin entre deux sommets  $i$  et  $j$  sera de trouver un chemin minimum

$\mu(i, j)$  de  $i$  vers  $j$  dont la longueur totale  $l(\mu) = \sum_{e \in \mu(i, j)} l(e)$ .

Ce problème a de nombreuses applications pratiques, car la longueur  $l(e)$  peut s'interpréter aussi bien comme un coût de transport sur l'arc  $e$ , comme les dépenses de construction de l'arc  $e$ , comme le temps nécessaire pour parcourir l'arc  $e$ , etc . . . .

Selon les propriétés du graphe traité (les longueurs sont quelconques, positives ou toutes égales, le graphe est quelconque ou sans circuit) et selon le problème considéré (recherche du plus court chemin d'un sommet à un autre, ou d'un sommet à tous les autres, ou entre tous les couples de sommets).

Il existe de nombreuses approches permettant de résoudre ce problème et parmi ces méthodes on peut citer :

- L'algorithme de Moore-Dijkstra qui nous permet d'obtenir une solution dans le cas d'un réseau avec valuations non négatives. Dans le cas contraire, la solution obtenue n'est pas toujours optimale.
- L'algorithme de Floyd qui permet de calculer la matrice des plus courts chemins dans un réseau avec valuations non négatives.

- L'algorithme de Ford détermine une solution optimale en démarrant à partir d'une solution initiale, obtenue avec Dijkstra.
- L'algorithme de Belman est utilisé pour un réseau valué sans circuit.

### 2.3.3 Le Problème de Transport

Le problème de transport a pour objectif d'acheminer au moindre coût une certaine quantité de matière d'un ensemble de dépôts à un ensemble de points de vente.

#### 2.3.3.1 Formulation mathématique du problème

Soit une certaine marchandise homogène disponible dans  $m$  points de production  $A_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ , ayant des quantités  $a_i$ ,  $i = \overline{1, m}$ , et qui doit être distribuée dans  $n$  points de distribution  $B_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ , avec les demandes  $b_j$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

Notons par :

- $c_{ij}$  : le coût de transport d'une unité de marchandise de  $A_i$  vers  $B_j$  ;
- $x_{ij}$  : la quantité à transporter de  $A_i$  vers  $B_j$ .

L'ensemble  $x = \{x_{ij}, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}\}$  est appelé programme du plan de transport de la marchandise.

Si une quantité  $x_{ij}$  est acheminée de  $A_i$  vers  $B_j$ , alors le coût de transport de cette quantité vaut  $c_{ij}x_{ij}$ .

Le coût global du plan de transport  $x$  vaut :

$$Z(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij}.$$

La marchandise en question doit être acheminée des points de production vers les points de distribution.

Le problème de transport a pour but la minimisation du coût global de transport :

$$\min Z(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij}x_{ij},$$

sous les contraintes suivantes :

1. Toute la marchandise doit être acheminée, c'est-à-dire :

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, \quad i = \overline{1, m}.$$

2. Toutes les demandes doivent être satisfaites :

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, \quad j = \overline{1, n}.$$

3. Toutes les quantités transportées doivent être positives ou nulles, c'est-à-dire :

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}.$$

Alors, le problème de transport est modélisé comme un programme linéaire (PL) ayant la forme suivante :

$$\min Z(x) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij};$$

$$S.C \begin{cases} \sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j, & j = \overline{1, n}; \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i, & i = \overline{1, m}; \\ x_{ij} \geq 0, & i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2.2)$$

La résolution d'un problème de transport par la méthode de simplexe se fait en deux étapes :

- Première étape : consiste en la recherche d'une solution de base réalisable. Parmi les méthodes développées, nous citons : la méthode du coin Nord-Ouest, Ballas et Hamer, . . .
- Deuxième étape : consiste en l'amélioration de la solution trouvée à l'étape précédente en utilisant le théorème des écarts complémentaires.

### 2.3.4 Le Problème du Voyageur de Commerce (TSP)

En 1962, Procter et Gamble lancèrent un concours pour résoudre le problème suivant : Trouver un parcours le plus court possible passant par les 33 villes, c'était une des premières versions de ce qui deviendra le célèbre problème dit du "voyageur de commerce", problème étudié par Dantzig dès 1954.

Etant données  $n$  villes et les distances entre tout couple de villes, le problème consiste à trouver un trajet de longueur minimale qui passe une et une seule fois par chaque ville et revient à son point de départ. En d'autres termes, le problème consiste à trouver un cycle hamiltonien de longueur minimale [39].

#### 2.3.4.1 Formulation mathématique du problème

Ce problème peut être représenté par un graphe non orienté  $G = (V, E)$ , où

- $V = (v_0, v_1, \dots, v_n)$  est l'ensemble des sommets, tel que chaque sommet représente une ville ;
- $E = \{(v_i, v_j) / i < j, v_i, v_j \in V\}$  est l'ensemble des arêtes reliant ces noeuds si les distances sont symétriques ;
- $E = \{(v_i, v_j) / i \neq j, v_i, v_j \in V\}$  représente les arcs lorsque le graphe est asymétrique.

Dans le cas où le problème est symétrique, c'est-à-dire, que le graphe est non orienté, on parlera d'un cycle, et dans le cas contraire on parlera d'un circuit.

Avant de modéliser ce problème, on définit quelques notations qui seront utilisées par la suite.

- $c_{ij}$  : Distance entre la ville  $i$  et  $j$ ,  $c = (c_{ij})$  est la matrice des distances inter-villes ;

- $n$  : Nombre de villes ;
- $x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{Si la ville } i \text{ est visitée immédiatement avant la ville } j ; \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$

Le problème est modélisé sous la forme suivante :

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij};$$

$$S.C \begin{cases} \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, & i = \overline{1, n}; \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, & j = \overline{1, n}; \\ \sum_{I \in S} \sum_{J \in S} x_{ij} \leq |S| - 1, & S \subset V, \quad 2 \leq |S| \leq n - 2; \\ x_{ij} \in \{0, 1\}, & i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2.3)$$

- La première et la deuxième contraintes du problème (2.3), sont les contraintes de degrés, indiquant qu'un seul et même véhicule rentre et sort de chaque ville.
- La troisième contrainte, permet l'élimination des sous tours et nous garantit que la solution finale sera formée d'un seul tour passant par toutes les villes.
- La quatrième contrainte est dite contrainte binaire.

### 2.3.5 Le Problème de Tournée de Véhicule (VRP)

Le problème de tournées de véhicules est une classe de problèmes de recherche opérationnelle et d'optimisation combinatoire, qui est une extension classique du problème du voyageur de commerce. Il s'agit de déterminer les tournées d'une flotte de véhicules afin de livrer à une liste de clients, ou de réaliser des tournées de visites.

Le problème de tournées de véhicules souvent nommé Vehicle Routing Problem (VRP) n'est pas nouveau, la première formulation du problème est attribuée à Dantzig et Ramser en 1959. À partir d'une liste de clients, tous possédant une demande connue, et une flotte de camions homogènes ayant une capacité déterminée, cela consiste à créer une série de tournées pour chaque véhicule, partant d'un seul entrepôt, de façon à minimiser la distance totale parcourue tout en s'assurant de ne pas dépasser la contrainte de capacité de chaque camion [31].

#### 2.3.5.1 Les objectifs du problème VRP

Généralement pour ce problème, on cherche à optimiser les critères suivants :

- Minimiser le nombre de véhicules utilisés ;
- Minimiser la durée totale d'utilisation des véhicules ;
- Minimiser les distances parcourues par les véhicules.



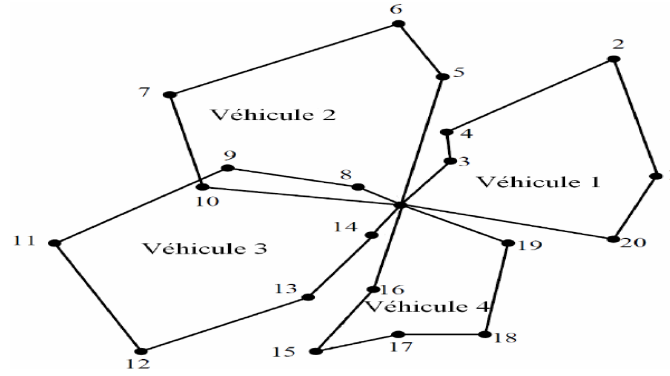


FIGURE 2.1 – Exemple de problème de VRP à  $n = 20$  clients résolu avec  $m = 4$  véhicules.

### 2.3.5.2 Formulation mathématique

La formulation mathématique du problème du VRP est basée sur un graphe  $G = (V, E)$ , où

- $V = (v_0, v_1, v_2, \dots, v_n)$  est l'ensemble de sommets représentant l'ensemble des clients, avec  $v_0$  représente le dépôt.
- $E = \{(v_i, v_j) \mid i \neq j; (v_i, v_j) \in V\}$  est l'ensemble des arcs orientés représentant le trajet entre deux sommets.

#### Paramètres

$k$  : Désigne un camion.

$m$  : Nombre de camions disponibles.

$n$  : Nombre de clients à visiter, les clients sont numérotés de 1 à  $n$  et le dépôt a le numéro 0.

$Q_k$  : Capacité du camion  $k$ .

$q_i$  : Demande du client  $i$ .

$d_{ij}$  : Distance entre la ville  $i$  et  $j$ .

#### Variables de décision

$x_{ij}^k$  : Variable de décision binaire qui détermine si le trajet  $(i, j)$  est parcouru par le véhicule  $k$ , tel que

$$x_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{Si le véhicule } k \text{ va du client } i \text{ au client } j; \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$$

$y_{ik}$  : Variable de décision binaire qui détermine si la commande du client  $i$  est livrée par le camion  $k$ , tel que

$$y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{si la commande du client } i \text{ est livrée par le camion } k; \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$$

Le problème est représenté sous la forme suivante :

$$\min \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=0}^n d_{ij} x_{ij}^k,$$

assujetté à des contraintes de problèmes d'affectation généralisée :

$$\sum_{i=1}^n q_i y_{ik} \leq Q_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (2.4)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{ik} = \begin{cases} m, & i = 0; \\ 1, & i = \overline{1, n}. \end{cases} \quad (2.5)$$

Et à des contraintes du problème du voyageur de commerce (TSP) :

$$\sum_{i=0}^n x_{ij}^k = y_{ik}, \quad j = \overline{0, n}; \quad k = \overline{1, m}. \quad (2.6)$$

$$\sum_{j=0}^n x_{ij}^k = y_{ik}, \quad i = \overline{0, n}; \quad k = \overline{1, m} \quad (2.7)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij}^k \leq |S| - 1, \quad 2 \leq |S| \leq n - 1; \quad k = \overline{1, m}. \quad (2.8)$$

### Interprétation :

- La contrainte (2.4), permet de s'assurer que le chargement des véhicules respecte leur capacités.
- La contrainte (2.5), garantit que chacune des routes débute et se termine au dépôt et que chacun des clients est affecté à un et un seul camion.
- Les contraintes (2.6) et (2.7) permettent de vérifier qu'un véhicule qui visite un client doit le quitter.
- La contrainte (2.8) permet d'éviter les sous-tours.

Chaque véhicule peut être affecté à plus d'un itinéraire dans la mesure où son temps de travail  $T$  le permet. Notons qu'une telle contrainte, ainsi que beaucoup de celles qui nécessitent la connaissance des temps de parcours entre chaque paire de clients peuvent compliquer le modèle du VRP [19].

### 2.3.5.3 Quelques variantes du VRP

#### Composition de la flotte

Le problème général de tournées suppose que les camions d'une entreprise soient homogènes, pourtant il est rare que tous les camions soient identiques. Il existe souvent des distinctions entre les camions, ils n'ont pas tous le même âge, donc ont des coûts différents, la capacité de chargement n'est pas la même, ou encore il peut s'agir de différences concernant le type de véhicules [16].

#### Produits multiples

Dans certains problèmes de VRP, les véhicules sont compartimentés de sorte que différents produits puissent être stockés séparément. Chaque client peut avoir besoin de quantités spécifiées de différents types de produits [3].

#### Multi-Dépôts

Dans certains problèmes de VRP, les dépôts fonctionnent de manière dépendante et les véhicules partant d'un dépôt, peuvent après avoir livré des clients retourner à un autre dépôt, éventuellement pour un autre chargement et assurer la livraison des autres clients [33].

#### Multi-objectifs

Dans certaines situations, il arrive que le VRP soit irréalisable en pratique. Cette irréalisabilité est contournée soit en louant des véhicules supplémentaires soit en reportant l'approvisionnement de quelques clients [6].

Dans ces circonstances, l'objectif peut être de devoir réduire au minimum :

1. Le nombre de véhicules supplémentaires loués.
2. Le nombre de clients non servis.
3. La distance totale parcourue (ou le temps de parcours).

#### Fenêtre de temps

Le problème de tournée de véhicules devient plus complexe si on ajoute des fenêtres de temps [3]. On pose comme hypothèse que les véhicules sont identiques avec une contrainte de capacité  $Q$  et que les clients ont une demande déterminée  $q_i$ , chaque client a un temps de service  $\delta_i$ .

Le début de la visite du client  $i$  doit être à l'intérieur de la fenêtre de temps  $[e_i, I_i]$ , cela signifie que le client désire être visité à une période déterminée de la journée [2]. Ainsi, un client peut préférer recevoir ces demandes durant les heures d'ouverture de son entreprise. Cet ajout au problème limite la flexibilité car deux clients voisins peuvent être disponibles à deux périodes très différentes de la journée. Par contre, l'ajout de la contrainte de fenêtre de temps pour un client qui sait ainsi à quelle heure sa demande lui sera livrée, et qui pourra donc prévoir cette réception dans la

planification des tâches prévues à l'horaire de la journée .

Le problème de tournées de véhicules et ses généralisations a été largement étudié au cours des dernières années. La figure suivante illustre les articles les plus récents concernant ce problème [36].

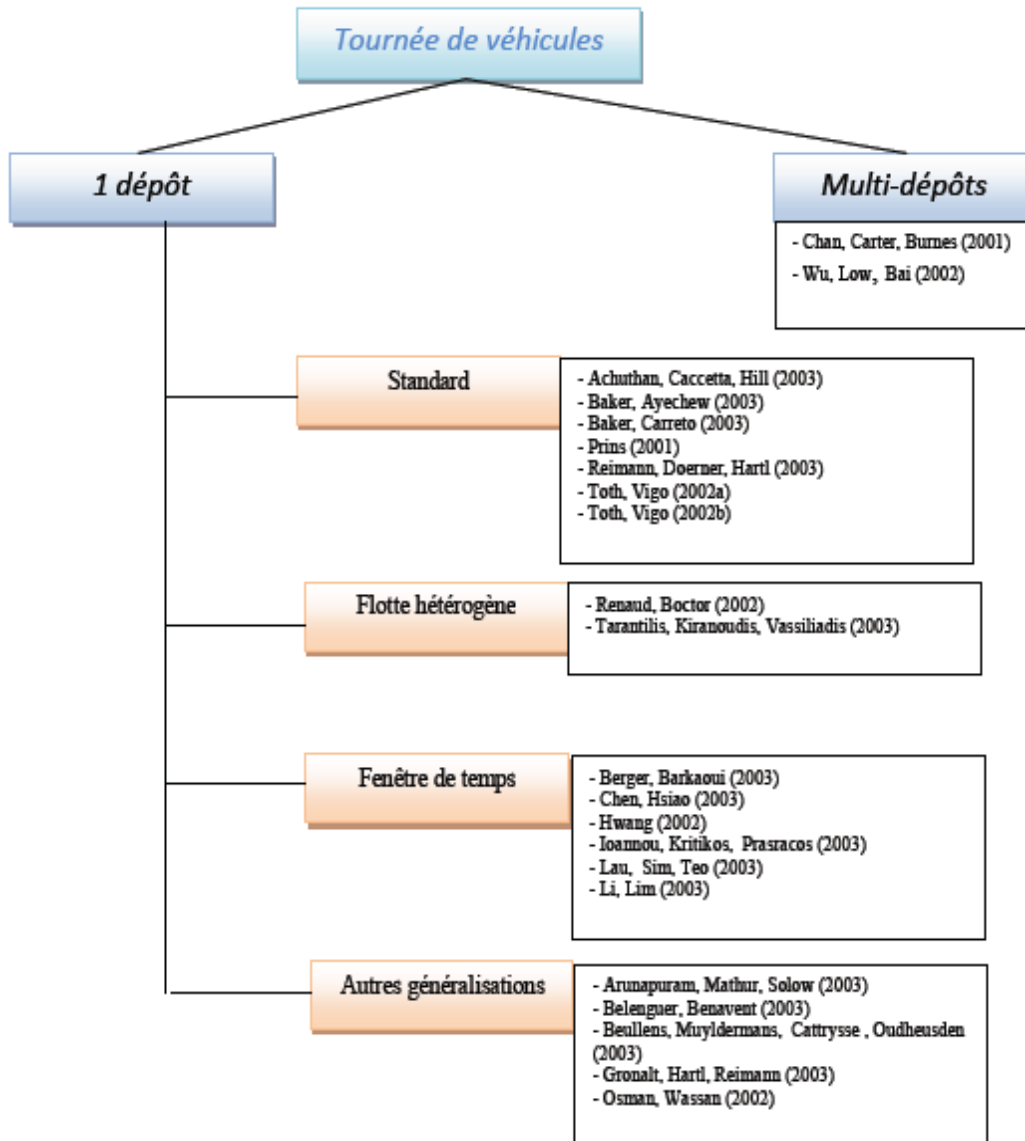


FIGURE 2.2 – Classification des problèmes de tournées de véhicules.

#### 2.3.5.4 Applications pratiques des problèmes de tournées de véhicules

Plusieurs articles de la littérature concernent des applications réelles du problème de tournées de véhicules. Cette section présente un résumé de quelques articles.

Xu, Chen, Rajagopal et Arunapuram (2003) étudient un problème très souvent rencontré en pratique mais ayant reçu peu d'attention dans la littérature. Ce problème est composé de plusieurs dépôts ayant chacun plusieurs types de véhicules disponibles pour effectuer un ensemble de cueillettes et livraisons.

Un type de véhicule ne peut transporter que les commandes compatibles avec ce type, par exemple, les produits réfrigérés peuvent être transportés uniquement par un camion qui est réfrigéré.

D'autres produits ne peuvent être transportés ensemble dans le même véhicule, comme la nourriture et les produits chimiques. Finalement, chaque voyage effectué doit respecter le temps de travail maximal pour les conducteurs, le coût de tournée à minimiser est déterminé par plusieurs facteurs incluant un coût fixe, la distance parcourue, le temps d'attente total et les haltes effectués par les chauffeurs pour respecter le nombre d'heures maximal de conduite [40].

Brotcorne, Laporte et Semet (2003) dressent une revue littéraire des modèles ayant été développés pour traiter le problème de localisation et relocalisation des ambulances. Les modèles déterministes sont utilisés lors de l'étape de la planification et ignorent si les ambulances sont disponibles ou non. Les modèles probabilistes reflètent le fait que les ambulances opèrent selon un système de file d'attente et ne peuvent pas toujours répondre à un appel. Finalement, des modèles dynamiques ont été développés afin de relocaliser rapidement les ambulances au cours d'une journée [28].

Chian et Russel (2003) intègrent les activités d'achats et de distribution du gaz propane dans la chaîne logistique. La méthode permettant de trouver des solutions est la recherche tabou. Les solutions proposées ont été appliquées dans un contexte réel et permettent d'épargner des coûts importants. Une chaîne logistique typique est définie comme suit : un producteur, des terminaux régionaux, des usines qui sont distributeurs et des clients possédant un réservoir à gaz propane. Les distributeurs de propane sont responsables de l'achat et de l'acheminement du propane à partir des terminaux régionaux jusqu'à leur usine de stockage [29].

Ainsi, Baptista, Carvalho et Zùquette (2002) présentent une application réelle du problème de tournée de véhicule périodique. Cela signifie que l'on combine à la fois l'aspect temporel et spatial du VRP, les auteurs présentent le cas réel du ramassage du papier recyclé effectué dans la ville

d'Almada située au Portugal [6].

Par ailleurs, dans l'article de Jaskiewicz et Kominek (2003), le problème réel concerne une compagnie de cueillette de déchets d'une ville de 600 000 habitants, la compagnie s'occupe de 60% de la cueillette de cette ville. Ainsi, il y a environ 30 000 conteneurs à déchets groupés en secteur, qui doivent être vidés à des fréquences différentes, chacun de ces secteurs doit être visité par un seul véhicule. Les distances et le temps de route ne sont pas symétriques, de plus, la flotte de véhicules est hétérogène, les véhicules diffèrent par leur capacité ainsi que leur coût d'utilisation.

Habituellement, 30 véhicules sont disponibles pour la cueillette des déchets et en moyenne ils visitent le dépotoir deux fois par jour. À la fin de la journée, ils doivent retourner au dépôt vide afin d'être prêt pour le lendemain matin, les décisions portent sur l'affectation des véhicules aux routes visitant les secteurs et les dépotoirs. L'objectif consiste à minimiser les coûts totaux d'opérations, c'est-à-dire la somme des coûts reliés à la distance et aux temps de travail de chaque véhicule opérant dans une journée [25].

## 2.4 Présentation de quelques méthodes de résolution du VRP

Au fil des années, plusieurs méthodes de résolution applicables au problème de tournées de véhicules ont été développées par les chercheurs, où des tentatives d'obtenir des solutions exactes au problème de tournées de véhicules permettaient seulement de résoudre des problèmes de taille limitée. Cette constatation a mené à l'élaboration d'heuristiques capables de résoudre des problèmes de plus grande taille. Plus tard, les métaheuristiques ont amélioré les résultats des heuristiques [34]. Dans ce chapitre, nous présentons les différentes approches de résolution utilisées pour le problème étudié.

### 2.4.1 Les Méthodes Exactes

Les méthodes exactes, appelées aussi méthodes complètes, permettent de trouver la solution optimale d'un problème d'optimisation en explorant exhaustivement l'ensemble des solutions possibles. Parmi les algorithmes exacts, on cite :

- Les méthodes par séparation et évaluation, appelées aussi méthodes arborescentes ou Branch and Bound ;
- La programmation dynamique.

La difficulté de résolution du problème VRP (problème NP-complet) avec des méthodes exactes a incité les chercheurs à mettre en oeuvre des méthodes approchées simples et rapides [23].

## 2.4.2 Les Méthodes Approchées

Contrairement aux méthodes exactes, les méthodes approchées sont incomplètes, c'est-à-dire elles permettent de trouver de bonnes solutions, mais ne garantissent en aucun cas l'optimalité de ces solutions.

Les méthodes approchées sont composées des heuristiques et des métaheuristiques.

### 2.4.2.1 Les Heuristiques

Une heuristique est une technique qui améliore l'efficacité d'un processus de recherche, en sacrifiant éventuellement l'exactitude ou l'optimalité de la solution.

Pour des problèmes d'optimisation NP-complets, où la recherche d'une solution exacte (optimale) est difficile, on peut se contenter d'une solution satisfaisante donnée par une heuristique avec un coût plus faible.

Le problème de tournées de véhicules étant une extension du TSP, les deux approches de construction et d'amélioration trouvent naturellement leur place dans les heuristiques [17].

#### 1- Méthodes Constructives

Les méthodes constructives sont des algorithmes gloutons (c'est-à-dire qu'elles ne remettent pas en question les choix effectués lors des itérations précédentes). Elles permettent cependant de construire rapidement de bonnes solutions, ce qui justifie leur utilisation en amont des méthodes d'amélioration et leur hybridation avec les métaheuristiques.

Les heuristiques constructives les plus connues sont la méthode du plus proche voisin et la méthode des Savings.

#### La méthode du Plus Proche Voisin :

Cette méthode est simple et rapide, son principe est [24] :

À partir d'une ville donnée, on choisit la ville la plus proche dans l'ensemble des villes non encore visitées, on supprime ensuite cette ville de cet ensemble. Enfin, on itère cette boucle jusqu'à ce que cet ensemble soit vide, ce qui se produit au bout d'un nombre fini d'étapes.

Le résultat dépend de la ville de départ, on peut donc le perfectionner en choisissant à chaque fois une ville différente lors de l'exécution de l'algorithme, on retient ensuite le parcours le plus court.

Plus précisément, elle doit être appliquée de la façon suivante :

- Trajet vide initialement.
- On part du dépôt "0" appelé le noeud actif.
- On cherche la ville la plus proche "v" que l'on ajoute dans la liste des villes visitées, on crée l'arc  $(0, v)$ , le noeud actif est maintenant le noeud "v".
- On cherche la ville la plus proche du noeud "v" qui ne soit pas dans la liste des villes visitées, on crée l'arc liant ces deux noeuds, le noeud non visité devient le noeud actif.

- Ainsi de suite jusqu'à épuisement des villes.
- Créer un arc liant le dernier noeud actif, se rendant au dépôt.

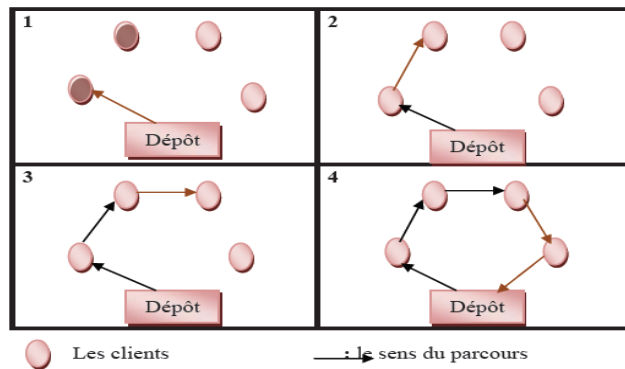


FIGURE 2.3 – Schéma de l'heuristique du plus proche voisin.

### Exemple

Soit le problème de voyageur de commerce (PVC) présenté sous la forme matricielle suivante :

Si par exemple, on démarre à partir du sommet 1, on applique la méthode de plus proche voisin,

	1	2	3	4	5
1	-	5	8	4	2
2	5	-	8	3	3
3	8	8	-	5	2
4	4	3	5	-	3
5	2	3	2	3	-

FIGURE 2.4 – Matrice des distances

on aura :

- Le plus proche voisin de 1 est 5, de valeur 2.
- Le plus proche voisin de 5 est 3, de valeur 4 (coût de chaîne 1,5,3 ).
- Le plus proche voisin de 3 est 4, de valeur 9.
- Le plus proche voisin de 4 est 2, de valeur 12.
- Tous les sommets sont parcourus, on va joindre le sommet d'extrémité finale 2 à celui d'extrémité initiale 1, on obtient donc la chaîne hamiltonienne suivante :  
1→5→3→4→2, de valeur de coût égale à 17.



### La méthode des Savings :

Une des premières heuristiques classiques de résolution du problème de tournées de véhicules a été proposée par Clarke et Wright (1964) [7]. La méthode de résolution est basée sur le concept d'économie, gain ou encore saving.

#### Principe

Le principe de cette méthode est de considérer au départ que chaque client est desservi à part, ce qui donne autant de tournées qu'il ya de clients dans le système.

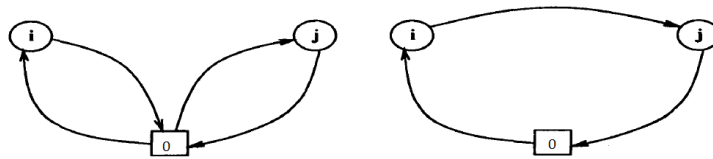


FIGURE 2.5 – Ajouter la liaison (i,j) et enlever (i,0) et (j,0)

La distance totale parcourue dans ce cas est donnée par :

$$D = 2 * \sum_{i=1}^n C_{0i},$$

tel que

- n : Étant le nombre de clients dans le système,
- $C_{0i}$  : La distance entre le dépôt (client d'indice 0) et le client i.

**Remarque 2.4.1.** Dans le cas où la matrice des distances n'est pas symétrique ( $C_{0i} \neq C_{i0}$ ), le principe reste valable, sauf que la distance totale parcourue par la flotte sera alors égale à :

$$D = \sum_{i=1}^n (C_{0i} + C_{i0}).$$

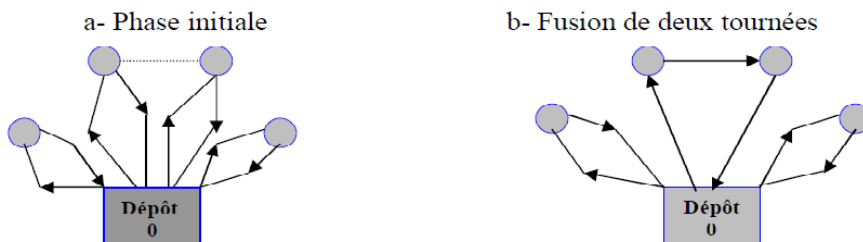


FIGURE 2.6 – Le principe de fusion de tournées

La fusion des deux tournées permet de réduire à la fois les coûts fixes (un seul véhicule au lieu de deux) et la distance. Ainsi, la fusion des tournées desservant les clients  $i$  et  $j$  dans la figure(b) permet un gain de distance  $S_{ij}$  égale à :

$$S_{ij} = 2 * C_{0i} + 2 * C_{0j} - (C_{0i} + C_{ij} + C_{0j}) = C_{0i} + C_{0j} - C_{ij}.$$

A chaque itération une économie  $S_{ij}$  est calculée entre deux sommets, la procédure s'applique ensuite à regrouper deux tournées en une seule, donc à éliminer un véhicule, à chaque fois que cela est possible. Les tournées sont alors construites séquentiellement, une tournée n'est abandonnée que lorsqu'il n'est plus possible de lui concaténer d'autres tournées [7].

### 3- Méthodes d'Amélioration

Les méthodes d'amélioration tentent d'améliorer une solution du problème VRP, en lui appliquant des opérateurs heuristiques d'échange de clients au sein des tournées. Ces échanges peuvent opérer sur des clients d'une même tournée ou sur les clients de plusieurs tournées différentes. Les algorithmes d'échange de type r-opt, sont très employés et généralisables à tout problème dont une solution consiste en une permutation des éléments de celui-ci. Le principe de ces algorithmes est de considérer  $r$  éléments (les clients) et de les échanger entre eux en vue d'améliorer la solution. Cette remarque indique qu'à la fin de la procédure, aucune autre amélioration n'est possible en échangeant  $r$  éléments. Pour limiter le temps de calcul, la valeur de  $r$  est généralement limitée à 2 ou 3 [36].

L'heuristique d'amélioration la plus connue est la méthode 2-Optimalité.

#### La méthode 2-Optimalité :

La méthode 2-Optimalité consiste à échanger deux branches ou arcs dans une tournée, jusqu'à aboutir à une solution que l'on ne peut plus raffiner. Le principe de cette dernière se présente dans l'algorithme suivant[3] :

#### Début

- Trouver une tournée initiale (généralement de manière aléatoire).
- Améliorer la tournée en substituant à un ensemble de deux arcs, un autre ensemble de même nombre d'arcs, c'est-à-dire supprimer deux arcs  $(i,j)$  et  $(k,l)$  non adjacents d'une tournée, puis de reconnecter les chaînes obtenues par les deux nouveaux arcs  $(i,l)$  et  $(k,j)$ .
- Reprendre l'étape (2) jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de changement (la solution est alors dite 2-Optimale).

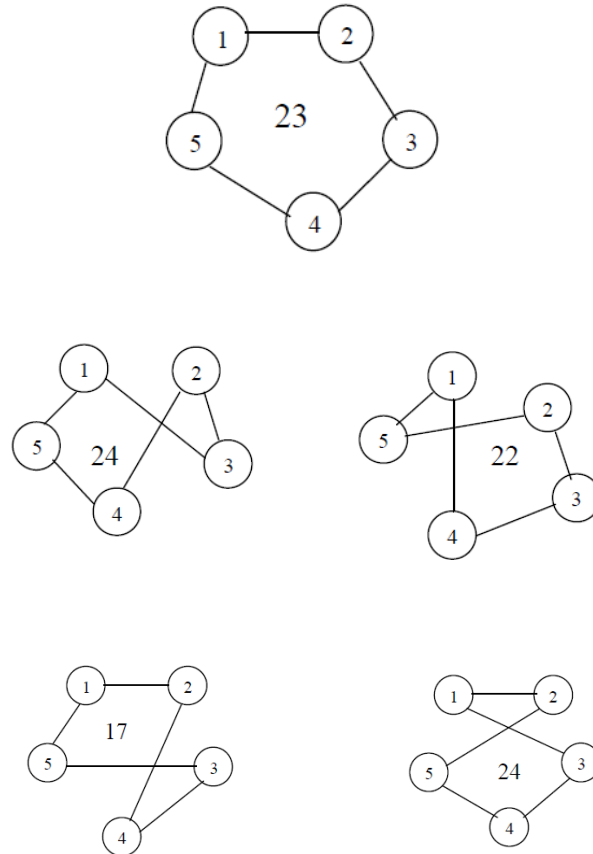
#### Fin

#### Exemple

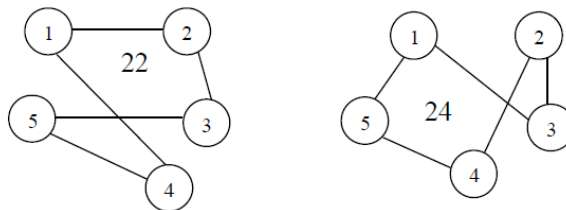
Reprenant l'exemple du voyageur de commerce précédent, et soit la tournée initiale  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5$  :

1- On choisit l'arc  $(1,2)$ , Donc, on le permute avec les arcs  $(3,4)$  et  $(4,5)$  respectivement, ainsi on aura les deux tournées suivantes :

2- On choisit l'arcs  $(2,3)$



3- On choisit l'arc (3,4) Donc le cycle de départ est amélioré à : 1-2-4-3-5-1 de valeur 17.



En général, pour une tournée donnée comprenant n clients le nombre de combinaisons à considérer est de l'ordre  $n^2$ , puisqu'il y a  $C_n^2$  façons d'enlever deux arcs et deux manières de reconnecter les chaînes.

### 2.4.2.2 Les Métaheuristiques

Les métaheuristiques constituent une classe de méthodes qui fournissent des solutions de bonne qualité, en temps raisonnable, à des problèmes combinatoires réputés difficiles pour lesquels on ne connaît pas de méthode classique plus efficace. Elles peuvent être vues comme des heuristiques puissantes et évoluées.

Les techniques, appelées métaheuristiques, sont essentiellement de type recherche locale (recherche de voisinage), ou de type distribué, le principe est d'explorer l'espace des solutions en passant d'une solution à une autre, généralement meilleure, par exploration de son voisinage.

Dans le cas de problèmes très difficiles, les métaheuristiques peuvent permettre d'atteindre une solution et les principales méthodes utilisées sont le Recuit Simulé et la Recherche Taboue [13].

### **1- La méthode Recuit Simulé**

Le Recuit Simulé s'appuie sur un principe physique en métallurgie, on chauffe un métal puis on le laisse refroidir lentement ce qui permet d'augmenter le degré de liberté des atomes dans le but d'atteindre un nouveau état dynamique. Basé sur ce principe, la méthode du Recuit Simulé augmente le degré de liberté en permettant une dégradation de la solution. L'idée consiste à partir d'une solution initiale choisie au hasard et par la suite tester si cette dernière respecte toutes les contraintes du problème. Si cela n'est pas le cas, on modifie légèrement la solution pour qu'elle les respecte, en suite, on examine les solutions voisines.

Afin de pouvoir sortir éventuellement de l'optimum local, on accepte une dégradation de la solution dans une probabilité inversement proportionnelle à l'amplitude de cette dégradation. Ainsi, plus la dégradation est importante moins la chance de retenir cette solution est élevée.

Puis, au fur et à mesure que l'on avance dans le temps, il devient de plus en plus improbable d'accepter une dégradation, le fait qu'un point peut être accepté parfois même s'il donne une valeur de la fonction plus grande que la valeur précédente permet à l'algorithme de quitter les minimums locaux et éventuellement de converger vers le minimum global. L'algorithme se termine lorsqu'un critère d'arrêt prédéfini est atteint [8].

### **2- La méthode Recherche Taboue**

Présenté par Ford Glover 1986, cette métaheuristique itérative est qualifiée de recherche locale.

L'idée de la méthode Recherche Tabou est de permettre des modifications qui n'améliorent pas la valeur de la fonction objectif, toutefois, on choisira toujours la meilleure modification possible, mais nous venons de voir qu'une des modifications possibles nous ramène à la solution précédente, il faut donc changer la définition de l'ensemble des modifications possibles pour interdire celles qui nous ramènent à la solution précédente.

On conservera une liste des dernières modifications effectuées en rendant taboue (en interdisant) la modification inverse, cette liste taboue peut être vue comme une mémoire à court terme permettant de guider la recherche. À chaque itération, on choisit la meilleure modification possible (excluant celles qui sont taboues), puis on met à jour cette liste en ajoutant la modification inverse de celle effectuée, Typiquement, on utilise une combinaison des critères suivants :

1. Nombre maximum d'itérations ;
2. Temps limite ;

3. Nombre d'itérations successives sans amélioration ;
4. Il n'y a plus de modification possible.

L'adaptation de cette métaheuristique pour résoudre un problème particulier est basée sur la structure de **voisinage** et l'implantation de la liste taboue.

- **Voisinage** : inversion de sous-tours, ce qui implique l'ajout de deux liens et l'élimination de deux liens.
- **Liste taboue** : les deux liens ajoutés sont insérés dans la liste taboue ; une modification est taboue si les deux liens à éliminer sont dans la liste taboue.

On ne conservera dans la liste taboue que les liens ajoutés lors des deux dernières itérations, on arrête l'algorithme lorsqu'il n'y a plus de modification possible [17].

Les méthodes de type distribué sont un peu complexes, les principales méthodes utilisées sont l'Algorithme Génétique et Colonie de Fourmis.

### 1- Algorithme Génétique

L'Algorithme Génétique a été développé initialement par John Holland (1975) et ses étudiants à l'université du Michigan, où leurs recherches avaient pour but premier de concevoir des systèmes artificiels possédant certaines propriétés des systèmes naturels.

La génétique a été très populaire au cours des dernières années pour les problèmes de tournées, le principe de l'algorithme génétique est très connu, il imite le principe de l'évolution des espèces. Une population de solutions est maintenue, un procédé de reproduction permet aux solutions parents d'être sélectionnées parmi la population, cette sélection est souvent en relation avec la qualité de la solution obtenue par ces parents. On effectue alors un croisement entre les parents afin de produire une descendance, les solutions enfants présentent ainsi des caractéristiques des parents. Les meilleures solutions enfants ont de meilleures chances de survie puisqu'on élimine les individus ayant une moins bonne valeur. La procédure se termine généralement lorsque le nombre d'itérations fixés ou lorsque la population ne peut être améliorée.

Une mutation est appliquée afin d'ajouter des nouvelles propriétés et de la diversité dans l'ensemble des solutions générées, cette analogie entre l'évolution des espèces et l'algorithme génétique a été proposé par Holland (1975) qui à l'origine utilisait un vecteur binaire pour encoder les solutions [2].

### 2- Colonie de Fourmis

L'optimisation par Colonie de Fourmis est un algorithme très récent qui a été proposé pour la première fois en 1991 par Colorni, Dorigo et Maniezzo (1991). Elle est inspirée du comportement des fourmis, ces insectes qui sont presque aveugles réussissent malgré tout à trouver le plus court

chemin entre leur point de départ et la nourriture grâce à une forme d'apprentissage et à un moyen de communication "la phéromone" (La phéromone est une substance déposée en quantité variable par une fourmi en déplacement). Ainsi, plus il y a de fourmis qui utilisent le même trajet, plus il y aura de phéromones sur ce dernier et plus il y a de chance que celui-ci soit choisi par les prochaines fourmis qui passeront [8].

## 2.5 Conclusion

Les méthodes présentées dans ce chapitre sont des méthodes théoriques des problèmes de tournées. Elles ne tiennent pas compte des contraintes qui sont spécifique aux problèmes rencontrés en pratique tel que le problème de distribution des carburants.

Donc ces algorithmes nécessitent des ajustements afin d'être appliqués. Dans ce contexte, nous présenterons dans le chapitre qui suit une formulation qui tient compte de toutes les contraintes de notre problème et nous proposons une heuristique pour sa résolution.

# Chapitre 3

## Modélisation du problème

Les problèmes que rencontrent les entreprises se présentent toujours sous forme de données, de contraintes dont on doit tenir compte et d'un objectif à atteindre.

Pour arriver à résoudre un problème posé, on doit d'abord commencer par interpréter tous ces paramètres, en essayant de les transformer sous des formes qu'on peut gérer. Donc, la première étape dans la résolution d'un problème est sa projection dans un espace facile à manier, ce dernier s'appelle le modèle associé au problème.

La modélisation est donc une traduction des paramètres du problème dans un langage accessible par la méthode de résolution utilisée, ou bien, c'est une façon de décrire le problème sous une forme qui introduit sa résolution.

Cependant, en pratique, les conditions parfaites n'existent jamais, puisque les problèmes par leurs aspects concrets, doivent satisfaire un très grand nombre de contraintes, qui ne peuvent en aucun cas être toutes prises en considération, auquel cas le modèle issu ne reflétera pas concrètement le problème posé.

Enfin, la modélisation d'un problème doit pouvoir donner une interprétation aux solutions obtenues en termes de solutions concrètes, c'est-à-dire, des résultats qui répondent aux exigences du problème posé. Pour conclure, même si la mise en oeuvre des méthodes de résolution d'un problème donné est très importante, toujours est-il que la modélisation est le premier pas sur le chemin de la résolution [30].

Dans ce chapitre, nous allons donner le modèle mathématique détaillé associé aux tournées des camions-citernes au sein de NAFTAL-Béjaia, le problème posé est modélisé comme un programme linéaire à variables bivalentes et nous présentons la méthode du plus proche voisin pour sa résolution.

### 3.1 Les éléments d'un modèle mathématique

La structure d'un modèle de programmation linéaire comporte trois éléments importants :

1. **Variables de décisions** : la première étape dans le processus de modélisation est d'identifier correctement toutes les variables de décision, ces dernières représentent les inconnues ou les variables que l'on peut diriger dans le système étudié [20].
2. **Fonction objectif** : à chaque variable de décision, qui a été identifiée dans le modèle, correspond un coefficient économique.

Résoudre un problème de programmation linéaire consiste à déterminer les valeurs des variables de décision, qui maximisent (ou minimisent selon le cas) une fonction économique soumise à un ensemble de contraintes [20].

3. **Contraintes** : dans la problématique de la décision, il faut être en mesure d'identifier tout genre de restriction (main d'œuvre, budget, ...) qui peut limiter les valeurs que peuvent prendre les variables de décision. L'ensemble des contraintes ainsi formulées constitue le domaine des solutions admissibles (valeurs possibles des variables de décision) au modèle mathématique [20].

### 3.2 Formulation mathématique du problème

Ce problème est soumis bien sûr à des contraintes :

- Capacité de stockage des camions-citernes ;
- Satisfaction des clients ;
- La longueur du trajet.

Nous proposons une approche de modélisation du problème posé par la branche commerciale.

Soient :

$i, j$  : Désigne le dépôt ou un client.

$k$  : Désigne un camion-citerne.

$m$  : Nombre de camions-citernes.

$n$  : Nombre de clients, les indices de 1 à  $n$  sont relatifs aux clients et l'indice 0 est relatif au dépôt.

$Cap_k$  : Capacité du camion-citerne  $k$ .

$Q_{ip}$  : Demande du client  $i$  concernant le produit  $p$ ,  $p = \overline{1, 4}$ .

$t_{ik}$  : Temps nécessaire au camion-citerne  $k$  pour décharger au niveau du client  $i$ .

$t_{0k}$  : Temps nécessaire au camion-citerne  $k$  pour charger à partir du dépôt.

$t_{ij}^k$  : Temps nécessaire au camion-citerne  $k$  pour traverser l'arc  $(i, j)$ .

$d_{ij}$  : Distance entre le client  $i$  et le client  $j$ .

$T$  : Durée de service du camion-citerne au niveau du dépôt.



$Y_{ik}$  : Variable booléenne qui détermine les clients desservis par le camion-citerne  $k$ , tel que

$$Y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{Si le camion-citerne } k \text{ visite le client } i; \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$$

$X_{ij}^k$  : Variable booléenne qui détermine si le trajet  $(i,j)$  est parcouru par le camion-citerne  $k$ , tel que

$$X_{ij}^k = \begin{cases} 1, & \text{Si le camion-citerne } k \text{ va du client } i \text{ au client } j; \\ 0, & \text{Sinon.} \end{cases}$$

### 3.2.0.3 Les fonctions objectifs

- Minimiser le nombre de camions-citernes utilisés.

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^m Y_{ik}.$$

- Minimiser la distance parcourue.

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m d_{ij} X_{ij}^k.$$

### 3.2.0.4 Les contraintes

- La charge de chaque camion-citerne doit être inférieure ou égale à sa capacité :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^4 Q_{ip} Y_{ik} \leq Cap_k, \quad k = \overline{1, m}.$$

- Chaque tournée débute et se termine au dépôt :

$$\sum_{k=1}^m Y_{0k} = m;$$

- Chacun des clients est affecté à un ou plusieurs véhicules :

$$\sum_{k=1}^m Y_{ik} \geq 1, \quad i = \overline{1, n};$$

- Pour le problème de tournée de véhicule, on doit s'assurer que chaque client soit visité une et une seule fois par le même véhicule au cours de la même tournée. Mathématiquement cette contrainte se modélise par les inégalités suivantes :

$$\sum_{i=0}^n X_{ij}^k = Y_{jk}, \quad j = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m};$$

$$\sum_{j=0}^n X_{ij}^k = Y_{ik}, \quad i = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m};$$

- Toutes les tournées doivent être connexes et issues du dépôt :

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ij}^k \leq |S| - 1, \quad S \subset \{1, \dots, n\}, \quad k = \overline{1, m}.$$

- La durée de service de chaque camion-citerne ne doit pas dépasser la période de travail qui est de durée  $T = 8$  heures.

$$t_{0k} \sum_{j=1}^n X_{0j}^k + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^k X_{ij}^k + \sum_{i=1}^n t_{ik} \sum_{j=0}^n X_{ij}^k \leq T, \quad k = \overline{1, m}.$$

Le modèle général de la distribution des carburants de la branche commercialisation NAFTAL-Béjaia est le suivant :

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^m d_{ij} X_{ij}^k.$$

$$\min \sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^m Y_{ik}.$$

Sous les contraintes :

$$\sum_{i=1}^n \sum_{p=1}^4 Q_{ip} Y_{ik} \leq Cap_k, \quad k = \overline{1, m}. \quad (3.1)$$

$$\sum_{k=1}^m Y_{0k} = m. \quad (3.2)$$

$$\sum_{k=1}^m Y_{ik} \geq 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (3.3)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} X_{ij}^k \leq |S| - 1, \quad S \subset \{1, \dots, n\}, \quad k = \overline{1, m}. \quad (3.4)$$

$$\begin{cases} \sum_{i=0}^n X_{ij}^k = Y_{jk}, & j = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m} \\ \sum_{j=0}^n X_{ij}^k = Y_{ik}, & i = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m}. \end{cases} \quad (3.5)$$

$$t_{0k} \sum_{j=1}^n X_{0j}^k + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_{ij}^k X_{ij}^k + \sum_{i=1}^n t_{ik} \sum_{j=0}^n X_{ij}^k \leq T, \quad k = \overline{1, m}. \quad (3.6)$$

$$X_{ij}^k \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{0, n}, \quad j = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m}. \quad (3.7)$$

$$Y_{ik} \in \{0, 1\}, \quad i = \overline{0, n}, \quad k = \overline{1, m}. \quad (3.8)$$

### 3.3 Evaluation du modèle

Le modèle obtenu est un programme linéaire à variables bivalentes pour  $m$  véhicules et  $n$  points de ventes, on a :

#### 3.3.1 Nombre de variables

- $m(n+1)$  variables de type  $Y_{ik}$ .
- $m(n+1)^2$  variables de type  $X_{ij}^k$ .
- $3(n+1)$  variables de type  $Q_{ip}$ .
- $m(n+1)^2$  variables de type  $t_{ij}^k$ .
- $(n+1)^2$  variables de type  $d_{ij}$ .
- $m$  variables de type  $Cap_k$ .
- $m$  variables de type  $T_k$ .
- $m(n+1)$  variables de type  $t_i^k$ .

#### 3.3.2 Nombre de contraintes

- $m$  contraintes de type (3,1).
- 1 contrainte de type (3,2).
- $n$  contraintes de type (3,3).
- $m(2^n - n - 1)$  contraintes de type (3,4).
- $m$  contraintes de type (3,5).

### 3.4 Approches de résolution

Nous rappelons que le but fixé est de déterminer le meilleur plan de distribution en minimisant le nombre de camions-citernes utilisés et la distance parcourue , en tenant compte des demandes des clients, la capacité et la disponibilité des véhicules .

Pour la résolution de notre problème, nous avons opté pour une heuristique qui permet la construction de chaque tournée. Il s'agit de l'heuristique du plus proche voisin adaptée aux contraintes du problème.

#### 3.4.1 Méthode du plus proche voisin

##### 3.4.1.1 Principe

On affecte les camions-citernes séquentiellement à la liste des clients obtenus en appliquant la procédure du plus proche voisin, où chaque client peut être visité une et une seule fois par un

camion-citerne  $k$ , tout en vérifiant à chaque fois que la contrainte de capacité du camion-citerne n'est pas violée, l'algorithme de la méthode est le suivant :

#### **Début Algorithme**

1. Choisir un camion-citerne de la liste des camions-citernes disponibles.
2. Commencer la tournée à partir du dépôt.

#### **3. Répéter**

Trouver le client le plus proche du dernier client de la tournée et l'ajouter à celle-ci en vérifiant la contrainte de capacité du camion-citerne et d'autres contraintes spécifiques au problème étudié;

**Jusqu'à** Ce la liste des commandes soit épuisée.

4. Si la liste des camions-citernes n'est pas épuisée, aller en (1).
5. **Fin Algorithme.**

A la fin de cette étape, on obtient un ensemble de tournées.

## **3.5 Conclusion**

La distribution des carburants au niveau de NAFTAL-Béjaia est modélisée comme un problème VRP. Vu que ce problème appartient à la classe NP-Complet, alors on a adapté l'heuristique du plus proche voisin pour sa résolution [24].

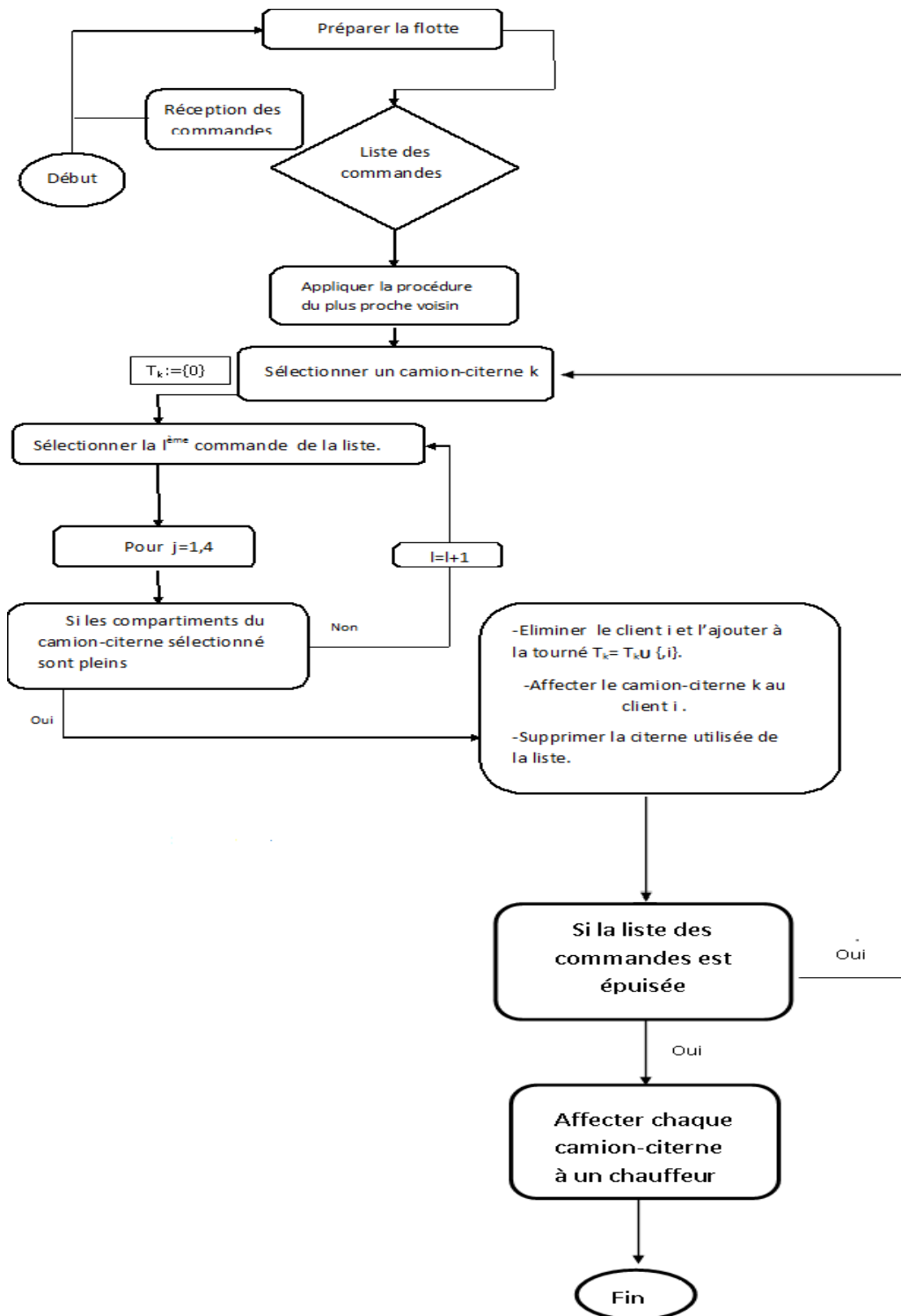


FIGURE 3.1 – Organigramme adapté au problème étudié.

# Chapitre 4

## Implémentation de l'application

Au cours des dernières années, les langages de programmation informatique ont connu un formidable développement, et un très grand nombre de logiciels de programmation ont vu le jour, d'où la tendance à choisir les logiciels plus spécialisés et plus productifs selon le domaine. Maintenant et après avoir introduit aux chapitres précédents la méthodologie de résolution de notre problème, il s'agit à présent d'intégrer l'heuristique présentée précédemment dans une application de planification des tournées. Cette application permet d'expliquer la fonctionnalité c'est-à-dire l'heuristique utilisée, les contraintes prises en compte et la visualisation des résultats [11].

La réalisation de notre application nécessite un langage évolué, notamment pour l'allocation dynamique de la mémoire. Nous avons appliquées dans ce but un langage de programmation performant c'est "le Delphi 5".

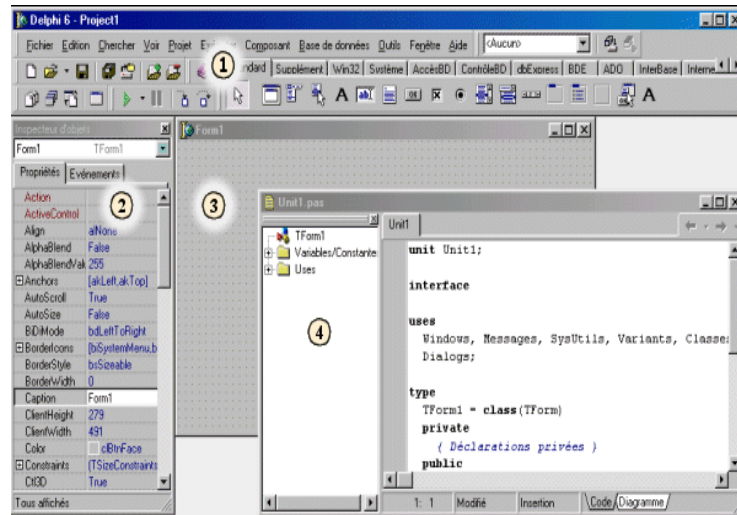
Nous allons par conséquent, en premier lieu, présenter le langage de programmation utilisé. En second lieu, nous présentons l'application et son contenu. Enfin, nous exposons les résultats obtenus.

### 4.1 Description du langage de programmation Delphi

**Delphi** est un environnement de programmation visuel orienté objet, utilisé pour le développement rapide d'application (RAD). En utilisant Delphi, il est possible de créer des applications Microsoft Windows très efficaces avec un minimum de codage manuel [38].

**Delphi** fournit tous les outils qui sont nécessaires pour développer, tester, déboguer et déployer des applications, un ensemble d'outils de conception, des modèles d'application et de fiches, ainsi que des experts de programmation. Ces outils simplifient le prototype et réduisent la durée de développement [21].

L'un des principaux objectifs de son utilisation est de permettre la construction d'un logiciel ayant le maximum de qualité : la fiabilité, la convivialité et surtout l'efficacité, et ceci explique notre choix pour **Delphi** version 5 pour créer notre application [10].



### Le menu de Delphi (1) :

Contient tous les éléments nécessaires à l'utilisation de Delphi, ainsi qu'une palette de composants pour concevoir des fiches qui constitueront l'interface de l'application.

### L'inspecteur d'objet (2) :

Permet d'éditer les propriétés et les événements des composants : taille, couleur, visibilité, clics,...

### Concepteur de fiches (3) :

Il s'agit bien sûr de l'interface du programme, il donne donc un aperçu du compte rendu de l'application sans avoir à compiler le code.

### L'éditeur de code (4) :

Il permet d'accéder au code qui exécute l'application.

## 4.2 Présentation de l'application :

L'application est destinée à la planification des tournées des camions-citernes pour NAFTAL-Béjaia, le critère choisi est la minimisation du nombre de camions-citernes utilisés ainsi que le chemin parcouru, en intégrant l'heuristique du plus proche voisin présentée précédemment. Cette application a été développée pour résoudre le problème de tournées de véhicules, ainsi elle permet d'exécuter des exemples d'applications fournis par la branche commerciale-NAFTAL.

### Données d'entrées nécessaires

Afin d'utiliser cette application, on a conçu une base de données permettant la gestion intégrée des clients, camions-citernes, commandes et l'affectation des chauffeurs aux tournées.

- Le nombre de clients qui ont passés une commande.

- Le nombre de camions-citernes disponibles.
- La quantité commandée de chaque client pour chaque produit .

## Données de sorties

L'application possède une interface relativement aisée qui permet de :

- Faire la gestion de toutes les données qui sont facilement accessibles en utilisant la base de données.
- Aboutir au planning de circulation de chaque camion-citerne.
- Nombre de rotations de chaque camion-citerne.

## La tournée

La tournée se fait suivant l'heuristique présentée dans le chapitre précédent.

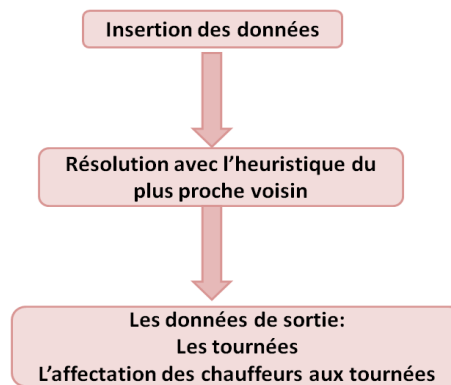


FIGURE 4.1 – Principe de fonctionnement.



## 4.2.1 Contenu de l'application

En exécutant le programme, une fenêtre qui indique le lancement pour l'exécution de l'application apparaît.



FIGURE 4.2 – Fenêtre principale de l'application.

La fenêtre principale comporte deux options :

### 1. Menu Fichier :

Permet d'accéder et de visualiser les tables de la base de données, donc toutes les données seront alors modifiables et consultables.

### 2. Menu Gestion :

Le choix de cette option permet aux utilisateurs de résoudre le problème posé, en utilisant l'heuristique du plus proche voisin.

#### 4.2.1.1 Manuel d'utilisation

Après avoir présenté le contenu de l'application, on passera à expliquer son fonctionnement : Toutes les données sur la branche commerciale sont initialement entrées dans la base de données.

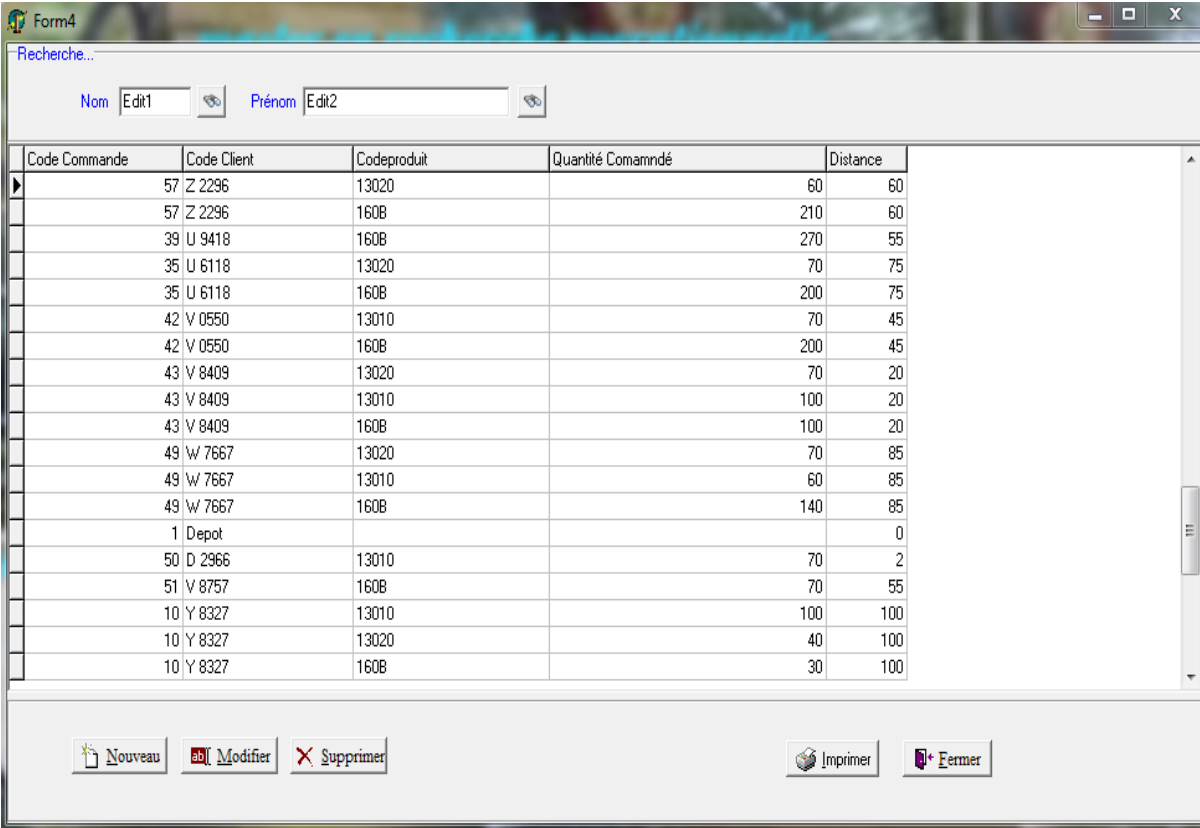
\* **Le menu Fichier :**

Le choix de ce menu nous mène à une liste de sous menus, correspondante aux tables de la base de données. En cliquant sur l'un de ces sous menus, une fenêtre apparaîtra permettant à l'utilisateur d'éditer les paramètres en inscrivant directement les nouvelles données, d'ajouter, de supprimer et de modifier les enregistrements à partir de la fiche.

Le menu Fichier contient à son tour des opérations :

● **Commandes**

La figure ci-dessous concerne l'interface qui permet l'affichage, la suppression et la modification de l'ensemble des commandes.



Recherche...

Nom Edit1 Prénom Edit2

Code Commande	Code Client	Codeproduit	Quantité Comamndé	Distance
57	Z 2296	13020		60
57	Z 2296	160B		210
39	U 9418	160B		270
35	U 6118	13020		70
35	U 6118	160B		200
42	V 0550	13010		70
42	V 0550	160B		200
43	V 8409	13020		70
43	V 8409	13010		100
43	V 8409	160B		100
49	W 7667	13020		70
49	W 7667	13010		60
49	W 7667	160B		140
1	Depot			0
50	D 2966	13010		70
51	V 8757	160B		70
10	Y 8327	13010		100
10	Y 8327	13020		40
10	Y 8327	160B		30

Nouveau Modifier Supprimer Imprimer Fermer

FIGURE 4.3 – Onglet "Liste des commandes" de la table commande.

- **Client**

La figure ci-dessous représente la fenêtre qui permet l'affichage, la suppression et la modification de l'ensemble des clients.

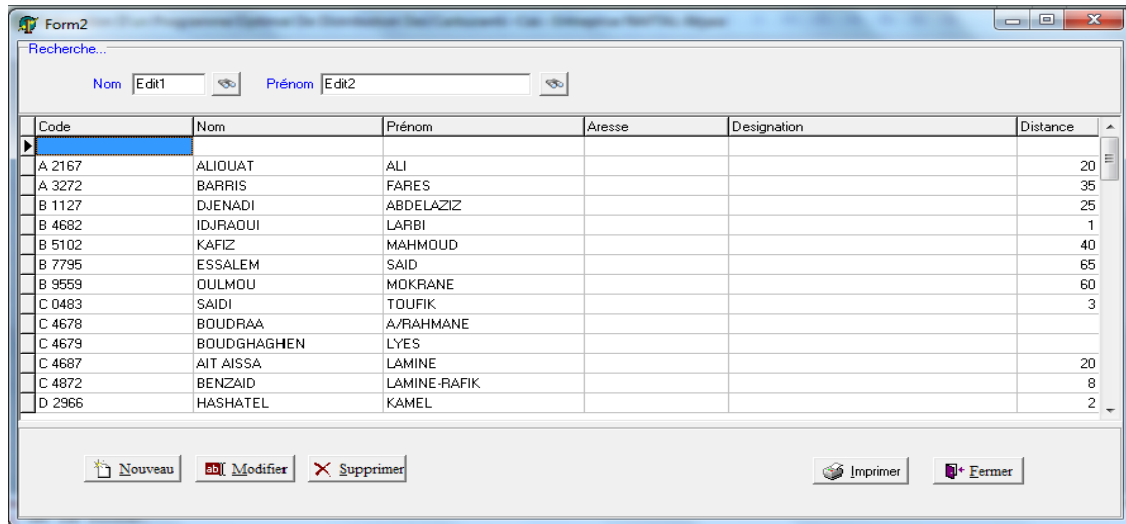


FIGURE 4.4 – Onglet "Liste des clients" de la table Client.

- **Produit**

La figure ci-dessous concerne l'interface qui permet l'affichage, la suppression et la modification de l'ensemble des produits.

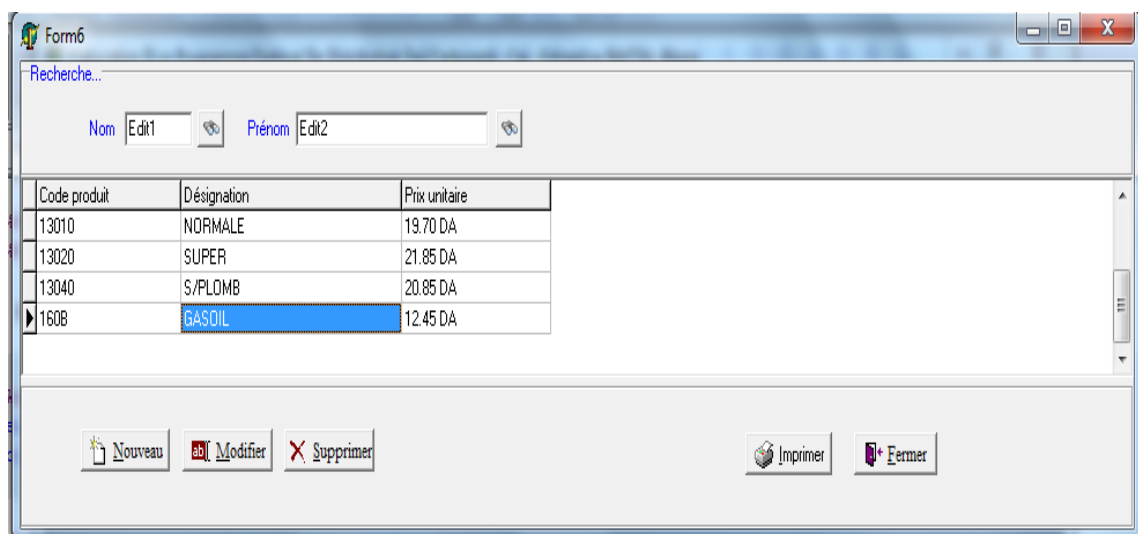


FIGURE 4.5 – Onglet "Liste des produits" de la table produit.

• Chauffeur

La figure ci-dessous présente la fenêtre qui permet l'affichage, la suppression et la modification de l'ensemble des chauffeurs.

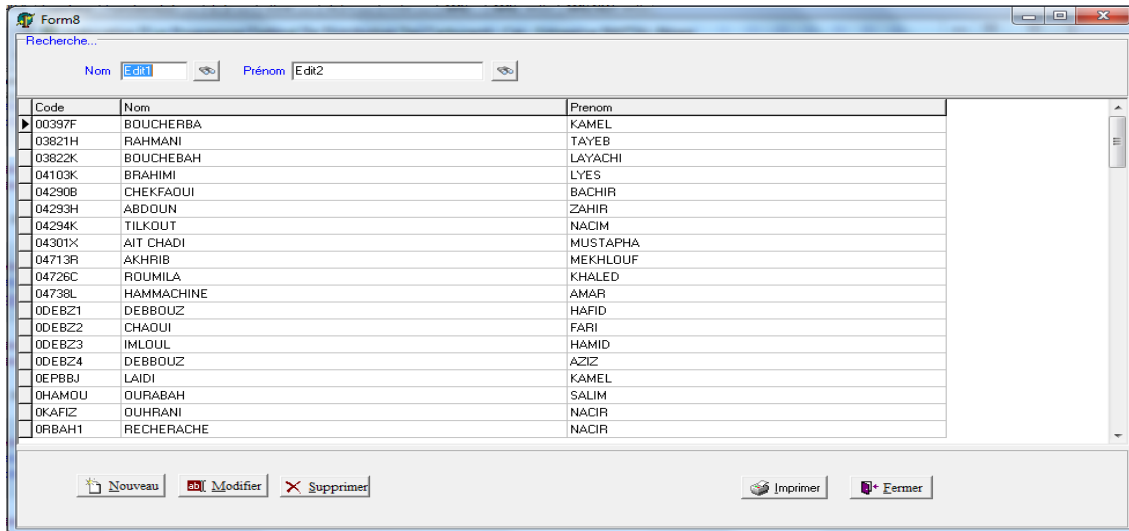


FIGURE 4.6 – Onglet "Liste des chauffeurs" de la table chauffeur.

• Citerne

La figure ci-dessous concerne l'interface qui permet l'affichage, la suppression et la modification de l'ensemble des citernes.

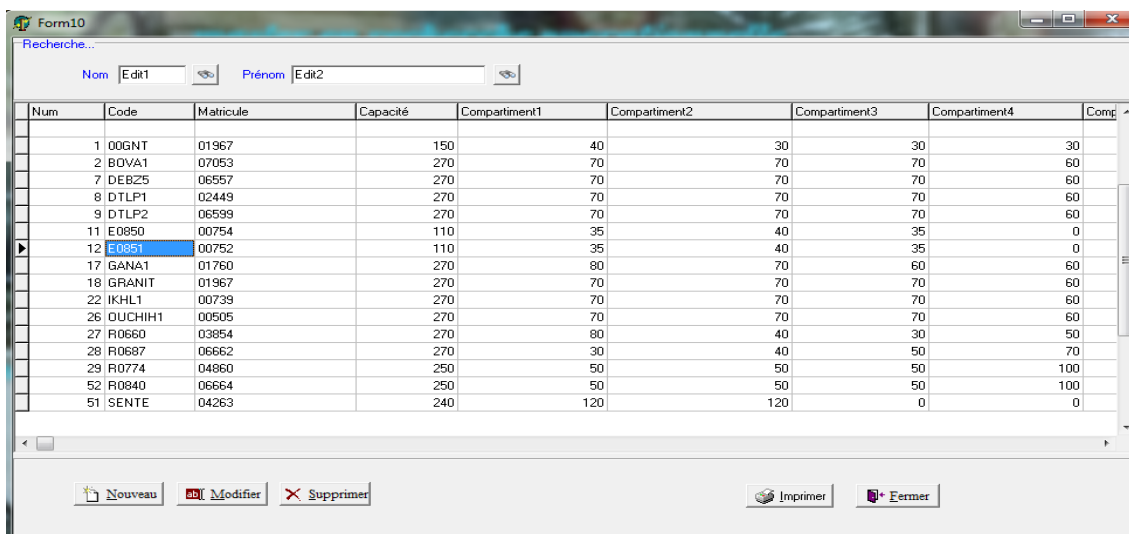
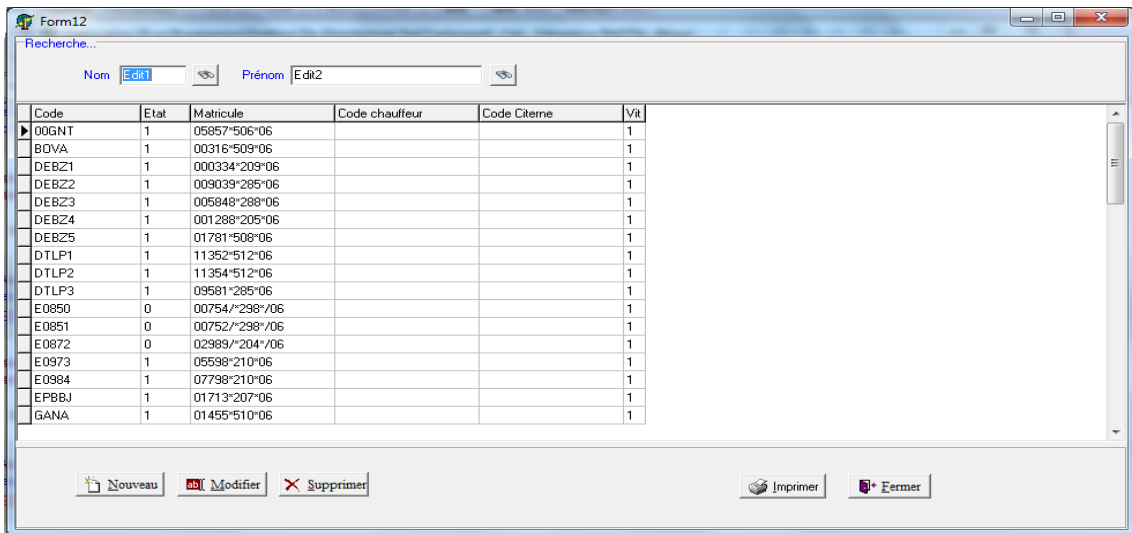


FIGURE 4.7 – Onglet "Liste des citernes" de la table citerne.

- **Tracteur**

La figure ci-dessous présente la fenêtre qui permet l'affichage, la suppression et la modification de l'ensemble des Tracteurs.



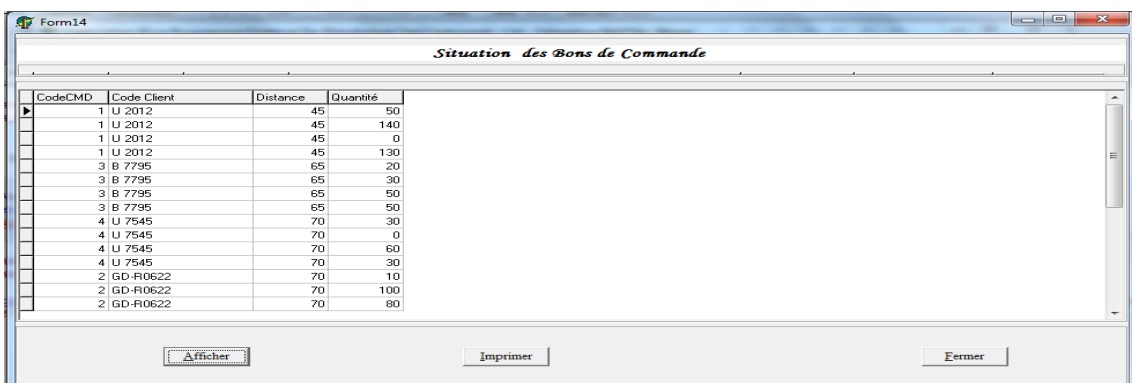
Code	Etat	Matricule	Code chauffeur	Code Citene	Vit
00GNT	1	05857*506*06			1
BOVA	1	00316*509*06			1
DEBZ1	1	000334*209*06			1
DEBZ2	1	009039*285*06			1
DEBZ3	1	005848*288*06			1
DEBZ4	1	001288*205*06			1
DEBZ5	1	01781*508*06			1
DTLP1	1	11352*512*06			1
DTLP2	1	11354*512*06			1
DTLP3	1	09581*285*06			1
E0850	0	00754/*298*06			1
E0851	0	00752/*298*06			1
E0872	0	02989/*204*06			1
E0973	1	05588*210*06			1
E0984	1	07798*210*06			1
EPBBJ	1	01713*207*06			1
GANNA	1	01455*510*06			1

FIGURE 4.8 – Onglet "Liste des tracteurs" de la table tracteur.

\* **Le menu Gestion :**

Dans le menu "Gestion" on trouve un sous-menu "Situation des bons de commande", "Affectation" et "bon satisfait".

Le sous menu "Situation des bons de commande" a pour but d'ordonner les clients (qui ont passé des commandes) selon la procédure du plus proche voisin.



CodeCMD	Code Client	Distance	Quantité
1	U 2012	45	50
1	U 2012	45	140
1	U 2012	45	0
1	U 2012	45	130
3	B 7795	65	20
3	B 7795	65	30
3	B 7795	65	50
3	B 7795	65	50
4	U 7545	70	30
4	U 7545	70	0
4	U 7545	70	60
4	U 7545	70	30
2	GD-R0622	70	10
2	GD-R0622	70	100
2	GD-R0622	70	80

FIGURE 4.9 – Onglet "Situation des bons de commande" de la table Situation des bons de commande.

Le sous-menu "Affectation" a pour but d'affecter les chauffeurs aux camions-citernes d'une manière aléatoire.

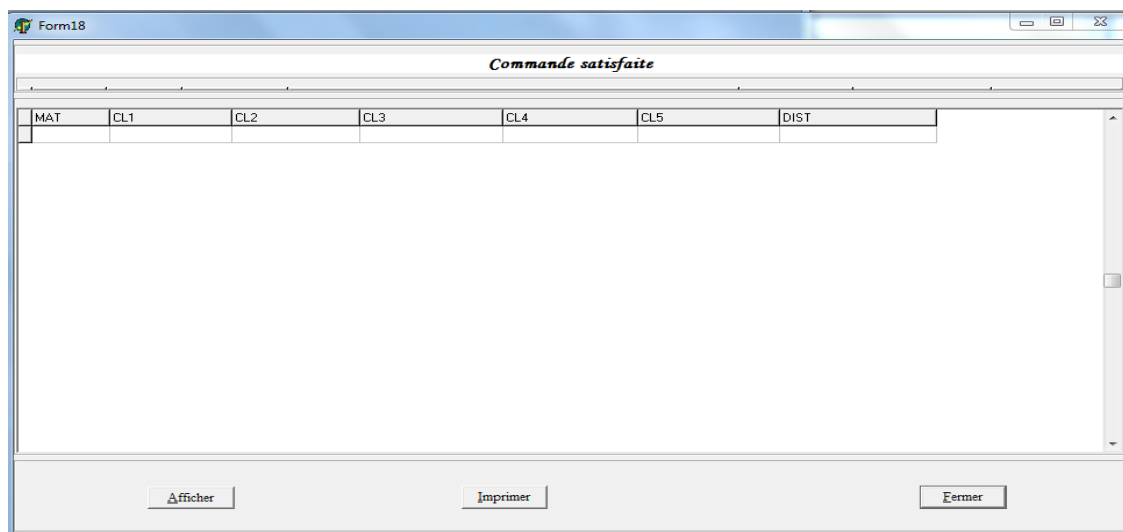


FIGURE 4.10 – Onglet "Affectation" de la table Affectation.

Le sous-menu "bon satisfait" a pour but d'afficher les tournées de chaque camion-citerne, ainsi que la distance parcourue.

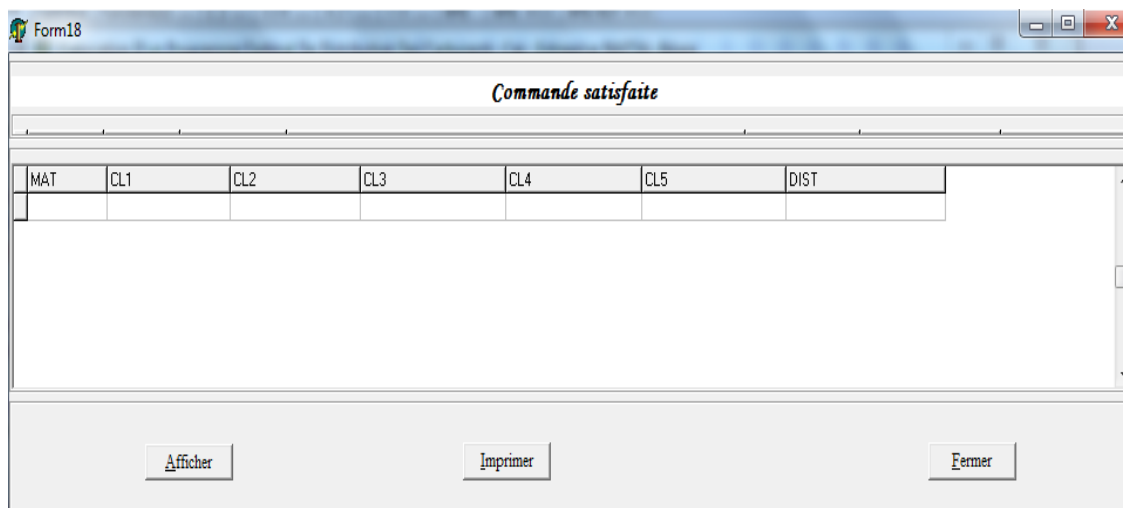


FIGURE 4.11 – Onglet "bon satisfait" de la table bon satisfait.

### 4.3 Exemple d'application

Nous avons exécuté notre application sur les données d'un exemple réel (journée du jeudi 6 juin 2013) afin de pouvoir tester notre application.

Dans un premier temps, nous allons présenter les données dont disposait NAFTAL ce jour-là, suivie par le programme donné par notre application.

Le tableau suivant représente les données sur les clients.

Numéro	client	Date de commande	Essence super	Essence normale	Gas oil	Sans plomb
1	U 2012	6/06/2013	30	30	60	0
2	B 7795	6/06/2013	0	70	30	0
3	N 5656	6/06/2013	20	0	130	0
4	GD R0624	6/06/2013	70	60	140	0
5	GD R0623	6/06/2013	70	70	160	0
6	Y 7670	6/06/2013	60	70	140	0
7	P 0017	6/06/2013	70	0	80	0
8	S 2607	6/06/2013	70	0	80	0
9	U 2013	6/06/2013	0	30	30	0
10	C 0483	6/06/2013	0	0	250	0
11	B 4682	6/06/2013	50	0	50	0
12	D 2966	6/06/2013	60	0	210	0
13	C 4872	6/06/2013	50	0	50	0
14	K 2665	6/06/2013	20	20	50	0
15	GD R0621	6/06/2013	0	0	120	0
16	GD R0626	6/06/2013	30	0	40	0
17	GD R0620	6/06/2013	0	0	270	0
18	GD R0627	6/06/2013	70	70	130	0

Numéro	client	Date de commande	Essence super	Essence normale	Gas oil	Sans plomb
19	S 2653	6/06/2013	0	60	210	0
20	Z 2672	6/06/2013	70	0	200	0
21	B 1127	6/06/2013	0	70	80	0
22	V 8726	6/06/2013	50	0	140	0
23	S 2638	6/06/2013	30	0	90	0
24	U 5570	6/06/2013	0	20	250	0
25	Z 2296	6/06/2013	60	0	110	0
26	V 8409	6/06/2013	30	0	30	0
27	W 7667	6/06/2013	70	70	130	0

TABLE 4.1 – La liste des clients qui ont passé des commandes

Le tableau suivant représente les données sur les citernes disponibles.

Code	Matricule	Capacité	C1	C2	C3	C4	C5
BOVA1	07053	270	70	70	70	60	0
DEBZ1	000334*209*0	120	30	30	30	30	0
DEBA3	005848*288*0	70	20	30	20	0	0
DEBZ5	06557	270	70	70	70	60	0
DTLP1	02449	270	70	70	70	60	0
DTLP2	06599	270	70	70	70	60	0
E0850	00754	110	35	40	35	0	0
OUCH2	008752*286*0	70	20	30	20	0	0
R0660	03854	270	80	40	30	50	70
R0687	06662	270	30	40	50	70	80



Code	Matricule	Capacité	C1	C2	C3	C4	C5
R0774	04860	250	30	40	50	70	0
R0840	06664	250	50	50	50	100	0
R1131	03791	270	70	70	70	60	0
R1200	01112	270	70	70	70	60	0
R1224	01825	270	70	70	70	60	0
R1240	02990	270	70	70	70	60	0
R1241	02991	270	70	70	70	60	0
R1327	00093	300	80	70	70	80	0
R1329	00094	300	80	70	70	80	0
RABIA	00771	120	30	30	30	30	0
RABIA2	00415	270	90	90	90	0	0
RBAH1	00543	120	30	30	30	30	0
RBAH2	00544	120	30	30	30	30	0
RBAH3	03249	70	20	30	20	0	0
RBAH4	00542	120	30	30	30	30	0
RBAH5	00043	270	70	70	70	70	0
RBAH6	02970	270	70	70	70	70	0
RBAH7	00412	270	70	70	70	60	0
RBAH8	00413	270	70	70	70	60	0
YAHIA	00526	30	10	10	10	0	0
DTLP3	09581	120	30	30	30	30	0
E0872	02989	120	30	30	30	30	0
GANAI	01760	270	80	70	60	60	0
HOCHT	007617*290*0	70	20	30	20	0	0
IKHL1	00739	270	70	70	70	60	0
IKHL2	05704	270	70	70	70	60	0

TABLE 4.2 – Les citernes disponibles

### Interprétation des résultats :

Les résultats affichés nous renseignent sur tout ce qu'un dispatcheur a besoin de connaître, à savoir :



MAT	CL1	CL2	CL3	CL4	CL5	DIST
07053	HASHATEL	HASHATEL	HASHATEL	HASHATEL		1
04860	SAIDI TOUFIK	SAIDI TOUFIK	SAIDI TOUFIK	SAIDI TOUFIK		1
06664	BEN ZAID	BEN ZAID	IDJRAOUI	IDJRAOUI		5
000693	IKHLEF	IKHLEF	BOUALEM	BOUALEM		13
000334*2	BOUDRAHEM	BOUDRAHEM	DJERMANI	DJERMANI		26
01967	DJENADI	DJENADI	DJENADI	DJENADI	DJENADI	25
00094	GD ELKSEUR	GD ELKSEUR	GD AMIZOUR	GD AMIZOUR		28
0657	GD ELKSEUR	GD ELKSEUR	GD AMIZOUR	GD AMIZOUR		28
02449	TOUAHRIA	TOUAHRIA	SAIDI HACHEMI	SAIDI HACHEMI		70
005848*2	TOUAHRIA	TOUAHRIA	SAIDI HACHEMI			70
007617*2	GD SK-TENINE	GD SK-TENINE	GD SK-TENINE			35
06599	GD SIDI AICH	GD SIDI AICH	GD SIDI AICH	GD SIDI AICH		45
09581	SOUMAME	SOUMAME	SOUMAME	SOUMAME		35
01760	BIR	BIR	BIR	BIR		45
02989	HAKEM	HAKEM	HAKEM	HAKEM		45
00739	BENHAMANA	BENHAMANA	BENHAMANA	BENHAMANA		55
05704	GD KHERRATA	GD KHERRATA	GD KHERRATA	GD KHERRATA		60
03791	ESSALEM	ESSALEM	ESSALEM	ESSALEM		65
02970	BOUKHELOU	BOUKHELOU	BOUKHELOU	BOUKHELOU		70

- Les stations à visiter.
- Le nombre de rotations de chaque citerne.
- Le nombre de citernes utilisées.

**Remarque 4.3.1.** *La raison pour laquelle nous n'avons pu faire une étude comparative entre les résultats de notre travail et ceux de la NAFTAL-Béjaia est exclusivement dûe au manque de données, notamment celles des distances, les seules données relatives aux distances qu'on a pu avoir est celles des distances (dépôt, clients), le reste c'est-à-dire "inter client" est déduit au moyen d'une carte géographique de Béjaia, ce qui est bien sûr complètement injustifié, qui a eu pour conséquence des résultats approchés.*

## 4.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons donné une description de l'application conçue, notons que cette dernière a été développée à l'aide de l'outil de programmation Delphi, qui nous permet de gérer la base de données des clients, les citernes, les chauffeurs,...

Après une implémentation réelle de cette solution dans le réseau NAFTAL, nous avons abouti à des résultats qui sont satisfaisants.

# Conclusion Générale

Le travail que nous avons présenté consiste à traiter un problème de confection de tournées, en affectant des véhicules aux clients pour la livraison des carburants (Gasoil, Sans Plomb, Essence Normale et Essence Super) et concevoir un planning de rotation selon les données existantes.

Notre travail a consisté en l'élaboration d'un plan de distribution des carburants au sein de NAFTAL-Béjaia. Pour ce faire, nous avons conçu une application informatique sous Delphi, faisant appel à des techniques de la recherche opérationnelle.

Enfin, nous avons la satisfaction d'avoir identifié quelques unes des contraintes importantes du problème (flotte hétérogène, produits multiples) qui nous a été proposé par NAFTAL, et avoir pu le modéliser sous une forme mathématique et proposer une méthode de résolution.

Notons que notre travail reste à compléter car il ne présente qu'une étape de l'étude à laquelle peuvent s'ajouter d'autres variantes aussi importantes, le cas où un client ne peut être servi que par un type bien défini de camions ou le cas multi-dépôts.

Nous espérons par ce travail, avoir contribué à l'amélioration du schéma de distribution des carburants au niveau du NAFTAL-Béjaia.

# Bibliographie

- [1] Z. Aoudia. Théorie des graphes. Cours de 3ème année RO, Université de Béjaïa, 2010.
- [2] E. Baker and R. Scharffer. Solution Improvement Heuristics for the Vehicle Routing problem and scheduling Problem with time Window constraints. pages 125-159, 1988.
- [3] A. Bendaas and L. Baghouti. Optimisation du Schéma de Distribution des Carburants. Mémoire d'ingénieur, Département de Recherche Opérationnelle, USTHB, 2003.
- [4] E. Beltrami and L. Bodin. Networks and vehicle routing for municipal waste collection. Networks, pages 568-581, 1974.
- [5] F. Bernard. Recherche opérationnelle et applications. 6, 52-59, 1997, Université de Technologie de Troyes, 2012.
- [6] J.F. Cordeau, M. Gendreau, A. Hertz, G. Laporte, and J.S. Sormany. New heuristics for vehicle routing problem. Logistics Systems, 2005.
- [7] G. Clark and J. Wright. Scheduling of vehicles from a central dépôt to a number of delivery points. Operational Research, vol(12) : 568-581, 1964.
- [8] A. Colorni, M. Dorigo, and V. Maniezzo. Distributed optimization by ant colonies. Elsevier Publishing, pages 134-142, 1992.
- [9] Documents internes de NAFTAL.
- [10] B. Cyril. Programmation Delphi. version1.99.37, 2004.
- [11] J. Darmont. Programmation sous Delphi. Maitrise d'Économétrie, france, 2000.
- [12] L. Dali and W. Kazeoui. Optimisation de la distribution du gaz butane au niveau de l'unité Naftal de distribution de Béjaïa. Mémoire d'ingénieur, Département de Recherche Opérationnelle, Université de Béjaïa, 1999.
- [13] J. Dreot and all. Métaheuristiques pour l'optimisation difficile. Paris, 2003.
- [14] T. El-Ghazali. Optimisation multi-critère. France, 1999.
- [15] F. Ecoto. Initiation à la recherche opérationnelle. pages 57-62, 1989.
- [16] M.L. Fisher and R. Jaikumer. A generalized assignment heuristic for the vehicle routing. Networks, vol(11) : 109-124, 1981.

- [17] F. Glover. Heuristics for integer programming using surrogate constraints. *Decision Science*, 1977.
- [18] B. Gillet and L. Miller. A heuristic algorithm for the vehicle dispatcher problem. *Operational Research*, 13, 1985.
- [19] M. Habib and H. Jin-Kao, P. Galinie. Métaheuristiques pour l'optimisation combinatoire et l'affectation sous contraintes. *Revue d'Intelligence Artificielle*, pages 54-98, 1999.
- [20] Y. Hamam and H. Talbot. Introduction à la programmation mathématique. 12, Paris, 2009.
- [21] G. Hubert, H. J. Claude, M. David, and W. Alexandre. *Programmation avec Delphi*, vol(84), 2005.
- [22] O. Hamdouni. Optimisation multicritère de la distribution de produits dans une entreprise économique, cas d'ifri. Mémoire de Magistère, Département de Recherche Opérationnelle, Université de Béjaïa, 2012.
- [23] C. Joncour. Optimisation combinatoire et métaheuristique. vol(23) : 72-79, Université du Havre, 2012.
- [24] N. Jozefowicz. Modélisation et résolution approchée de problèmes de tournées de véhicules, France, 2004.
- [25] N. Jozefowicz, F. Semet, and E. G. Talbi. Solution of a multi-objective vehicle routing problem. LIFL, USTL, Villeneuve d'Ascq, France, 2010.
- [26] T. Jaques and M. PIRLOT. Optimisation approchée en recherche opérationnelle. pages 110-120, Paris, 1986.
- [27] N. Khimoum. Optimisation du schéma de distribution des carburants au niveau de NAFTAL. Mémoire d'ingénieur, Département de Recherche Opérationnelle, Université de Béjaïa, 2002.
- [28] G. Laporte and F. Semet. Classical heuristics for the capacitated vrp. *Mathematics and Applications*, pages 109-128, 2002.
- [29] J. E. Mendoza, A. L. Medaglia, and N. Velasco. An evolutionary-based decision support system for vehicle routing : The case of a public utility. *Decision Support Systems*, vol(46) : 730-742, 2009.
- [30] N. Rekkam and A. Sai. Optimisation de la distribution du Butane cosmétique au niveau du district GPL D'ALGER. Mémoire d'ingénieur USTHB, 2008.
- [31] C. Rego and C. Roucairol. A parallel tabu search algorithm using ejection chains for the vehicle routing problem. *Meta-Heuristics : Theory and Application*, pages 661-675, 1996.
- [32] M. Sakarovitch. Optimisation combinatoire. Méthodes Mathématiques et Algorithmiques. pages 99-105, Paris, 1984.
- [33] M. Sari. Investigation des Modèles à coûts unitaires Variables dans le cas d'un Système de Distribution à dépôt unique ou à plusieurs dépôts. Thèse de Magister, Département de Génie Industrielle, E.N.P, 1997.

- 
- [34] A. Trudeau. Planification des tournées de véhicules pour l’approvisionnement de dépanneurs. Mémoire, Février 2008.
- [35] G. Thierry. Étude et résolution exacte de problèmes de transport à la demande, avec qualité de service. Thèse de Doctorat, Université Marseille, décembre 2007.
- [36] P. Toth and D. Vigo. heuristics algorithm for the symmetric and asymmetric vehicle routing problems with backhauls. *European Journal of Operations Research*, Philadelphia, 2002.
- [37] M. Troyon. Quelques heuristiques et résultats asymptotiques pour trois problèmes d’optimisation combinatoire. Thèse de Doctorat, Lausanne, 1998.
- [38] P. Vaxivière and D. Benmouffet. Base de données access. *Ecole des mines*, vol(23), 2009.
- [39] E. Wild. Contribution théorique et numérique à la résolution du problème du Voyageur de Commerce. Thèse de Doctorat, Université de Lille 1, 2003.
- [40] J. Xu and J.P. Kelly. A network flow-based tabu search heuristic for the vehicle routing problem. *Transportation Science*, vol(30) :379-393, 1996.

## Résumé

L'entreprise NAFTAL permet le transport des carburants au moyen des camions-citernes. Désirant optimiser le schéma de distribution des carburants, la Commerciale de Béjaia doit se tourner vers des techniques de la RO, afin d'être en mesure de faire une planification journalière de la distribution. Or en parlant de la complexité du problème, on peut dire que ce problème est complexe, compte tenu des nombreuses décisions qui doivent être prises en même temps, c'est à dire la satisfaction des clients dans des temps prédéfinis, le nombre des camions-citernes qui seront utilisés et l'organisation de la tournée de chacun d'eux à moindre coût. Il est question d'établir un plan optimal de gestion de cette opération. Le problème a été modélisé en un problème de tournées de véhicules et a été résolu à l'aide d'une approche basée sur l'heuristique de plus proche voisin. Finalement, une application est présentée, elle a été développée à l'aide du logiciel Borland Delphi5 et elle a permis d'obtenir des tournées satisfaisantes.

**Mots-Clés** : Optimisation Combinatoire, Heuristiques, Métaheuristiques, Flotte hétérogène, Tournées de véhicules.

## Abstract

The company NAFTAL allows the transport of the fuels through tankers. Wishing to optimize the diagram of distribution of the fuels, marketing-Béjaia must use techniques of Operations Research, in order to be able to make correctly a planning day of the distribution. However while speaking about the complexity of the problem, are can say that this problem is complex, taking into account many decisions which must be made at the same time, the satisfaction of the customers in preset times, the number of trucks which will be used and the organization of the round of each one of them at lower cost. This problem is to establish an optimal program of management of this operation. The problem was modelled in a vehicle routing problem and is solved using an approach based on the heuristics moreover nearer close. Finally, an application is presented, it is developed using the software Borland Delphi5. It is shown that the application obtains satisfactory rounds.

**Key-Words** : Combinatorial Optimization, Heuristics, Metaheuristics, Heterogeneous fleet.