

وزارة الجامعات والبحث العلمي
Ministère aux Universités et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE - المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Optimisation de l'activité de collecte des huiles

Usagées à L'U.N.D

D'ALGER

Application au centre 16 B Alger - port

Proposé par :

NAFTAL

Etudié par :

DJAOUI

Hocine

Dirigé par :

Mr ; BOUZIANE

M^{me} BELMOKHTAR

PROMOTION

1993

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة الجامعات والبحث العلمي
Ministère aux Universités et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

Optimisation de l'activité de collecte des huiles

Usagées à L'U.N.D

D'ALGER

Application au centre 16 B Alger - port

Proposé par :

NAFTAL

Etudié par :

DJAOUI

Hocine

Dirigé par :

Mr ; BOUZIANE

M^{me} BELMOKHTAR

PROMOTION

1992

E.N.P. 10, Avenue Hacen Badi El-Harrach - Alger

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à:

- Ma mère
- Mon père
- Mes frères
- Mes soeurs et belles soeurs
- Toute la famille
- La petite ZAZA (Radjaa)
- Au petit SIDOU (SIDALI)
- Tous mes amis
- MEDSALIM Meflah et BAHHOUS.



REMERCIEMENTS

Je tiens par la présente occasion à REMERCIER :

- Mes promoteurs M^{me} BELMOKHTAR et M^r BOUZIANE pour avoir accepté de diriger mon travail.

- L'ensemble du personnel de l'U.N.D D'ALGER, particulièrement messieurs ZEGAI et ABOUDAUD du service de formation et ARAB SADEK le chef du département distribution pour la bienveillante attention qu'ils m'ont accordé.

- Les gestionnaires de la cellule de collecte des huiles usagées à ALGERPORT, messieurs TOUCHRIFT HOCINE, BESSA et BENZITOUNI qui m'ont permis d'accéder à l'information disponible.

- Les enseignants ayant contribué à ma formation particulièrement ceux du département GENIE INDUSTRIEL.

- Tous mes amis particulièrement FETHIA/AZIZ, MOURAD BERRAHOUI, MEFLAH MED-SALIM ET DOUIS MED-TAYEB pour leur aide, leur disponibilité et de leur soutien.

ABSTRACT

In this work, we have studied a particular problem which is picked up from the distribution, namely the collect of used oils problem.

After presenting the raisons of the collect of these residus type, we were passed to find solution to the problem. So we have used a stochastic heuristic approach. These approach is programmed and then applied to 16B center which is located at ALGIERS.

Finally, we have made a comparative study with the actual method used in the 16B center, in order to validate our approach.

RÉSUMÉ

Nous avons étudié dans le présent projet de fin d'étude, un problème particulier relevant de la distributique à savoir le problème de collecte des huiles usagées.

Après avoir montré les raisons de récupération de ce type de résidus, nous avons procédé à la résolution du problème posé. Pour cela nous avons opté pour une approche heuristique adaptée au cas stochastique. Nous avons ensuite programmé et appliqué cette approche au centre 16B de l'unité NAFTAL d'ALGER.

Enfin nous avons fait une étude comparative avec la méthode manuelle actuelle en vue de valider notre approche.

ملخص
تتطرق هذه الأطروحة إلى مشكلة خاصة تتعلق بالتوزيع وهي كيفية استرجاع والتقاط الزيوت المستهلكة. تطرحنا إلى طريقة حل المشكلة، وقد اخترنا لذلك طريقة البرمجة "صوريستيك" مناسبة للحالات المتشوائية. ثم بعد ذلك برمجة وتطبيق الطريقة على مستوى مركز نفطال 16B. تمنا في الأخير مقارنة بين طريقة البرمجة والطريقة المستهلكة حالياً في المركز وذلك قصد إثبات مصداقية الطريقة المقترحة.

SOMMAIRE

	page
INTRODUCTION.....	1
<u>Chapitre I</u> PRÉSENTAION DE L'ENTREPRISE ET POSITION DU PROBLEME	3
1. - Présentation de l'entreprise NAFTAL.....	3
2. - Unité NAFTAL de distribution d'ALGER.....	4
3. - Système de collecte des huiles usagées.....	6
4. - Etude du système de collecte des huiles usagées.....	9
a. - Organisation des tournées de collecte des huiles usagées.....	10
b. - Structure de la demande en huiles usagées.....	10
c. - quelques aspects pratiques liés du problème.....	11
d. - Objectifs des gestionnaires de la cellule de collecte des huiles usagée.....	12
e. - Position du problème.....	12
Conclusion.....	13
<u>Chapitre II</u> REVUE DE LITTÉRATURE.....	14
Introduction.....	14
1. - Définition du problème.....	14
2. - Approche de résolution.....	15
Conclusion.....	17
<u>Chapitre III</u> FORMULATION MATHÉMATIQUE DU PROBLEME ET MÉTHODE DE RÉOLUTION.....	18

Introduction.....	18
1. - Formulation mathématique du problème.....	18
2. - Méthode de résolution.....	22
Conclusion.....	38
Chapitre IV APPLICATION.....	40
Introduction.....	40
1. - Collecte et traitement des données.....	40
1.1. - Collecte des données relatives aux clients.....	40
1.2. - Collecte des données relatives à la flotte.....	46
1.3. - Collecte des données relatives au temps de service.....	58
2. - Application.....	63
A. - Solution manuelle.....	63
B. - Solution de l'heuristique.....	66
C. - Comparaison.....	69
3. - Implémentation.....	75
Conclusion.....	76
Chapitre V RECOMMANDATIONS.....	78
CONCLUSION.....	79
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	81
ANNEXES.....	83

INTRODUCTION

L'élimination des huiles usagées pose un problème d'ordre pratique d'une grande importance, surtout lorsque l'on sait que leur volume représente environ la moitié du volume des huiles neuves introduites sur le marché.

Sachant que la consommation mondiale dépasse 50 millions de tonnes par an [1], c'est donc 25 millions de tonnes des huiles usées qu'il faudrait annuellement traiter.

En Algérie, la multitude des garages et stations de services, les habitudes prises par certains particuliers lors des vidanges, la disparité des industries, le manque des usines de traitement, font d'une part que la collecte des huiles usées est difficile et d'autre part coûteuse (main d'oeuvre et transport).

Trois moyens sont actuellement mis en oeuvre pour favoriser la collecte des huiles usagées.

D'une part, la législation pour la protection de l'environnement et pour la conservation des ressources.

D'autre part, l'éducation collective. Et enfin l'organisation proprement dite du ramassage.

La collecte qui est l'étape essentielle au rerafinage de l'huile usagée, est actuellement techniquement la plus difficile à résoudre, notamment dans les régions à forte densité d'habitants et qui présente une grande surface.

L'établissement d'un réseau de ramassage local, régional et national est l'une des préoccupations majeurs des responsables de l'entreprise NAFTAL, notamment ceux du département des lubrifiants.

A partir de l'exemple concret de l'unité de distribution NAFTAL d'Alger, il nous a été proposé d'établir un programme de collecte local dont la zone d'intervention est la région d'Alger.

Pour répondre à cet objectif, nous nous sommes référés aux différents travaux de recherche traitant du problème, à la suite de quoi nous avons opté pour une approche de résolution.

En résumé, pour présenter notre travail, nous commençons au chapitre I, par une présentation de l'entreprise et de l'unité concernées. Nous définirons ensuite le problème lié à l'activité de collecte au niveau de la zone d'intervention.

Le chapitre II, traitera le problème théoriquement grâce à une brève rétrospective des travaux de recherche se rapportant au sujet en question.

Le chapitre III sera consacré aux différentes formulations mathématiques du problème, ainsi qu'à l'exposé de l'approche de résolution adoptée. Une application concrète du problème cité auparavant fera l'objet du chapitre IV.

Enfin nous terminerons par le chapitre V dans lequel nous proposons un certain nombre de recommandations en vue de redynamiser l'activité de collecte des huiles usagées au sein de l'unité.

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'UNITE ET POSITION DU PROBLEME

1. - PRESENTATION DE L'ENTREPRISE NAFTAL

L'entreprise de raffinage et de distribution des produits pétroliers "E.R.D.P" a été créée par le décret N° 8801 du 06 avril 1981.

En 1985, dans le cadre de la restructuration des infrastructures, il y a eu séparation entre l'activité de raffinage et celle de distribution par la création de deux entreprises:

- NAFTEC : entreprise de raffinage du pétrole.
- NAFTAL : entreprise de commercialisation et de distribution des produits pétroliers.

NAFTAL est une entreprise publique à caractère commercial sous tutelle du ministère de l'énergie.

a. - Vocations principales

- * Organisation et gestion des réseaux de distribution.
- * Stockage et transport des produits raffinés ou commercialisés sur le territoire national.
- * collecte des huiles usagées récupérées lors des opérations de vidange, ainsi que leur exportation.

b. - Moyens de NAFTAL

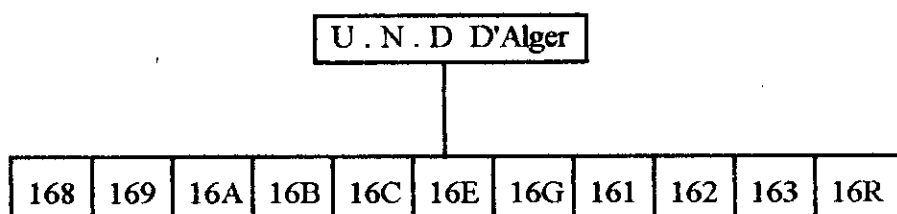
NAFTAL dispose :

- d'un potentiel humain d'environ 30000 agents
- d'un matériel roulant de 9000 engins
- de 1250 stations de service
- de 93 centres de stockage et de distribution
- de 23 centres mini-emplisseurs
- de 109 aires de stockage
- de 58 dépôts relais
- de 16200 points de vente G.P.L.

Les activités de NAFTAL sont décentralisées. Elles couvrent l'ensemble des besoins en matière de commercialisation et maintenance à travers 48 unités NAFTAL de distribution, chacune implantée dans une wilaya.

2. - UNITE NAFTAL DE DISTRIBUTION D'ALGER(UND D'ALGER)

L'UND D'Alger est constituée de plusieurs centres (dépôts), géographiquement dispersés, assurant ses fonctions. Chaque centre est spécialisé dans la vente et la distribution d'un type de produit donné.



16A, 168, 169 : les centres de distribution et de stockage des carburants

16B : le centre des produits noirs

16C : le centre de stockage et de vente des lubrifiants

16E : le centre des bitumes

16G : le centre des pneumatiques

161, 162, 163 : les centres du G.P.L

16R : le parc de maintenance de l'unité.

On limitera notre étude au centre de distribution et de stockage des produits noirs à Alger Port.

Il existe trois types de produits stockés dans le centre 16B :

- 1 - Le fuel-oil lourd
- 2 - Le gasoil
- 3 - Les huiles usagées.

Le fuel-oil et le gasoil sont transportés au centre 16B par des pipelines à partir de la raffinerie d'Alger ou par cabotage (par navire) à partir des raffineries d'Arzew et Skikda.

Le centre 16B assure l'exportation de deux produits :

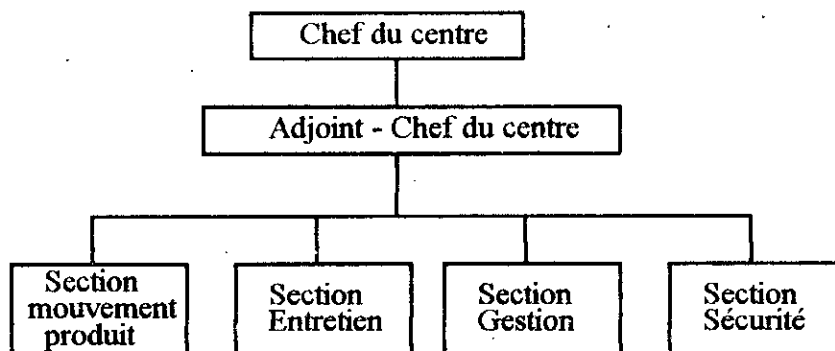
- le fuel-oil par bateaux de 2000 tonnes
- les huiles usagées récupérées par toutes les U.N.D affectées au centre 16B.

L'exportation des huiles usagées se fait vers deux pays (clients de NAFTAL) la Tunisie et la Grèce.

Pour assurer le bon déroulement de ses activités, le centre 16B dispose de :

- 19 bacs de stockage,
- 3 chaudières à vapeur, permettant d'élever la température du fuel-oil entre 40 et 50 degrés augmentant ainsi la vitesse d'écoulement et facilitant le pompage.

**ORGANIGRAMME DU CENTRE DE STOCKAGE ET DE
DISTRIBUTION 16B**



3. - SYSTEME DE RECUPERATION DES HUILES USAGEES

L'entreprise NAFTAL a mis en place un système de collecte des huiles usagées, qui a permis de ramasser les quantités données en m³ dans le tableau I-1.

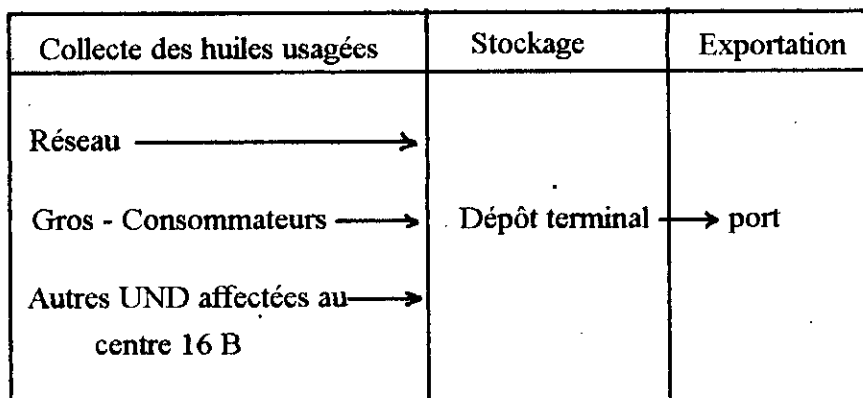
Année de collecte	Quantité collectée (m ³)
1985	600
1986	6600
1987	13400
1988	16760
1989	17630
1990	18240
1991	19720

**Tableau I-1 : quantités des huiles usagées collectées au niveau national
depuis le lancement de l'activité de collecte des huiles usagées**

Ayant le monopole de distribution des lubrifiants, NAFTAL cerne le marché national. En associant l'effort des gros-consommateurs à l'effort de collecte, NAFTAL pourrait atteindre ses objectifs et améliorer la qualité de l'huile destinée à la régénération.

NAFTAL dispose de trois dépôts régionaux (dépôts terminaux aux ports d'Alger, Oran et Annaba) qui assurent le stockage et l'exportation des huiles usagées par bateaux.

Le schéma de collecte des huiles usagées effectué par chaque dépôt terminal est schématisé comme suit :



Collecte des huiles usagées à l'U.N.D d'Alger

L'élimination des huiles usagées pose un problème d'ordre pratique d'une grande importance, surtout lorsque l'on sait que leur volume représente environ la moitié du volume total introduit sur le marché.

L'entreprise NAFTAL procède à la vente des huiles neuves toutes gammes confondues et estime que sa clientèle est en mesure de lui restituer 30% à 50% des huiles usagées récupérables lors des opérations de vidanges.

Pour atteindre ses objectifs, l'U.N.D d'Alger a animé une équipe dotée de moyens adéquats entièrement à sa charge pour assister à évacuer gratuitement les résidus de sa clientèle.

L'U.N.D d'Alger dispose de 600 clients, localisés à travers la wilaya d'Alger dont la consommation en lubrifiants varie sur une plage de 100 litres à 1600000 litres. Les clients sont répartis en réseau et en gros-consommateurs.

3.1. - Circuit réseau

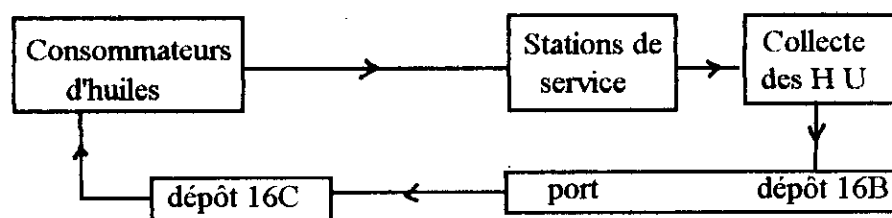
Comme première mesure au niveau du réseau, de simples fûts furent utilisés pour le stockage des huiles de vidange, puis prioritairement, dans les points de vente ciblés en fonction de leurs chiffres d'affaires "vidange", la récupération dans des fûts, formule assez

contraignante et peu efficiente, fût remplacée par un système mécanisé : c'est à dire un récupérateur des huiles de vidange, relié par une canalisation à une cuve enterrée.

Le circuit réseau fait intervenir toutes les stations de service implantées à travers la wilaya d'Alger. Elles peuvent être :

- gérées directement par NAFTAL.(G.D) : Elles sont mécanisées à 90%.
- louées à des gérants privés (G.I) : Elles ne sont pas mécanisées et leur récupération se fait dans des fûts.
- revendeurs ordinaires (R.O).
- points de ventes agréés (P.V.A) : ils sont tous mécanisés.

Le circuit de collecte se fait selon le schéma suivant :



Circuit de collecte réseau

3.2. - Circuit de collecte gros-consommateurs

Des opérateurs, gros-consommateurs de lubrifiants ont été sensibilisés, conseillés, assistés et aidés dans la mise en place de systèmes mécanisés de récupération et/ou de remise en état de systèmes de récupération délaissés depuis de nombreuses années (S.N.T.F / S.N.T.V / S.N.T.R).

Les gros-consommateurs constituent tous les autres clients potentiels autres que ceux du réseau, telles que les entreprises publiques ou privées. Le circuit de collecte des huiles usagées pour les gros-consommateurs est le suivant :

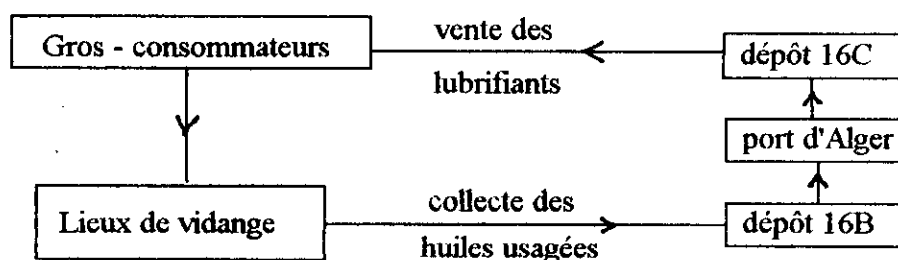


Schéma du circuit de collecte gros-consommateurs

3. 3. - Stockage

Les huiles usagées collectées sont mises dans des cuves implantées au centre de stockage 16B. A ce niveau, après avoir été reposée pendant quelques jours, on prélève des échantillons représentatifs pour les examiner par la suite au laboratoire.

La décision relative à l'exportation est prise sur la base des résultats obtenus au laboratoire. Au cas où les huiles usagées seront destinées à l'exportation, elles seront stockées dans des bacs qui sont au nombre de trois :

nature du produit	numéro du bac	capacité de stockage (m ³)
huiles	8	5350
usagées	9	3700
	10	3700
total		12750

4. - Organisation de la collecte des huiles usagées

L'organisation d'un système de collecte approprié permettant d'améliorer l'efficacité de l'opération de collecte des huiles usagées doit entre autre prévoir :

- le contrôle de la qualité de l'huile récupérée.
- la ségrégation des différentes huiles.
- le suivi des fournisseurs en huiles usagées.

a. - Organisation des tournées de collecte des huiles usagées

La cellule de collecte des huiles usagées a opté pour des tournées fixes, en raison de la stabilité du système de collecte.

Une tournée de collecte, consiste en une séquence continue de clients qui commence et qui se termine au dépôt 16B. Les tournées en vigueur depuis 1986 ont été élaborées par une méthode manuelle de partitionnement sectoriel (groupements de clients en régions). Les collecteurs (les chauffeurs) de la cellule se chargent parallèlement de couvrir la zone d'Alger au moyen de deux véhicules de capacités respectives 7m³ et 12m³ accessibles chez tous les clients.

Le principe d'élaboration des tournées est d'affecter généralement à une même tournée tous les clients de plus grande fréquence de demande en huiles neuves se trouvant sur un même axe, afin de réaliser une desserte en tournée géante permettant ainsi une plus grande commodité (éviter les manoeuvres souvent pénibles qu'aura à effectuer le chauffeur).

Les gestionnaires de la cellule de collecte des huiles usagées ont élaboré deux types de tournées selon la localisation géographique des clients :

- Tournées de collecte réseau relatives aux clients-réseau : elles sont au nombre de 9.
- Tournées de collecte gros-consommateurs, relatives aux clients gros-consommateurs : elles sont au nombre de 14.

Les collectes se font quotidiennement (5 jours ouvrables par semaine) selon la procédure suivante :

En partant du dépôt 16B, chacun des deux collecteurs (l'un relatif aux clients-réseau, l'autre relatif au clients gros-consommateurs) disposant d'un planning de collecte doit visiter la clientèle figurant sur le planning et procède à la collecte.

b. - structure de la demande en huiles usagées

L'un des principes de l'U.N.D est de ne jamais refuser un nouveau client (acheteur d'huile neuve ou récupérateur d'huile usagée) pour deux raisons :

i) **Raison écologique** : NAFTAL est sensé ramasser toutes les huiles usagées afin d'éviter la dégradation de l'environnement due au simple rejet d'huiles usagées dans la nature.

ii) **Raison sociale** : l'U.N.D préfère desservir un nombre croissant de détaillants en matière d'huiles neuves, même si elle doit les rationner en périodes de forte demande que d'avoir peu de clients et d'avoir ainsi de quasi-monopoles. Pour les raisons citées ci-dessus l'U.N.D est obligée de collecter les grandes ainsi que les faibles quantités d'huiles usées.

La quasi-totalité des huiles collectées ne sont pas connues avant l'établissement du planning de collecte quotidien. Elles ne sont connues qu'au moment de leur chargement au niveau des clients.

c. - Quelques Aspects pratiques liés du problème

1 - La collecte des huiles usagées se fait à partir d'un seul dépôt dont la capacité de stockage est assez grande par rapport à la collecte mensuelle totale.

2 - La cellule de collecte des huiles usagées dispose d'une flotte hétérogène constituée de deux véhicules de 7 m³ et 12 m³. Ce sont des véhicules compartimentés de transport de carburant qui ont été adaptés à la collecte des huiles usagées.

3 - Les camions doivent être exploités au maximum de leur capacités, en vue d'une utilisation rationnelle des moyens.

4 - Les horaires de travail correspondent aux horaires de travail des entreprises. Les chauffeurs sont disponibles pendant la période de travail.

5 - Le découpage des clients en groupements s'est fait suivant un critère géographique. Il ne tient pas compte de la demande des clients. Ceci ne constitue pas nécessairement le découpage optimal.

6 - les cuves de stockage installées par NAFTAL chez les clients doivent être utilisées au maximum de leur capacités. Pour cette raison on doit tenir compte de cela lors de la confection des tournées de collecte.

7 - Certains clients sont considérés comme étant des clients potentiels, mais ils ne disposent pas de cuves de stockage et par conséquent ils jettent leurs résidus dans les égouts ou dans la nature ce qui constitue une perte considérable en matière d'huile usagée et une atteinte à l'environnement.

d. - Objectif du gestionnaire de la cellule

Le souci majeur des gestionnaires de la cellule de collecte des huiles usagées est :

i) - La minimisation des coûts supportés par l'opération de collecte des huiles usagées. On doit à cet effet déterminer un schéma de collecte par secteur à coût minimal, par utilisation rationnelle des véhicules et des capacités de stockage.

ii) - Atteindre l'objectif chiffré fixé par l'U.N.D. En excluant les huiles non récupérables du volume total commercialisé par NAFTAL, on doit faire sortir les quantités récupérables sur la base d'un seuil minimum fixé à 50 %.

Notons que l'objectif chiffré fixé par l'U.N.D d'Alger pour l'année 1992 est estimé à 2868 m³ d'huiles usagées.

iii) - Minimiser l'utilisation des véhicules à vide

e. - Position du problème

Ayant pris connaissance de la situation et des perspectives système de collecte des huiles usagées (liste de clients potentiels, lieux d'implantations, horaires de travail chez le client, périodicité des vidanges, capacité des camions collecteurs, et des cuves de stockages client), on parvient à dégager un circuit de collecte (ramassage) rationnel à faire respecter au chauffeur.

L'objet de notre étude doit répondre aux questions suivantes :

- comment organiser les tournées de collecte ?
- comment faut-il mettre en place un réseau de collecte, qui consiste à faire un nouveau découpage en groupements, tout en se basant sur des critères économiques ?
- comment estimer les demandes en huiles usagées ?

Conclusion

Le critère que nous allons adopter sera économique. Il s'agit en d'autres termes pour nous, d'élaborer un planning de collecte qui minimiserait le coût total subit par l'opération et qui maximiserait la collecte totale en vue d'atteindre l'objectif fixé par l'U.N.D D'Alger.

Notre procédure d'optimisation devra tenir-compte, d'une part, de la localisation géographique des clients ainsi que des récupérations en huiles usagées, et d'autre part, des types de véhicules disponibles ainsi que des coûts qui leur sont associés.

CHAPITRE II

REVUE DE LITTERATURE

INTRODUCTION

La revue de littérature consacrée aux problèmes de tournées dans un contexte déterministe a été développée très rapidement ces dernières années. Le contexte déterministe veut dire les situations dans lesquelles le nombre de clients leurs localisations et leurs demandes sont connues avec certitude avant l'élaboration des tournées. Toutefois on peut pratiquement identifier une infinité de variétés de problèmes dans lesquelles un ou plusieurs de leurs paramètres sont soumis à l'incertitude conformément à certaines lois de distribution. Ces problèmes sont spécifiés comme étant dans un contexte aléatoire. Dans ce chapitre on s'intéresse aux problèmes d'élaboration de tournées dans lesquelles l'aspect probabiliste est l'un des plus simples et des plus fondamentaux: un sous-ensemble de clients doit être visité dont la demande de chacun des clients est une variable aléatoire suivant une loi de probabilité connue.

1. - Définition du problème

1.1. - Vehicle routing problem (V.R.P)

L'élaboration d'un programme optimal de tournées de livraison ou de collecte connu sous le nom "Vehicle routing problem" est noté V.R.P et dont la modélisation est intimement liée au problème du voyageur de commerce ou "travelling salesman problem" noté T.S.P. Le V.R.P consiste à déterminer les itinéraires d'un ensemble de véhicules de capacité fixe opérant à partir d'un point central (dépôt) pour assurer la livraison et ou la collecte de produits en certains points de demande géographiquement dispersés. L'objectif se trouve donc réduit à minimiser le coût de distribution qui est fonction de la distance totale parcourue par les véhicules. Il s'agit alors de déterminer la séquence de clients devant être desservis par chaque véhicule tout en respectant certaines contraintes telles que :

- a - satisfaction totale des clients.
- b - la capacité maximale de chacun des véhicules (poids, volume...) ne doit pas être violée.
- c - chaque client ne peut être visité que par un seul véhicule.
- d - chaque véhicule ne peut être utilisé au delà d'un certain temps ou d'un certain kilométrage parcouru.
- e - la fréquence de passage chez un client doit tenir compte des capacités de stockage d'huile usagée au niveau du client.

1.2. - Stochastic vehicle routing problem "S.V.R.P"

Soit un ensemble de clients géographiquement dispersés dont on connaît la localisation alors que la demande pour un certain produit est une variable aléatoire et n'est connue qu'au moment où le livreur (ou le collecteur) arrive chez le client. Dans ce cas un problème se pose c'est la possibilité qu'une des tournées ne suffit pas pour servir tous les clients (tourné insuffisante). Il s'agit d'un problème d'élaboration de tournées avec demande stochastique ou encore stochastic Vehicle routing problem noté S.V.R.P. La livraison (ou la collecte) de ce produit se fait à partir d'un seul dépôt moyennant des véhicules de capacités fixes connues.

Dans le problème V.R.P la demande est connue avant l'élaboration des tournées. Le S V R P diffère par le fait que la demande n'est pas connue avant l'élaboration de la tournée. C'est une variable aléatoire pour chaque client. Elle n'est connue qu'au moment où le véhicule arrive chez le client [13].

L'objectif du S.V.R.P est de désigner un ensemble de tournées qui minimise le coût journalier prévu par le système : {le coût journalier prévu pour l'ensemble des tournées} = {coût prévu pour l'élaboration de la tournée} + {coût prévu pour le service complémentaire}. Ce dernier coût est considéré dans le cas d'une tournée insuffisante où le client sera servi par une autre tournée.

2. - Approche de résolution

Les techniques proposées pour la résolution des problèmes d'élaboration des tournées se partagent en deux classes :

- Celle qui résout le problème de façon optimale par les techniques de Branch and Bound, des plans sécants...

- Celle qui résout le problème de manière heuristique. Comme les algorithmes exacts ne sont applicables que pour des problèmes de petite taille on se concentrera sur les algorithmes heuristiques.

Le V.R.P est un problème combinatoire aisé à comprendre mais très délicat à résoudre. Il appartient à la classe des problèmes NP-hard. Toutefois les heuristiques qui ont été adoptées pour le S.V.R.P ne sont autres que des modifications plus ou moins larges des heuristiques établies pour le V.R.P. En effet le S.V.R.P est au moins aussi "hard"(ou difficile) que le V.R.P. Cependant il y a de faibles chances de développer des méthodes d'optimisation exactes qui pourraient résoudre des problèmes de tailles importantes. De ce fait le recours aux méthodes approximatives est nécessaire [8].

Ceci étant on doit donner une considération spéciale aux complications relevées par la nature probabiliste de la demande des clients. La plus simple même de ces heuristiques standard établis pour le T.S.P et le V.R.P doit être défiée convenablement pour prendre en compte ces considérations. Un tel point peut être illustré avec une heuristique simple. L'approche du plus proche voisin ou encore "the nearest neighbor algorithm" noté (N.N.A). Le N.N.A est un algorithme glouton de construction de tournées dont le principe consiste à construire une tournée en partant du dépôt et en allant au point le plus proche non encore visité jusqu'à ce que tous les points de demande soient visités. La tournée est complétée par le retour au dépôt.

L'exemple du N.N.A bien qu'il soit le plus simple est l'exemple typique des modifications proposées pour des heuristiques du V.R.P et du T.S.P dans un contexte déterministe afin de les adapter au cas stochastique. Ces modifications concernent aussi bien des heuristiques de construction de tournées ou encore "tour construction heuristics" (tel que l'algorithme des Savings de Clarck and wright, les algorithmes d'Insertion) que des heuristiques d'affinage de tournées ou encore tour-improvement (tels que les changements sur 2-opt et 3-opt). Se référer à Golden et Al [5] pour le cas déterministe et à Jaillet [8] pour une discussion sur leur adaptation au cas stochastique. Plusieurs expériences sur le temps de traitement ont été faites récemment par Jezequel [8] sur plusieurs heuristiques. Il a résolu 8 problèmes tests avec un dépôt et un nombre n de clients allant de 9 à 75 dont les demandes sont des variables aléatoires identiquement distribuées selon une loi Binomiale de paramètres n et p . Chacun des 8 problèmes tests a été résolu pour des valeurs de p allant de 0.1 à 1 avec un pas de 0.1.

Jezequel a obtenu aussi des résultats consistants avec une bonne performance à partir des modifications faites à l'algorithme des Savings de Clarck and wright adapté au cas stochastique qu'il a nommé NEWSAVE [7].

Parmi les modifications faites aux savings de Clarck and Wright on retient celle adapté par Golden et Al [5] nommée :

"The modified stochastic Vehicle routing problem" où le saving ne considère plus les coûts des tournées, mais il est calculé en tenant compte d'une pénalité λ engendrée par la défaillance de la tournée et pondérée par la probabilité qu'une tournée soit insuffisante au niveau du client i .

Dans l'article de Stewart et Golden [13] le "Modified-CW algorithm" a été résolu (testé) pour plusieurs valeurs de λ . Il a été constaté que pour une valeur de $\lambda > 29$ on obtient 11 tournées. Pour ces tournées la probabilité qu'une tournée soit insuffisante est de 0.067 dans le pire des cas ce qui est nettement meilleur que le résultat obtenu pour le SC-algorithm déroulé avec les mêmes données et qui vaut 0.679. Par contre le coût espéré dans le SC-algorithm est de 884.29 ce qui est sensiblement meilleur que dans le cas du Modified-SC. algorithm qui est égal à 1019.19. Ce dernier coût a été retenu car c'est le minimum des coûts de l'ensemble des tournées effectuées dans les deux sens.

Le S.V.R.P représente un champ d'étude en développement impressionnant. Il présente avec les problèmes qui lui sont liés des opportunités distinctes et contestées pour les méthodes et les algorithmes de travail qui peuvent être appliquées favorablement .

CONCLUSION

Bien que le problème de tournées avec demande stochastique se rapproche plus de la réalité il n'a pas reçu l'attention requise de la part des chercheurs. Les quelques études effectuées ont été faites par Stewart & Golden [13] et Jaillet [8] dont le travail représente une généralisation et une extension des résultats déterministes.

CHAPITRE III

FORMULATION MATHÉMATIQUE DU PROBLÈME ET MÉTHODOLOGIE DE RÉOLUTION

INTRODUCTION

Après avoir donné un bref aperçu sur les problèmes de tournées avec demande aléatoire, ainsi que les travaux de recherche réalisés dans le domaine, il est question dans le présent chapitre de modéliser le problème proposé et de le traiter en adoptant une méthode de résolution adéquate. On commencera par donner les différentes formulations et par la suite exposer une méthode de résolution.

1. - FORMULATION MATHÉMATIQUE DU PROBLÈME

Le problème d'élaboration de tournées avec demande stochastique est vu comme étant une extension du problème avec demande déterministe [8]. Plusieurs formulations lui ont été adaptées parmi lesquelles on retiendra trois [13]. Avant de donner les différents formulations du S.V.R.P, nous rappelons une formulation du V.R.P.

1.1. - FORMULATION DU V.R.P

Parmi les nombreuses formulations mathématiques du V.R.P, on retient celle due à Fisher et Jaikumar [10].

Fonction objective

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

Sous contraintes

$$\sum_{i=1}^n a_i y_{i,k} \leq b_k \quad k = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{ik} = \begin{cases} k & \text{si } i = 0 \\ 1 & \text{si } i = 1, \dots, n \end{cases} \quad (3)$$

$$y_{ik} = 0 \text{ ou } 1 \quad \begin{matrix} i = 0, \dots, n \\ k = 1, \dots, m \end{matrix} \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ij}^{(k)} = y_{jk} \quad j = 0, \dots, n \quad (5)$$

$$\sum_{j=0}^n x_{ij}^{(k)} = y_{ik} \quad i = 0, \dots, n \quad (6)$$

$$\sum_{i,j} x_{ij}^{(k)} \leq |S| - 1; \quad S \subset \{0, \dots, n\} \quad (7)$$

$$x_{ij}^{(k)} = 0 \text{ ou } 1 \quad \begin{matrix} i = 0, \dots, n \\ j = 0, \dots, n \end{matrix} \quad (8)$$

} k=1, ..., m

Notations

m = nombre de véhicules

n = nombre de clients (les indices de 1 à n sont relatifs aux clients et l'indice 0 au dépôt central).

b_k = capacité du véhicule k

a_i = demande du client i.

c_{ij} = le coût du trajet du client i au client j.

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le véhicule } k \text{ effectue la liaison } (i-j) \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

L'objectif du V.R.P est de minimiser le coût lié au kilométrage parcouru.

Les contraintes (1) et (3) sont les contraintes d'un problème d'affectation et assurent que chaque tournée démarre et se termine au dépôt.

Les contraintes de (4) à (7) définissent pour chaque véhicule le fameux "problème du voyageur de commerce". Ce dernier sert à ordonnancer les clients affectés aux véhicule k.

Remarque

Il faut noter qu'il y a plusieurs formulations autres que celles de Fisher et Jaïkumar telle que celle due à Golden et Al [3], dans laquelle on a introduit la contrainte sur le temps de service à savoir :

$$\sum_{i=1}^n t_i^{(k)} \sum_{j=1}^n x_{ij}^{(k)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n t_i^{(k)} x_{ij}^{(k)} \leq T_k \quad k = 1, \dots, m \quad (9)$$

1.2. - DIFFÉRENTES FORMULATIONS DU S.V.R.P

A. - Chance Constrained-Model (C-CM) [13]

Fonction objective

$$\text{Min} \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}^{(k)} \quad (10)$$

Sous contraintes

$$x_{ij}^{(k)} \in S_k \quad (11)$$

$$\text{Pr} \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n d_i x_{ij}^{(k)} \leq Q \right\} \geq 1 - \alpha \quad (12)$$

Avec $k = 1, \dots, m$

Notations

$$x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le véhicule } k \text{ effectue le trajet de } i \text{ à } j \\ 0 & \text{si non} \end{cases}$$

C_{ij} = le coût du trajet de i vers j

k = le nombre de véhicules

S_k = l'ensemble des solutions réalisables du V.R.P

d_i = variable aléatoire représentant la demande du client

α = probabilité admissible qu'il y ait insuffisance de tournée

Q = capacité du véhicule

Cette formulation engendre $(n^2 \cdot m)$ variables de décision et un système à $n^2 + 2 \cdot n \cdot (m+1)$ contraintes.

B. - Penalty-model-1 (PM1) [13]

Dans cette formulation, on introduit un facteur qui pénalise la fonction objective à chaque fois qu'il y a une tournée insuffisante.

Fonction objective

$$\text{Min} \sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_{ij} x_{ij}^{(k)} + \sum_{k=1}^m \lambda_k \Pr \left\{ \sum_{i=1}^n d_i x_{ij}^{(k)} > Q \right\} \quad (13)$$

Sous contraintes

$$x_{ij}^{(k)} \in S_k \quad (14)$$

où

λ_k = pénalité engendré par la tournée k insuffisante.

Cette formulation engendre $(n^2 \cdot m)$ variables de décision et un système à $n^2 + n \cdot (m+2)$ contraintes.

C. - Penalty-Model-2 (PM2) [13]

Fonction objective

$$\text{Min} \sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_{ij} x_{ij}^{(k)} + \sum_{k=1}^m \mu_k E [I_k] \quad (15)$$

Sous contraintes

$$x_{ij}^{(k)} \in S_k \quad (16)$$

$$E(I_k) = \int_0^{\infty} I_k f \left(\sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n d_i x_{ij}^{(k)} - Q = I_k \right) dI_k \quad (17)$$

où

μ_k = pénalité par unité de demande excédant la capacité Q du véhicule k

f : densité de probabilité de I_k .

Cette formulation engendre $(n^2 \cdot m)$ variables de décision et un système à $n^2 + n \cdot (m+2)$ contraintes.

Dans le modèle PM1, la pénalité est indépendante du nombre d'unités excédant la capacité du véhicule. Par contre dans le modèle PM2, la pénalité est proportionnelle au nombre d'unités excédant la capacité de véhicule.

Dans les deux modèles PM1 et PM2 le principe est de pénaliser la fonction objective à chaque fois qu'il est possible que la tournée ne suffise pas pour satisfaire tous les clients qui lui sont assignés.

Remarque

Dans les deux modèles PM1 et PM2, une fois la tournée élaborée, le premier terme de la fonction objective est complètement défini. Or, s'il arrive qu'au niveau du client i de la tournée, ce dernier n'est pas servi, la fonction objective considère quand même les autres coûts des clients suivant i mais elle ne considère pas le coût de retour vers le dépôt à partir du client i (mal servi).

En conclusion, ces deux modèles ne prennent pas en compte la localisation de la défaillance de la tournée. Ces modèles ne cernent pas toute la complexité de la demande stochastique. Tel qu'il a été formulé le problème est très difficile à résoudre du fait du nombre de variables et de contraintes qui croît exponentiellement par rapport à la taille, d'où la nécessité de recourir aux méthodes heuristiques.

2. - METHODE DE RESOLUTION

Parmi les différentes méthodes de résolution du S.V.R.P l'approche des "SAVINGS" semble être la plus appropriée pour notre cas. Cette heuristique a été choisie pour les raisons suivantes :

- simplicité de son adaptation au cas stochastique
- flexibilité
- efficacité

2.1. - Principe de base de l'heuristique des Savings dans le cas déterministe

L'heuristique des "savings" ou encore (CW-Method) est l'une des méthodes les plus connues pour traiter les problèmes de tournées. Cette heuristique a été introduite initialement par Clarck and Wright. A chaque fois dans l'algorithme des Saving de Clarck and Wright, on cherche le plus grand saving positif sous les contraintes suivantes:

- 1 - i et j ne sont pas dans la même tournée.
- 2 - i et j n'appartiennent pas à une tournée préexistante.
- 3 - La capacité du véhicule n'est pas dépassée.
- 4 - La disponibilité du véhicule n'est pas dépassée.
- 5 - Le maximum de temps alloué par tournée n'est pas dépassé.

Le principe de cette méthode est le suivant :

- On démarre d'une solution non réalisable où chaque client est desservi individuellement par un seul véhicule qui lui est affecté.

- On réduit le problème en formant des groupes de clients (macro-clients) ce qui réduit le nombre de véhicules. On aboutit à une réduction de coûts.

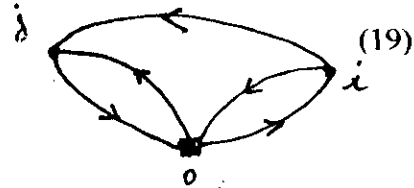
La fonction de coût des Savings est notée S_{ij}

Avant la fusion, le coût total des deux tournées élémentaires dans le cas d'un problème symétrique est donné par :

$$c_1 = 2 * c_{0i} + 2 * c_{0j} \quad (18)$$

Après la fusion des deux tournées élémentaires, le coût total deviendra égal à :

$$c_2 = c_{0i} + c_{0j} + c_{ij} \quad (19)$$



L'économie résultante est donc :

$$S_{ij} = c_2 - c_2 = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij} \quad (20)$$

L'algorithme général des Savings est le suivant :

Algorithme de Clarck and Wright(C.W)

Pas 1 : Calculer l'économie S_{ij} pour toute éventuelle liaison entre deux clients quelconques i et j .

Pas 2 : Classer les S_{ij} positifs par ordre décroissant.

Pas 3 : En commençant par la première liaison de la liste.

i)

Si en réalisant la liaison considérée qui peut soit :

- avoir une extrémité commune avec une tournée préexistante
- constituer le début d'une nouvelle tournée
- joindre deux tournées pour n'en former qu'une
- il en résulte une tournée réalisable, ajouter cette liaison à la solution

Sinon la rejeter

ii)

Passer à la liaison suivante et répéter (i) et ce jusqu'à l'achèvement de la liste des clients.

Pas 4 : les liaisons retenues forment la solution finale.

Modifications des savings

Plusieurs modifications ont été faites sur la méthode de Clark and Wright, parmi lesquelles on cite celles faites par Gaskell, Yellow qui ont introduit des paramètres liés à la forme de la route.

Introduction des coûts variables

L'approche des savings tel qu'elle est établie ne tient pas compte de la variation du coût variable de distribution. Il est généralement pris égal à l'unité. Or en pratique ce dernier dépend du type de véhicule utilisé. Par conséquent l'introduction des coûts variables dans la formule des savings s'avère nécessaire.

Soient, initialement, deux clients desservis individuellement par deux véhicules V et W de coût variable unitaire respectivement α_v et α_w .

Le coût total de distribution sera donné par:

$$c_1 = \alpha_v (2 c_{0i}) + \alpha_w (2c_{0j}) \quad (21)$$

Si on suppose que les 2 clients i et j soient jumelés dans un même véhicule k de coût variable unitaire α_k ($\alpha_k \geq \max\{\alpha_v, \alpha_w\}$), le coût total de distribution sera :

$$c_2 = \alpha_k * (c_{0i} + c_{0j} - c_{ij}) \quad (22)$$

Il en découlera une économie de coût total égale à :

$$S_{ij} = \alpha_v (2 c_{0i}) + \alpha_w (2c_{0j}) - \alpha_k * (c_{0i} + c_{0j} - c_{ij}) \quad (23)$$

$$S_{ij} = (2\alpha_v - \alpha_k) c_{0i} + (2\alpha_w - \alpha_k) 2c_{0j} - \alpha_k c_{ij} \quad (24)$$

Remarque

Si on prend des coûts variables unitaires, cette dernière expression se ramène à l'expression des savings établie par Clark & Wright à savoir :

$$S_{ij} = c_{0i} + c_{0j} - c_{ij} \quad (25)$$

VARIANTES DE L'APPROCHE DES SAVINGS

2.1. - The combined Saving

La procédure des savings S_{ij}^{-cw} développée ci-dessus ignore les coûts fixes associés aux véhicules. Elle a tendance à fusionner les tournées utilisant les véhicules de capacité de plus en plus élevée et le processus de fusion ne s'arrête que lorsque la capacité du véhicule de plus fort tonnage est saturée. La solution aura tendance alors à sur utiliser les véhicules de plus fort tonnage. Ceci ne constitue pas nécessairement la meilleure solution. D'où la nécessité d'introduire les coûts fixes dans le calcul des Savings.

Le concept des Savings a été donc adopté, en donnant naissance à une nouvelle approche dite The combined Saving (C.S), dont le gain est donné par l'expression suivante:

$$S_{ij}^{-cs} = S_{ij}^{-cw} + F(Z_i) + F(Z_j) - F(Z_i + Z_j) \quad (26)$$

où

$F(Z)$ = Coût fixe du plus grand véhicule de capacité inférieure ou égale à la demande Z .

Telle qu'elle a été exposée, cette approche présente un inconvénient grave au sens qu'elle ne considère que l'économie immédiate réalisée en joignant deux clients i et j . d'où la nécessité de recourir à d'autres approches.

2.2. - The Opportunity Saving approach (O.S)

En réponse à cette nouvelle situation, il est apparu une autre approche dite "The opportunity Savings" dans laquelle on tente de tenir compte des capacités potentielles des véhicules non entièrement utilisés. Deux variantes peuvent se présenter, l'une dite optimiste l'autre réaliste.

a. - The optimistic opportunity Savings (O.O.S)

Tant qu'il est possible de fusionner des tournées en conservant l'un des véhicules précédemment utilisés, les variantes précédentes permettent la fusion en une seule tournée. Malheureusement, dès qu'il y a nécessité d'utiliser un véhicule de plus grande capacité, la variante C.S l'interdit, car il y a augmentation brutale des coûts fixes. Néanmoins, le recours à un véhicule de plus fort tonnage dégage une capacité supplémentaire qui pourra être utilisée par la suite. Cette capacité potentielle devra être payée au moment de la fusion. C'est ce coût qui empêcherait la fusion par la méthode du C.S.

L'expression des savings donnée par cette variante est alors :

$$S_{ij}^{-OOS} = S_{ij}^{-CS} + F \{P(Z_i + Z_j) - (Z_i + Z_j)\} \quad (27)$$

où

$P(Z)$ = capacité du plus petit véhicule pouvant desservir une demande Z .

b. - The realistic opportunity savings approach (R.O.S)

L'approche O.O.S a été conçue pour répondre au fait que l'approche C.S "sous-combiné" les tournées. Mais il est apparu qu'elle avait tendance à les "sur-combiner", sans que cela soit toujours opportun pour trouver un juste équilibre entre ces deux situations, L'approche "realistic opportunity saving (R.O.S)" a été développée. La variante R.O.S est dite réaliste, car elle "tempère" (modère) le comportement de la variante précédente. Cette variante (R.O.S) n'introduit de compensation que lorsque la fusion requiert l'utilisation d'un véhicule de capacité supérieure à celle de chacun des véhicules initialement utilisés.

$$S_{ij}^{-Ros} = \begin{cases} S_{ij}^{-CS} + F \{P(Z_i + Z_j) - (Z_i + Z_j)\} & \text{si } P(Z_i + Z_j) > \max \{P(Z_i), P(Z_j)\} \\ S_{ij}^{-CS} & \text{si non} \end{cases} \quad (28)$$

The realistic opportunity savings approach- γ (ROS γ)

Cette variante introduit un paramètre γ , dans l'expression de calcul des savings, paramètre que l'on peut faire varier pour considérer plusieurs configurations (scénarios) possibles. Cette nouvelle expression est donnée par :

$$S_{ij}^{\text{ros-}\gamma} = S_{ij}^{\text{ros}} + (1-\alpha) * c_{ij} \quad (29)$$

L'approche des savings ignore l'impact futur de la concrétisation d'une liaison donnée. L'incorporation d'un paramètre variable dans la formule des savings tend à remédier à cet inconvénient. Lorsque α vaut 1, nous retrouvons la formule ROS. Généralement α varie entre 0 et 3.

Le tableau III-1 suivant résume les différentes formules des savings

N ^o	Algorithme	saving	formule des savings
1	CW	S_{ij}^{cv}	$c_{oi} + c_{oj} - c_{ij}$
2	S_{ij}^L	S_{ij}^{-L}	$(2\alpha_i - \alpha_k) * L_{0i} + (2\alpha_j - \alpha_k) * L_{0j} - \alpha_k * L_{ij}$
3	C.S	S_{ij}^{-cs}	$S_{ij}^{-L} + F(z_i) - F(z_j) - F(z_i + z_j)$
4	OOS	S_{ij}^{-oos}	$S_{ij}^{-L} + F(p(z_i + z_j) - (z_i + z_j))$
5	ROS	S_{ij}^{-ros}	$S_{ij}^{-L} + \delta(w) F'(p(z_i + z_j) - (z_i + z_j))$
6	ROS- γ	$S_{ij}^{-ros-\gamma}$	$S_{ij}^{\text{ros}} + (1 - \gamma) * C_{ij}$

Tableau III-1 : Résumé des différentes formules de l'approche des savings

où

$$w = P(Z_i + Z_j) - P(\max(Z_i, Z_j)) \quad (30)$$

$$\delta(w) = \begin{cases} 0 & \text{si } w = 0 \\ 1 & \text{si } w > 1 \end{cases}$$

B. - Extension de l'approche des Savings

Considérons une variante de l'approche des Savings, à savoir :

$$S_{ij}^{cw} = (2\alpha_i - \alpha_k) c_{oi} + (2\alpha_j - \alpha_k) c_{oj} - \alpha_k c_{ij} \quad (31)$$

Visiblement, cette formule ne tient pas compte du fait que les liaisons qui se forment au fur et à mesure du déroulement des différents algorithmes des Savings (CW, CS, OOS, et ROS- $\gamma[\gamma \in [0,3]]$), sont des liaisons entre tournées et que les clients i et j à joindre ne sont plus, à une étape donnée, les seuls à figurer dans leurs tournées respectives. De ce fait, les longueurs des tournées individuelles I et J et de la tournée combinée K , sont différentes respectivement de $2d_{oi}$, et de $2d_{oi} + 2d_{oj} + d_{ij}$. Cette dernière simplification fausse la valeur de l'économie en coûts variables. Pour être plus réaliste et plus rationnelle, l'approche des Savings a été ajusté par :

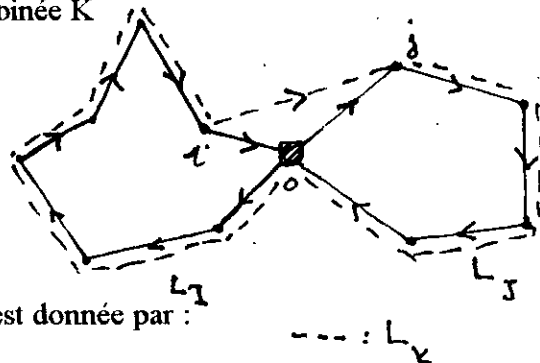
$$S_{ij}^L = \alpha_i L_I + \alpha_j L_J - \alpha_k L_K \quad (31)$$

où:

L_I = longueur de la tournée I

L_J = longueur de la tournée J

L_K = longueur de la tournée combinée K



La longueur L_K de la tournée K est donnée par :

$$L_K = L_I + L_J - c_{oi} - c_{oj} + c_{ij} \quad (32)$$

Si le coût variable est indépendant du type de véhicule, ($\alpha_i = \alpha_j = \alpha_k = \alpha$), l'expression de S_{ij}^L deviendra alors :

$$S_{ij}^L = \alpha L_I + \alpha L_J - \alpha (L_I + L_J - c_{oi} - c_{oj} + c_{ij}) \quad (33)$$

pour $\alpha = 1$

$$S_{ij}^L = c_{0i} - c_{0j} + c_{ij} = S_{ij}^{cw} \quad (34)$$

Ayant été établie, la nouvelle expression des Savings (S_{ij}^L), est tout de suite adaptée aux différents algorithmes des Savings (CS, OOS et ROS). Cette adaptation semble être aisée puisqu'il suffit de remplacer S_{ij}^{cw} par S_{ij}^L dans les expressions de S_{ij}^{cw} , S_{ij}^{-oos} et S_{ij}^{-ros} .

Les nouvelles expressions des Savings sont résumées dans le tableau III-2.

N ^o	Algorithme	saving	Formules des Savings
1	CW	S_{ij}^{cw}	$L_I + L_J - L_K$
2	-CW	S_{ij}^{-cw}	$\alpha_I L_I + \alpha_J L_J - \alpha_K L_K$
3	C.S	S_{ij}^{-cs}	$S_{ij}^{-cw} + F(z_i) - F(z_j) - F(z_i + z_j)$
4	OOS	S_{ij}^{-oos}	$S_{ij}^{-cw} + F(p(z_i + z_j) - (z_i + z_j))$
5	ROS	S_{ij}^{-ros}	$S_{ij}^{-cw} + \delta(w)F'(p(z_i + z_j) - (z_i + z_j))$

Tableau III-2 : Résumé des algorithmes de l'extension de l'approche des savings

2.2. - Adaptation au cas stochastique de STEWART et GOLDEN pour l'heuristique de clark and wrigh

a. - The S-C.W algorithm

Vu que la demande est une variable aléatoire, on construit le problème en ajoutant à la demande moyenne de chaque client un écart inférieur ou égal en général à

la racine carrée de la variance à un facteur multiplicatif près, les Savings sont calculés comme suit :

$$S_{ij} = \{\text{coût prévu de la tournée passant par le client } i\} + \{\text{coût prévu de la tournée passant par le client } j\} - \{\text{le coût de la tournée passant successivement par } i \text{ et ensuite par } j\}$$

On doit calculer les S_{ij} et les S_{ji} pour toutes les valeurs de i et j et retenir le maximum c.à.d $\max \{S_{ij}, S_{ji}\}$.

Il faut noter aussi que les S_{ji} seront recalculés après chaque fonction retenue et on procède à un nouveau classement. On continue le processus tant que la somme des valeurs moyennes augmentées de leurs écarts types n'excèdent pas la capacité du véhicule. Cette heuristique est appelée : S-C.W algorithm.

b - The modified S-C.W algorithm

Le S-C.W algorithm a été modifié et ne considère plus les coûts des tournées, mais le saving est calculé en tenant compte d'une pénalité engendrée par la défaillance d'une tournée et pondérée par une probabilité qu'une tournée soit insuffisante au niveau des clients i ou j .

La formule des Savings établis par le S-C.W algorithm est donnée par :

$$S_{ij}^{ms-cw} = c_{i0} + c_{j0} - c_{ij} + \lambda P_i + \lambda P_j - \lambda P_{ij} \quad (35)$$

Avec :

P_i = probabilité qu'une tournée soit insuffisante au client i

P_j = probabilité qu'une tournée soit insuffisante au client j .

P_{ij} = probabilité que la tournée résultant de la combinaison de la jonction $(i-j)$ soit suffisante.

λ = pénalité engendrée par une tournée insuffisante.

α = probabilité qu'il y ait insuffisance de la tournée au niveau du client i .

The combined saving : (cas stochastique)

L'adaptation de la formule des savings introduisant les coûts fixes et variables ("The combined saving") au cas stochastique peut faire l'objet d'investigations très poussées. Pour cela, on s'est limité au cas d'une flotte homogène. Ainsi on évitera de sur utiliser les véhicules de plus fort tonnage (tous les véhicules possèdent la même capacité). En conséquence, les véhicules engendrent les mêmes composantes en coût fixe et variable. Ce dernier n'intervient ni dans les expressions de calcul des probabilités d'insuffisance d'une tournée quelconque, ni dans la pénalité (constante fixée à l'avance).

La nouvelle expression qui tient compte du coût fixe et variable des savings adaptées au cas stochastique sera donnée par :

$$S_{ij}^{-s.cw} = \alpha (c_{i0} + c_{j0} - c_{ij}) + \lambda P_i + \lambda P_j - \lambda P_{ij} + F(Z) \quad (36)$$

où:

$F(z)$ = Coût fixe du véhicule utilisé

L'expression générale des savings entre deux tournées aura la même expression de calcul que celle des savings jumelant deux clients, à la différence que cette dernière aura des résultats différents du fait que le nombre de clients visités affecte l'expression de calcul des probabilités.

Ainsi :

$$S^{-L} = \alpha (d_{i0} + d_{j0} - d_{ij}) + \lambda P_i + \lambda P_j - \lambda P_{ij} \quad (37)$$

Remarque

L'espace mémoire nécessaire pour stocker des variables est limité. En effet le segment de données dans lequel nous stockons les variables statiques n'est que de 64 Ko et ce même si notre calculateur est équipé de 640 Ko de mémoire vive.

Pour pallier à ce problème on procède de la manière suivante :

- On divise le réseau de collecte en deux circuits :

* le circuit réseau (101 clients).

* le circuit gros-consommateurs (250 clients).

- On applique par la suite notre approche au circuit réseau en utilisant un seul type de véhicules. Ainsi, on pourra minimiser le nombre de véhicules ou encore le nombre de tournées, (en affectant les clients aux tournées d'une façon optimale).

- Le même travail fait pour le circuit réseau peut être fait pour le circuit gros-consommateurs, en utilisant l'autre type de véhicules.

Calcul des probabilités P_{ij}

$$1 - \alpha = \Pr \left\{ \sum_{i,j} d_i x_{ij}^{(k)} \leq Q \right\}$$

α = Probabilité qu'il y ait insuffisance de la tournée au niveau du client j.

P_{ij} = Probabilité que la tournée résultante de la combinaison de la liaison (i-j) soit suffisante.

$$P_{ij} = \Pr \left\{ \left(\sum_{k=1}^i d_k + \sum_{k=1}^j d_k \right) \leq Q \left\| \sum_{k=1}^i d_k < Q \right. \right\}$$

Posons :

$$D_i = \sum_{k=1}^i d_k$$

$$D_j = \sum_{k=1}^j d_k$$

Alors :

$$P_{ij} = \Pr \left\{ (D_i + D_j) \leq Q \quad D_i < Q \right\}$$

$$P_{ij} = \sum_{D_j=0}^Q \Pr(D_i) * \sum_{D_j=0}^{Q-D_i} \Pr(Q-D_i)$$

$$P_{ij} = \Pr(D_i \leq Q) * \Pr(D_j \leq Q-D_i)$$

$$P_{ij} = \Pr\left(\sum_{k=1}^i d_k \leq Q\right) * \Pr\left(\sum_{k=1}^j d_k \leq Q - \sum_{k=1}^i d_k\right) \quad (38)$$

Soit $\{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ une suite de variables aléatoires indépendantes et équidistribuées, selon une loi géométrique de paramètre p . On démontre, alors par la fonction génératrice des moments (ou par la fonction caractéristique) [2] que la variable aléatoire définie par : $y = \sum_{k=1}^n d_k$, est traitée comme une variable aléatoire admettant pour loi de distribution la loi binomiale négative (ou loi de Pascal) de paramètres n et p (voir définition en Annexe 3).

Mais le caractère récursif du calcul des combinaisons, nous a incité à faire recours à une approximation permise par le théorème central limite (voir énoncé du théorème central limite en Annexe 3).

L'approximation retenue est la suivante :

pour $i < 10$

$$\sum_{k=1}^i d_k \rightsquigarrow \text{NB}(p)$$

pour $i \geq 10$ (D'après la version générale du théorème central limite)

$$\sigma_p^2 = i \sigma_p^2$$

$$y_i = \sum_{k=1}^i d_k \rightsquigarrow N(m, p)$$

$$\begin{cases} m = i(1-p) / p \\ \sigma^2 = i(1-p) / p^2 \\ \sigma = \sqrt{i(1-p)} / p \end{cases}$$

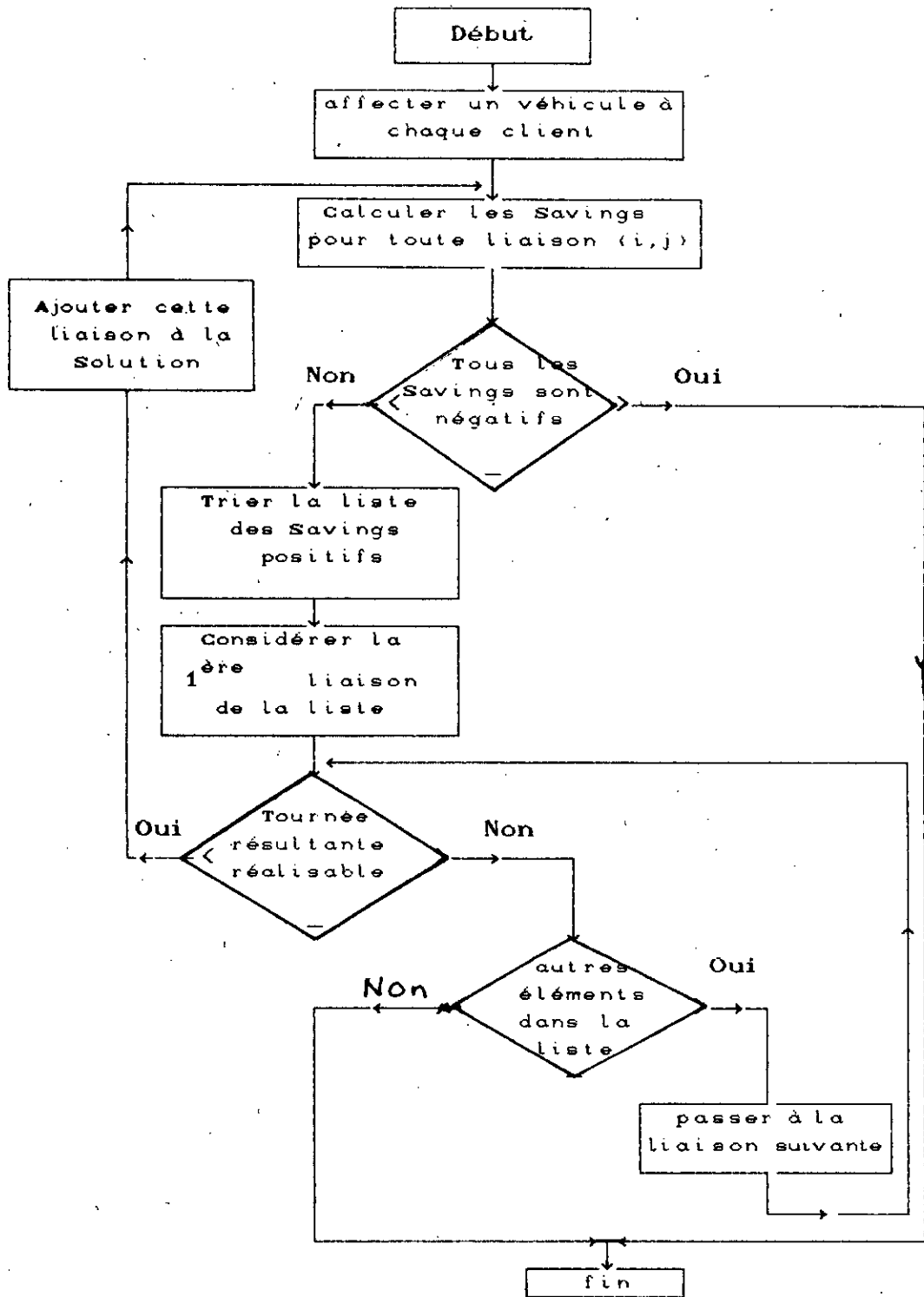
$$y_i = \sum_{k=1}^i d_k \rightsquigarrow N(i(1-p) / p, \sqrt{i(1-p)} / p)$$

ALGORITHME GÉNÉRAL DE L'APPROCHE DES SAVINGS
ADAPTE AU CAS STOCHASTIQUE

Avant de donner l'organigramme général des Savings, il faut signaler que, outre la contrainte de capacité, les véhicules sont soumis à une contrainte sur la durée totale d'utilisation. Cette dernière peut être convertie en distances en utilisant la vitesse moyenne de parcours de chaque véhicule. On doit en effet tenir compte de tous ces facteurs.

L'algorithme général des savings est donné par l'organigramme suivant :

**ALGORITHME GÉNÉRAL DE L'APPROCHE DES SAVINGS
ADAPTÉE AU CAS STOCHASTIQUE**



Organigramme des Savings

MESURE DE LA COMPLEXITÉ TEMPS DE L'ALGORITHME

La notion d'efficacité d'un algorithme est liée au temps de calcul (temps d'exécution) nécessaire à sa résolution, lequel dépend de la taille du problème. Il serait par conséquent intéressant d'examiner l'évolution du temps de calcul en fonction de la taille du problème. Pour ce faire, nous avons fait recours à la méthode expérimentale de la mesure de la complexité. Cette méthode consiste à prélever les temps de calcul obtenu sur une série de problèmes tests de différents tailles.

Nous nous sommes contentés de générer de manière aléatoire 10 problèmes, pour des tailles allant de 10 à 100 et de prendre le temps moyen.

En fin l'évolution du temps de calcul en fonction de la taille du problème est donnée par la figure ci-dessous :

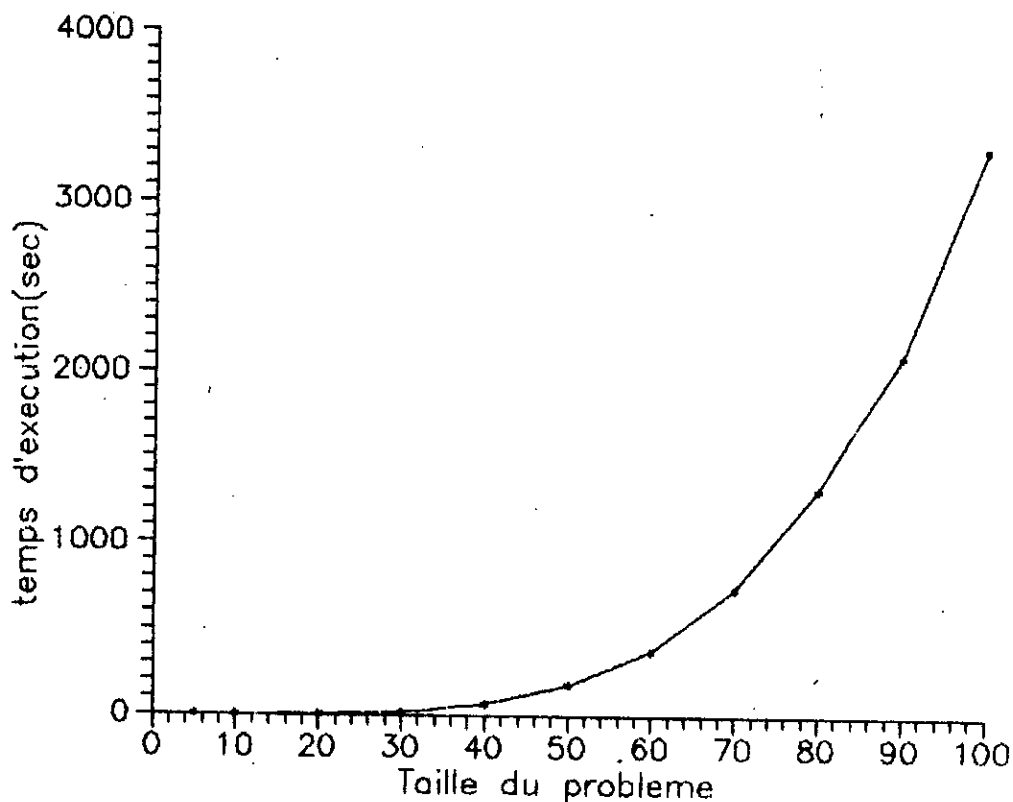


Fig2 : Evolution du temps de calcul en fonction de la taille du probleme

Pour déterminer la complexité de l'algorithme, nous avons déterminé le degré de la fonction polynomiale de la courbe tracée ci-dessus. Le degré de cette fonction est égal à la taille de la boucle la plus imbriquée de l'algorithme implémenté.

L'équation de la courbe tracée ci-dessus est de la forme :

$$t = An^2 + Bn + C$$

Les coefficients A, B, C peuvent être déterminés soit par des tests sur ordinateur soit par régression polynomiale.

Nous nous sommes contentés de la régression polynomiale faite par le logiciel GRAPHER disponible dans notre département.

Les résultats obtenus sont les suivants :

$$t = 0.631 * n^2 + 2.31n + 4.36$$

Le résultat retenu est :

$$t = 0.631 * n^2$$

$$R^2 = 98\% \quad (\text{coefficient de détermination})$$

Le temps d'exécution est une fonction polynomiale, nous avons donc affaire à un algorithme efficace.

CONCLUSION

En s'inspirant des travaux de recherche, nous avons établi dans un premier temps les différentes formulations du problème en question. La nature du problème et la non-linéarité de certaines de ses contraintes ont fait de lui un problème NP-difficile.

La résolution de ce type de problèmes par des méthodes exactes semble inappropriée. Pour nous en sortir, nous avons eu recours à l'approche heuristique des SAVINGS. Cette approche a été ensuite adaptée au cas stochastique par STEWART et GOLDEN.

Après avoir développé les expressions de probabilités servant au calcul, nous sommes passés à l'étude de la complexité temporelle de notre algorithme.

En définitif, l'appréciation de notre approche fera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE IV

APPLICATION

1. - INTRODUCTION

La collecte des données s'avère une tâche dispendieuse qui demande beaucoup de temps. Elle doit cependant être exécutée soigneusement puisqu'il est impossible d'obtenir une réponse satisfaisante à partir de données erronées. Nous procéderons dans une première étape à la collecte des données, par la suite, nous passerons à l'application proprement dite.

2. - COLLECTE ET TRAITEMENT DES DONNEES

Dans les problèmes de distribution les données se répartissent en trois blocs principaux :

- données relatives aux clients
- données relatives aux véhicules
- données relatives aux temps de service

2.1. - Collecte et traitement des données relatives aux clients

a. - collecte

Dans notre système de collecte chaque client est repéré à travers :

- sa localisation dans le réseau
- ses collectes en huiles usagées

Les principales sources sur lesquelles nous avons recueilli les données sont :

* Les rapports d'activités mensuels de collecte des huiles usagées mis à notre disposition par le responsable de la cellule de collecte des huiles usagées, dans lesquels il se trouve toutes les informations relatives aux ventes des lubrifiants par produit ainsi que celles relatives aux récupérations des huiles usagées mensuels et les capacités de stockage des clients.

* L'ensemble des tournées fixes indiquant les collectes quotidiennes des clients y figurant ainsi que les fréquences de collecte relatives aux clients.

* Répertoire téléphonique des clients mis à notre disposition par le département de la commerciale. Il contient :

- le nom du client
- le code du client
- l'adresse exacte et le téléphone de chaque client

* Le plan des rues de la wilaya d'Alger, où figurent toutes les stations de services affectées à l'U.N.D d'Alger ainsi que quelques entreprises localisées dans la zone d'Alger.

b. - Traitement

b.1. - Demandes (ou collectes) des clients en huiles usagées

Nous avons axé notre travail sur les rapports d'activités mensuels des années 1988, 1990, 1991, et 1992. Les documents de la période comprise entre 1986 et 1988 n'ont pas été exploités du fait que d'une part, ils ne contiennent pas de données fiables et détaillées et d'autre part nous avons jugé que le nombre d'observations pris était suffisant pour un éventuel traitement statistique (le nombre d'observations pour chaque échantillon varie entre 30 et 86 selon l'activité du client). L'opération de récupération des huiles usagées a été lancée en 1986 uniquement pour sensibiliser la clientèle. l'activité de collecte des huiles usagées s'intensifie de plus en plus (voir l'évolution de collecte des huiles usagées en annexe 1), par conséquent son optimisation s'impose. Il serait alors intéressant d'étudier le comportement de la demande (collecte) de chaque client en matière d'huiles usagées.

Les rapports d'activités nous ont permis de sélectionner un ensemble de clients potentiels et de les trier en utilisant le logiciel LOTUS 1-2-3, VERSION 2, COPYRIGHT 1985 disponible dans notre département. Cette sélection s'est faite sur la base d'un tri selon les fréquences de demandes ou encore des récupérations en huiles usagées. Nous avons regroupé les principaux clients potentiels dans l'annexe 4.

Nous avons traité statistiquement les données en utilisant le logiciel UNIFIT PLINK 86 OVERLAY IODER (Pour une description détaillée du logiciel voir l'annexe5).

Le traitement statistique consiste à adapter chaque échantillon de données (un échantillon par client), à une loi de distribution probabiliste théorique. C'est la partie qui nous a pris le plus de temps du fait que nous avons eu à traiter environ 350 échantillons et que nous avons fait un certain nombre d'essais (variant entre 1 et 13 essais) par client. De plus la collecte des données relatives à la demande en huile usagée a été faite par nous même à partir des tournées effectuées quotidiennement pendant la chronique concernée.

Les prélèvements sont effectués à des intervalles de temps réguliers durant toute la période comprise entre janvier 1988 et juin 1992. En annexe 6 nous trouverons un exemple d'ajustement statistique fait par UNIFIT sur échantillon de données choisi aléatoirement.

Les lois de distributions obtenues par les différents ajustements sont décrites dans l'annexe 7. Toutes les lois obtenus par UNIFIT sont des lois géométriques (voir les résultats des ajustements en annexe 7).

Les ajustements obtenus servent pour le calcul des expressions de probabilités qui figurent dans les différentes formules des saving adaptées au cas stochastique, décrites dans le chapitre IV. Le calcul des probabilités nécessite la connaissance de loi de distribution de la variable aléatoire y telle que :

$$y = \sum_{i=1}^k d_i \quad (k= 2, \dots, 102)$$

d_i : étant la variable aléatoire demande pour tout client i .

Les variables aléatoires d_i sont indépendantes et distribuées selon une même loi mais avec des paramètres différents. Ceci nous a poussé à unifier la loi de distribution de tous les échantillons ajustés. Le procédé est le suivant :

On fait une estimation par intervalle de confiance, dont l'estimateur est déterminé par la moyenne pondérée \bar{p} .

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=2}^{102} n_i p_i}{\sum_{i=2}^{102} n_i} \quad (4.2.1)$$

n_i : taille de l'échantillon i

Le test d'égalité des paramètres p_i de chaque échantillon est équivalent au test d'égalité des moyennes $\left(m_i = \frac{1-p_i}{p_i} \right)$. Le test deviendra alors :

$$\begin{aligned} H_0 : m_1 = m_2 = \dots = m_{102} = \bar{m} \\ H_1 \pm H_0 \end{aligned} \quad (4.2.2)$$

Le test classique de STUDENT semble être inapproprié pour ce genre de tests. Ceci est dû au nombre important de combinaisons de tests de STUDENT à faire (C_n^2 : combinaisons). Pour y remédier nous avons utilisé un test plus puissant qui est l'ANALYSE DE LA VARIANCE ou encore ANOVA. Ce dernier permet la comparaison de plusieurs moyennes, tout en minimisant le risque de première espèce α .

Les résultats obtenus par ce test se résument comme suit :

$$\begin{aligned} \nu_1 &= 100 \\ \nu_2 &= 6000 \\ F_{\text{tab}} &= 1 \\ F_{\text{cal}} &= 0.95 \end{aligned}$$

Conclusion

On accepte le test H_0 avec un risque d'erreur $\alpha = 5\%$

Conséquence

$$\bar{P}_2 = P_3 = \dots = P_{102} = \bar{P}$$

$$\bar{P} = 3.52 \text{ E-}3$$

Pour $i \leq 10$

La capacité du véhicule s'avère trop importante par rapport à la demande des clients. On démontre alors que dans le pire des cas la somme des demandes pour 9 clients quelconques, au plus ne dépasse jamais la capacité du véhicule. Par conséquent, l'expression suivante :

$$\Pr \left(\sum_{k=1}^i d_k > Q \right) \quad \text{tend vers } 0$$

$i = 1, 9$

Pour $i \geq 10$

La version générale du théorème central limite (voir Annexe 2) résout le problème. Les résultats obtenus par la version générale du théorème central limite se résument comme suit :

La variable aléatoire y_i définie par $y_i = \sum_{k=1}^i d_k$ est telle que,

$$y_i \rightsquigarrow N(m, \sigma)$$

Avec

$$m = \sum_{k=2}^i m_k \quad (4.2.3)$$

$$\sigma = \sqrt{\sum_{k=2}^i \sigma_k^2} \quad (4.2.4)$$

b.2. - Localisation

Cette partie de traitement s'est révélée difficile du fait que nous avons à localiser un ensemble de 350 clients sur le plan des rues d'Alger. Ainsi les clients seront positionnés dans un repère cartésien dont l'origine représentera le dépôt. Les coordonnées cartésiennes de la clientèle sont portées dans l'Annexe 8.

b.3. - Estimation des distances

Par souci de simplification, on considère que notre problème, modélisé en théorie des graphes, est un graphe complet symétrique. Nous sommes sensé déterminer les longueurs de toutes les liaisons inter-clients possibles. Pour un problème de taille n on aura à déterminer $\left(\frac{n^2}{2} - n\right)$ liaisons théoriques possibles.

Dans la pratique, il est improbable d'avoir toutes les distances réelles relatives à ces liaisons. Cependant, le recours dans les algorithmes de résolution aux distances euclidiennes (ou encore à vol d'oiseaux) est quasi-systématique.

Toutefois il ne faut pas perdre de vue que la route réelle peut s'écarter considérablement de celle à vol d'oiseau, surtout, en terrain accidenté, zones montagneuses, interdites ou en présence des voies d'eau à traverser. L'introduction de facteurs correctifs tend à limiter cet écart. Une approximation communément utilisée est la suivante :

$$d_{ij}^r = \alpha * d_{ij}^e + \beta \quad (4.2.5)$$

d_{ij}^r : distance réelle de i à j

d_{ij}^e : distance euclidienne de i à j

$0 \leq i, j \leq$ nombre de clients dans le système

$$d_{ij}^e = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (4.2.6)$$

0 : représente le dépôt

α : coefficient de correction

β : constante à l'origine de la droite de régression.

Le problème se ramène alors à trouver la bonne valeur de α et de β . Pour cela, nous avons sélectionné aléatoirement un ensemble de clients pour lesquels nous avons relevé les distances euclidiennes (à vol d'oiseaux) à partir du plan des rues d'Alger à échelle : 1/7500 (voir annexe 9), alors que les distances réelles nous ont été communiquées par les chauffeurs de la cellule de collecte des huiles usagées et le service de transport des carburants de l'unité NAFTAL -ayant le même réseau de distribution que pour les huiles- (voir Annexe 10).

La régression de la distance réelle sur la distance euclidienne (modèle 5.2.5) a abouti à un coefficient $\alpha = 2.39$ (écart-type $\sigma_\alpha = 0.258$ et coefficient de corrélation $r = 71\%$) que nous jugeons acceptable. Pour voir l'influence de la constante β sur le modèle (5.2.5), on a fait recours au test d'hypothèse de STUDENT dont le procédé est le suivant :

Test de β

$$H_0 : \beta = 0$$

$$H_1 : \beta \neq 0$$

Après calcul on trouve :

$$T_{\text{calculé}} = 2.747$$

$$T_{\text{calculé}} = 2.861 \text{ (avec un risque d'erreurs de 2\%).}$$

L'hypothèse H_0 est acceptée avec un risque d'erreur de 2%. Ceci veut dire que β n'a aucune signification dans le modèle (4.2.5). Par conséquent le modèle retenu sera :

$$d_{ij}^r = \alpha * d_{ij}^e \quad (4.2.7)$$

2.2. - Collecte et traitement des données relatives à la flotte

La flotte est déterminée par le nombre et le type de véhicules. Chaque véhicule possède ses propres caractéristiques (capacités, consommation, frais d'amortissement, frais d'assurances, de maintenance, ainsi que les frais du personnel).

Dans cette partie, on tentera de déterminer les coûts de collecte relatifs à chaque véhicule.

Modèle de coût adopté

Le coût de collecte peut être vu comme étant la somme de deux composantes :

i - une composante fixe liée à l'acquisition de la flotte ces coûts incluent aussi bien le coût du personnel, le coût d'amortissement, d'assurances, ainsi qu'une partie des coûts de maintenance relatifs aux opérations de maintenance régulière.

ii - une composante variable comprenant le coût de carburant qui est lié au kilométrage parcouru ainsi qu'à l'âge et à la technologie du véhicule et enfin le coût de maintenance non régulière.

2.2.1. - Coût fixe

Coût fixe = coût du personnel + coût d'amortissement + coût d'assurance
+ coût de maintenance non régulière.

a - Coût du personnel

La collecte des huiles usagées se fait par deux chauffeurs accompagnés chacun d'un convoyeur. Pour aboutir au calcul du salaire des chauffeurs et des convoyeurs, nous nous sommes adressés au département du personnel, service paie où nous avons relevé les données nécessaires.

Il est à signaler que ces données sont les mêmes pour les deux véhicules (de capacités 7t et 12t).

Le coût du personnel comprend :

- Salaire de base
- Prime de rendement individuel (P.R.I) = 5%
- Prime de rendement collectif (P.R.C) = 16%
- Prime de nuisance
- Indemnité de panier

- Salissure
- I.E.P
- Insolubilité
- Pénibilité
- Droit de danger
- Travail posté

Total brut :

- Charges sociales
- Charges fiscales

- Net à payer

Le tableau (IV-1) résume les différents frais qui se rapportent aux salaires du chauffeur et du convoyeur.

désignation	Frais en dinars	
	Chauffeur	Convoyeur
- Salaire de base	4466.00	3718.00
- P.R.I.	256.99	175.38
- P.R.C	749.17	607.88
- Prime de nuisance	433.40	433.40
- Panier	433.84	345.85
- I.E.P	1202.24	780.78
- Salissure	213.62	260.26
- Pénibilité	267.96	223.08
- Droit de danger	312.62	260.27
- Droit travail posté	466.60	371.80
Total brut	8901.44	7176.69
- Charges sociales	1737.51	1399.50
- Charges fiscales	577.30	413.23
Total charge	2314.81	1812.73
Net à payer	6586.63	5363.96

Tableau IV-1 : Frais du personnel en D.A

b - Frais de soutien

Ces charges couvrent les frais du personnel liés à la fonction de collecte, autres que ceux du chauffeur et du convoyeur. En d'autres termes, il s'agit des frais des deux gestionnaires et du responsable de la cellule de collectes des huiles usagées. Ces charges sont déterminées en divisant le salaire net total des trois gestionnaires par le nombre de véhicules mis à la disposition de la cellule. Soit donc :

$$\text{Frais de soutien} = \frac{8230.75 + 10130.21 + 12056.54}{3}$$

$$\text{Frais de soutien} = 10139.16(\text{D.A})$$

c - Frais d'assurance

Les frais d'assurance liés à la couverture des risques encourus pour les véhicules durant leur exploitation, nous ont été communiqués par le service comptabilité générale au département des finances de l'U.N.D. Ils sont donnés dans le tableau IV-2.

Type de véhicule	Assurance en dinars
E 804 (7 t)	1070
E 737 (12 t)	1528

Tableau IV-2 : frais d'assurances par véhicule

d - Frais d'amortissement

Vu la date de mise en marche du véhicule E737, de capacité 12t (1983-1991) ce véhicule est déjà amorti. Par contre, le véhicule E804 de capacité 7t, n'est pas encore amorti.

Le service de comptabilité générale nous a communiqué les données suivantes (relatives au véhicule E804).

- Date de mise en marche : année 1988

- Taux d'amortissement : 20 %
- Coût d'acquisition du véhicule : 717432.15 D.A

Par conséquent le coût d'amortissement (C.A) sera donné par :

$$C.A=717432.15 * 0.2 =143486.43 \text{ D.A}$$

Le coût d'amortissement mensuel relatif au véhicule E804 est :

$$CMA=11957.20 \text{ D.A}$$

e - Maintenance régulière ou fixe

On distingue deux types de maintenance : régulière et non régulière.

e.1 - Coûts de maintenance régulière (périodique ou encore fixe)

Ce sont les frais engendrés par les opérations d'entretien qui interviennent généralement à des intervalles de temps réguliers. Ceci concerne notamment :

- vidange moteurs
- lavage et graissage du moteur
- vidange boîte de vitesse et pont. Ce type de maintenance intervient dans le calcul du coût fixe.

2. - Coûts de maintenance non régulière

Ce type de maintenance intervient dans le calcul du coût variable. Elle concerne les opérations d'intervention des pannes imprévues. C'est de la maintenance "curative".

Les données relatives à la maintenance non régulière seront exposées ultérieurement lors du calcul du coût variable.

Les données relatives à la maintenance régulière ont été relevées à partir des rapports d'activités mensuels de maintenance des véhicules de l'année 1991, qui ont été mis à notre disposition par les responsables du parc de maintenance (16R) de l'U.N.D d'Alger. Ces données sont résumées dans les tableaux IV-4.

Evaluation du parcours mensuel

L'introduction du kilométrage parcouru par les véhicules dans les différentes formules de calcul nous a incité à évaluer le parcours mensuel pour chaque véhicule. En effet, les données relatives aux parcours mensuels sont pris quotidiennement par l'un des deux véhicules (l'autre véhicule E804, n'a pas de compteur lui permettant, de mesurer les distances parcourues). Pour combler ce vide, nous nous sommes contenté des valeurs indiquées par le véhicule E737. La raison est que les véhicules parcourent mensuellement la même distance, du fait qu'il y a permutation mensuelle des tournées entre véhicules. Le kilométrage moyen parcouru par chaque véhicule est obtenu en faisant une sommation des parcours quotidiens. On a obtenu les valeurs qui figurent dans le Tableau (IV-3).

type de véhicule	distance parcourue(Km)
E804 (7t)	2740
E737 (12t)	2740

Tableau IV-3

Les données relatives à la maintenance régulière sont résumées dans le tableau IV-4.

Type d'opération	Q	Pm	C.U	Coût(D.A)
Lubrification par huile moteur (litre/Km)	6.67E-3	2470	23	378.92
Lubrification des boîtes et ponts (litre/Km)	1E-3	2470	28	69.16
Graissage (Kg/Km)	3E-5	2470	17	1.26
Total	-	-	-	3851.34

Tableau IV-4

Q : quantité kilométrique mensuelle du lubrifiant consommé

P_m : parcours mensuel moyen du véhicule

C.U : coût unitaire du lubrifiant consommé

C.T : le coût total

Coût fixe journalier par type de véhicule

Ayant à notre disposition toutes les composantes du coût fixe, il est à présent nécessaire de les regrouper pour avoir le coût fixe total mensuel.

Le coût fixe journalier s'obtient en divisant le coût fixe mensuel par le nombre de jours ouvrables mensuels.

Le nombre de jours ouvrables varie d'un mois à l'autre pour cela nous nous sommes contentés de prendre la moyenne mensuelle de jours ouvrables.

Ainsi les résultats obtenus sont résumés dans le tableau IV-5

Désignation	Type de véhicules	
	E737	E804
salaire du chauffeur	6586.63	6586.63
salaire du convoyeur	3718.00	3418.00
frais de soutien	10139.96	10139.96
frais de maintenance	3851.34	3851.34
Amortissements	0	11959.20
assurances	1528.29	1070.35
coûts mensuels	25823.42	25365.66
coûts fixes journaliers	860.78	845.52

Tableau IV-5 Coût fixe journalier par type de véhicule

2.2.2 - Coût variable

a. - consommation des véhicules en gasoil:

La cellule de collecte des huiles usagées ne dispose pas de données historiques sur la consommation des véhicules. La raison est qu'il n'existe aucun appareil fonctionnel au sein des véhicules qui peut indiquer la consommation du gasoil. Pour combler ce vide Nous avons eu recours à une méthode d'estimation qui a été utilisée par des collègues ayant travaillé au sein de la même entreprise [3]. On s'est contenté d'estimer la consommation des véhicules en carburant par utilisation d'un modèle mathématique de consommation. ce modèle est fonction d'autres quantités mesurables ou calculables.

Nous avons opté pour un modèle mathématique connu sous le nom de modèle de la vitesse moyenne. C'est un modèle simple et il est possible de quantifier tous ses paramètres.

Modèle de vitesse moyenne

Pour les distances supérieures à 1 km, on obtient une excellente corrélation entre la consommation et la vitesse moyenne. La consommation de gasoil par type de véhicule et par distance est donnée par :

$$F = K1 + K2 * \tau \quad (4.2.7)$$

pour $10 \text{ kms/h} < V < 75 \text{ kms/h}$

V : Vitesse moyenne

τ : temps de parcours par unité de distance, y compris les arrêts et changement de vitesse ($\tau \cong 1/V$).

K1: coefficient associé au carburant consommé pour surmonter la résistance au roulement: il est approximativement proportionnel au poids du véhicule.

K2 : coefficient approximativement proportionnel à la consommation de carburant au ralenti.

Il a été démontré que le modèle (4.2.7) explique 70% de la variance de la consommation alors que 30% reste inexplicée, due essentiellement aux conditions

d'utilisation du véhicule. Les paramètres K1 et K2 ont été estimés à l'aide de l'analyse de régression sur les données de consommation.

$$K1=41.57 E7*Wm \quad \text{avec } Wm : \text{ poids du véhicule}$$

$$K2=0.998 * I \quad I : \text{ consommation du carburant}$$

Des résultats expérimentaux dans plusieurs pays ont donné pour des intervalles de poids les valeurs suivantes (Tableau IV-6) :

Capacité	K1	K2
[1-10t]	0.14	17
[10-40t]	0.12	21

Tableau IV-6 : Valeurs de K1 et K2

Connaissant la vitesse moyenne pour chaque catégorie de véhicule, nous avons calculé la consommation spécifique, puis nous avons déduit le coût de consommation spécifique par Km parcouru (le coût d'un litre de gasoil est de 2.87 DA). Ces résultats sont donnés dans le tableau IV-7.

capacité	Vitesse moyenne (Km/h)	Consommation (Litre/Km)	Coût (DA/Km)
[1-10t]	75	0.37	1.06
[11-20t]	60	0.49	1.41

Tableau IV-7

On est amené donc à estimer la consommation du véhicule en gasoil, qui est liée à :

- l'âge du véhicule

-
- la vitesse du véhicule
 - la charge du véhicule
 - l'état du moteur

b. - Coût de la maintenance non régulière

Le type de maintenance appliquée au sein du centre est généralement curative. Par conséquent les coûts engendrés par ce type de maintenance se limitent aux coûts d'intervention ou de main d'oeuvre et aux coûts des pièces de rechange.

Les données relatives à ce type de maintenance ont été relevées au parc de maintenance 16R et au garage de maintenance du dépôt 16A à El-Harrach. Du fait que la réparation des véhicules du dépôt 16B se faisait au garage de maintenance du dépôt 16A avant d'être affectée définitivement au parc de maintenance 16R à Caroubier. Les données relatives à la maintenance non régulière sont résumées dans le tableau IV-8.

véhicule		Nature de l'opération	coût de l'opération	
numéro	code		C _p	C _{mo}
1	E737	réparation	1978.15	1200.00
2	E804	filtre à air filtre à gasoil	180.75 150.63	635.83
3	E737	soudure	102.85	325.15
4	E804	filtre à gasoil	77.26	174.85
5	E804	rétroviseur optique de phare 4 boulons 4 écrous	266.95 607.78 4.00 8.00	531.78
6	E737	2 courroies 1 courroie comp	189.13 94.56	128.23
7	E804	1 cardan	3577.67	2325.91
8	E737	siège chauffeur 2 filtres à huile 2 filtres à gasoil	3421.76 307.64 307.64	1250.83

C_p : coût de la pièce

C_{mo} : coût de la main d'oeuvre relative à l'opération

Tableau IV-8 : Données relatives à la maintenance non régulière

c. - Coût des pneumatiques

Le remplacement des trains de pneus complets dépend généralement du kilométrage parcouru ainsi que de l'état des routes et des chemins parcourus (bon revêtement, mauvais revêtement, pistes,...).

En général, on fait deux remplacements de trains de pneus complets (2 chambres à air + 2 pneus) par an.

Ainsi le tableau IV-9 porte les différentes dates des pneumatiques par type de véhicules ainsi que le coût qui leur est associé.

Désignation	E 804 (7 t)	E 737 (12 t)
2 pneus	39576.00	39576.00
2 chambres à air		
Main d'oeuvre	760.00	760.00
Coût total	40336.34	40336.00
Coût mensuel	3361.34	3361.34
Parcours mensuel	2470.00	2470.00
Coût unitaire (DA/km)	1.36	1.36

Tableau IV-9

3. - COUT VARIABLE TOTAL

Ayant l'ensemble des coûts variables à notre disposition, on pourra déterminer le coût unitaire variable total par type de véhicule en faisant une simple sommation des coûts unitaires suivants : coût unitaire de consommation du carburant, coût unitaire de maintenance non régulière (coût de réparation et coût des pneumatiques). Le tableau IV-10 résume les résultats obtenus.

Désignation du coût (DA/km)	Type de véhicule	
	E 804 (7 t)	E 737 (12 t)
Coût de consommation du gasoil	1.06	1.41
Coût de maintenance	0.13	0.29
Coût des pneumatique	1.36	1.36
Coût unitaire total	2.55	3.16

Tableau IV-10

2.3. - Collecte et traitement de données relatives au temps de service

Le temps de service est un facteur déterminant dans les problèmes de tournées. Toutefois, outre la contrainte de capacité, les véhicules sont soumis à une contrainte sur la durée totale d'utilisation. Cette durée peut être convertie en distance en utilisant la vitesse moyenne de parcours de chaque véhicule.

Le temps de service est souvent modélisé sous la forme d'une fonction temporelle linéaire. Elle est formée de deux composantes :

- l'une fixe, indépendante de la quantité du produit traité tels que le temps de facturation, le temps d'attente pour le chargement

- l'autre variable qui est liée directement à la quantité du produit collecté ou livré

Le modèle retenu pour estimer le temps de service est le suivant :

$$t_i = a + b.d_i \quad (4.2.9)$$

où:

t_i : temps perdu au niveau du client i

d_i : demande du client i

a : temps fixe perdu au niveau d'un client.

b : temps perdu (consommé) par unité de demande.

Là encore, les deux paramètres a et b doivent être estimés. Une fois ceci fait, ce facteur est converti en distance pour être utilisé par les modèles mathématiques standards. Cette conversion doit tenir compte de la vitesse moyenne de circulation dans les itinéraires empruntés.

Les risques liés à l'estimation du temps de service, des longueurs des trajets sont:

- le risque de violation des contraintes imposées sur la durée ou la longueur totale de la tournée.

- le risque de sous-utiliser les ressources (véhicules et chauffeurs).

Le temps de service (collecte des huiles usagées) se compose essentiellement de trois composantes principales :

- temps perdu de parcours

- temps perdu au niveau de chaque client

- temps passé au niveau du dépôt lors du dépotage

A. - Temps de parcours

Cette composante du temps est influencée par plusieurs facteurs, tels que la densité du trafic routier, l'état des routes ainsi que du type de véhicule.

C'est un paramètre qui est très difficile à estimer. Par souci de simplification, on s'est contenté de convertir les distances (connues avec une précision relativement bonne) en durées. Ceci se fait, évidemment, en fonction de la vitesse moyenne avec laquelle roulent les véhicules.

La vitesse de roulement diffère selon le type du véhicule et selon la densité de trafic du chemin emprunté. On a retenu les vitesses moyennes résumées dans le tableau IV-11.

Type de véhicule	Trafic	
	Faible	Dense
E 737 (12T)	60 Km/h	40 Km/h
E 804 (7T)	75 Km/h	60 Km/h

Tableau IV - 11

La formule permettant la conversion des distances en temps de parcours est la suivante :

$$t_p = \frac{1}{V_p} \left(\sum_{k=1}^i L_{k, k+1} + L_{i+1, 1} \right) \quad (4.2.10)$$

Avec

V_p : vitesse moyenne de parcours

$L_{k, k+1}$: distance inter-clients et client-dépôt

t_p : temps de parcours dans une tournée à i clients

B - Temps perdu au niveau de chaque client (ou temps de chargement)

Le temps perdu au niveau de chaque client n'est autre que le temps de chargement du produit, ce temps dépend généralement des lieux d'implantation des cuves ou des fûts de stockage des huiles usagées.

Il y a aussi d'autres facteurs qui peuvent influencer directement sur le temps de chargement. Il s'agit des goulets d'étranglement et des embouteillages au niveau des stations de service.

Le temps de chargement du produit est modélisé par :

$$t_i = \alpha_1 + \beta_1 * d(i) \quad (5.2.11)$$

où

$d(i)$: demande globale du client (i)

β_1 : temps de chargement unitaire

α_1 : temps fixe perdu chez le client (i)

Les paramètres α_1 et β_1 sont estimés par la méthode des moindres carrés ordinaires ou régression simple.

Les résultats obtenus sur 10 observations sont donnés par :

$$\alpha_1 = 13.72$$

$$\beta_1 = 75E-3$$

Les données collectées relatives au temps de service sont données en Annexe 11.

C. - Temps passé au niveau du dépôt

Le temps perdu au niveau du dépôt se compose essentiellement de deux parties :

* Temps d'attente : c'est le temps nécessaire au test technique effectué à l'huile usagée pour savoir si elle est récupérable ou non.

* Temps de déchargement : une fois l'huile testée, le véhicule procède au dépotage. le temps de dépotage est par conséquent proportionnel à la quantité du produit collecté

Le modèle utilisé pour l'estimation du temps perdu au niveau du dépôt est le suivant :

$$t(i) = \alpha_2 + \beta_2 * d(i) \quad (4.2.12)$$

Où les paramètres α_2 et β_2 sont estimés par la régression simple. Après on aboutit aux résultats suivant :

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= 1.13 \\ \beta_2 &= 3.42E-3 \end{aligned}$$

Remarque : les données relatives aux temps de service utilisées pour l'estimation des paramètres des différents modèles sont données dans l'Annexe 11.

Calcul du temps total de service

Après avoir calculé les paramètres de différents modèles, on procède au calcul du temps de service total qui n'est autre que la somme des trois composantes principales citées ci-dessus, voir :

$$\text{Temps total} = \sum_{k=1}^i t_p(k) + t_{\text{charge}} + t_{\text{dépotage}} \quad (4.2.13)$$

$$\text{Temps total} = (\alpha_1 + \alpha_2) + (\beta_1 + \beta_2) * d(i) + \sum_{k=1}^i t_p(k)$$

$$\text{Temps total} = T_{\text{total}}$$

$$T_{\text{total}} = (\alpha_1 + \alpha_2) + (\beta_1 + \beta_2) * d(i) + \sum_{k=1}^i L_{k, k+1} + L_{i+1, 1} \quad (4.2.14)$$

2. - APPLICATION

Ayant déterminé tous les paramètres du système de distribution coûts de transport, estimation des demandes, estimation du temps de service,...), nous aborderons dans cette partie la résolution du problème. Nous tenterons par la suite d'évaluer les économies en coûts et les gains en volumes des huiles collectées.

Enfin pour valider notre approche de résolution, nous ferons une comparaison entre la méthode de travail actuelle (méthode manuelle) et l'approche proposée (programmée).

En adoptant cette démarche, nous avons sélectionné un ensemble de tournées relevés de la réalité (voir Annexe 12) sur lequel s'effectuera notre appréciation.

L'évaluation des coûts de transport et des temps de service relatives à chaque véhicule est faite sur la base des données collectées. Ceci est due au fait qu'il n'existait aucune évaluation faite par l'U.N.D.

Avant de passer à la comparaison, Nous évaluerons les deux solutions (manuelle et programmée).

A. - Evaluation de la méthode manuelle

En analysant les tournées obtenus par le découpage géographique (voir annexe 12), nous avons pu calculer pour chaque tournée le coût de transport, la distance parcourue ainsi que les quantités du produit collecté.

Nous présentons ci-dessous les résultats détaillés d'une dizaine de journées.

Journées : du 14/12/91 au 25/12/91

Type de véhicule : E737 (12t)

Longueur totale des tournées : 639.886 Km

Coût total engendré : 9819.72 D.A

Collecte totale : 79700 litres

Tournée N° 1

1--->3--->10--->43--->46--->78--->57--->95--->56--->34--->
 --->90--->19--->29--->1

Longueur totale : 79.199 Km

Coût total : 1111.05 D.A

Collecte totale : 10300 litres

Tournée N°2

1--->35--->12--->64--->27--->84--->4--->8--->71--->59--->14--->11--->1

Longueur totale : 60.475 Km

Coût total : 1051.881 D.A

Collecte totale : 8800 litres

Tournée N°3

1--->76--->39--->70--->51--->17--->77--->82--->55--->30--->
 5--->84--->41--->1

Longueur totale : 78.942 Km

Coût total : 1110.24 D.A

Collecte totale : 8800 litres

Tournée N°4

1--->31--->44--->2--->38--->26--->48--->25--->20--->50--->9--->1

Longueur totale : 68.400 Km

Coût total : 1076.92 D.A

Collecte Totale : 9400 litres

Tournée N°5

1--->18--->28--->47--->16--->23--->36--->91--->33--->32--->
62--->88--->86--->1

Longueur totale : 72.450 Km

Coût total : 1121.32 D.A

Collecte totale : 6800 litres

Tournée N°6

1--->40--->65--->49--->73--->13--->7--->60--->93--->89--->75--->85--->1

Longueur totale : 77.945 Km

Coût total : 1107.09 D.A

Collecte totale : 10000 litres

Tournée N°7

1--->68--->22--->58--->96--->21--->74--->69--->66--->6--->37--->
80--->101--->98--->1

Longueur totale : 75.976 Km

Coût total : 1116.67 D.A

Collecte totale : 9900 litres

Tournée N°8

1--->63--->54--->67--->79--->97--->72--->83--->42--->92--->100--->1

Longueur totale : 67.797 Km

Coût total : 1077.32 D.A

Collecte totale : 7600 litres

Tournée N°9

1--->24--->53--->94--->67--->79--->97--->72--->83--->42--->92--->100--->1

Longueur totale : 59.010 Km
 Coût total : 1047.32 D.A
 Collecte totale : 7700 litres

B. - Solution obtenue par L'heuristique

Pour tester l'approche heuristique relativement à la méthode manuelle, il est nécessaire de l'appliquer dans les mêmes conditions. En effet l'heuristique a été déroulée avec le même ensemble de clients et de véhicules de la solution manuelle.

Rappelons que nous avons opté, pour la résolution du problème, par l'application de l'approche des savings modifiée et adaptée au cas stochastique dans le cas d'une flotte homogène tout en respectant les contraintes de capacité et de temps de service.

Toutefois, il se peut que la contrainte de capacité soit violée en peu de temps (en 4 heures par exemple). Dans ce cas la solution de l'heuristique peut être raffinée et adaptée manuellement. L'utilisateur doit corriger les séquences qu'il juge perfectibles. Il pourra par exemple intervertir deux ou plusieurs clients pour un meilleur agencement de tournées.

En procédant ainsi, il serait intéressant pour l'unité de satisfaire une demande supplémentaire, particulièrement celle des wilayas limitrophes affectées au centre de distribution 16B par l'intermédiaire des dépôts relais.

Les résultats obtenus par l'approche heuristique après exécution du programme sont les suivants :

Type de véhicule : E737(12t)
 Nombre total de véhicules : 7t
 Longueur totale des tournées : 673.34 Km
 Coût total des tournées : 7831.59 D.A
 Quantité totale collectée : 80900 litres

Tournée N°1

1--->4--->81--->51--->70--->39--->82--->17--->77--->71--->14
 --->59--->99--->19--->41--->34--->56--->8--->43--->1

Collecte totale : 11900 litres

Longueur totale : 42.49 Km

Tournée N°2

1--->16--->49--->97--->65--->54--->61--->75--->6--->66--->60
 --->22--->37--->69--->21--->58--->80--->96--->1

Collecte totale : 12000 litres

Longueur totale : 124.28 Km

Tournée N°3

1--->31--->25--->9--->84--->86--->20--->50--->2--->24--->28
 --->48--->38--->26--->18--->44--->1

Collecte totale : 10000 litres

Longueur totale : 77.19 Km

Tournée N°4

1--->35--->10--->27--->64--->12--->1

Collecte totale : 11000 litres

Longueur totale : 14.57 Km

Tournée N°5

1--->36--->23--->47--->100--->85--->79--->67--->94--->95--->83--->
 74--->89--->93--->13--->73--->40--->7--->87--->15--->53--->1

Collecte totale : 12000 litres

Longueur totale : 90.10 Km

Tournée N°6

1--->57--->78--->98--->101--->46--->90--->11--->32--->33--->
 62--->91--->92--->29--->5--->30--->55--->76 --->3--->1

Collecte totale: 12000 litres

Longueur totale : 178.59 Km

Tournée N°7

1--->63--->68--->45--->52--->42--->72--->88--->1

Collecte totale : 12000 litres

Longueur totale : 44.33 Km

Telles qu'elles sont générées par le programme, les tournées ne sont pas considérées comme étant la solution finale du problème. En effet, elles peuvent être soumises à d'éventuels raffinements. Ainsi, l'utilisateur pourra intervertir deux ou plusieurs clients entre tournées pour un meilleur agencement des tournées. Il peut jumeler un ou plusieurs clients à une même tournée, sans pour autant excéder la capacité du véhicule.

Une autre manière qui permet le raffinement de la solution consiste à observer les longueurs qui sont vraisemblablement courtes. On entrevoit par ailleurs, la possibilité d'effectuer plusieurs voyages, sans toutefois violer la contrainte du temps d'utilisation des véhicules, ce qui permet de minimiser les coûts fixes journaliers.

Le collecteur aura à effectuer quotidiennement une tournée géante, on peut à cet effet, profiter pleinement des périodes creuses (chaque client est visité une seule fois tous les quinze jours). Il sera alors plus économique d'effectuer des tournées entre le dépôt et les wilayas limitrophes par l'intermédiaire des dépôts relais. On pourra ainsi utiliser les véhicules de façon rationnelle.

Remarque

La solution proposée jusqu'à présent est relative à une seule partie du circuit de distribution (circuit réseaux). Il reste possible, par une estimation de tous les paramètres

nécessaires d'en déduire une solution pour la partie restante en l'occurrence le circuit gros-consommateurs.

C. - Comparaison

C.1. - Comparaison des résultats

C.1.a. - Comparaison entre tournées d'un seul problème

La comparaison que nous proposons de faire, sera entre l'ensemble des tournées obtenu par l'heuristique et celui des tournées proposées par les gestionnaires.

Pour se faire nous avons sélectionné les mêmes tournées citées dans le paragraphe A qui traite la solution manuelle.

La comparaison portera sur les outputs suivants :

- le coût de distribution (collecte)
- la quantité du produit collecté
- le temps d'utilisation des véhicules.

Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau comparatif suivant :

tour	Solution manuelle			Solution heuristique		
	N°	Coût (D.A)	Collecte (litres)	Temps (Mn)	Coût (D.A)	Collecte (litres)
1	1111.05	10300	360	1015.68	11900	407
2	1051.88	9200	409	1313.92	12000	491
3	1110.24	8800	350	1142.19	10000	386
4	1076.92	9400	305	913.16	11000	352
5	1121.32	6800	304	1189.16	12000	457
6	1107.09	10000	487	1511.60	12000	546
7	1116.67	9900	350	1022.13	12000	411
8	1077.23	7600	321	-	-	-
9	1047.23	7700	315	-	-	-
Total	9819.63	79900	3215	8108.95	80900	3050

Figure N°IV - Tableau comparatif des résultats

C.1.b. - Comparaison entre les résultats de plusieurs problèmes

L'étude comparative de plusieurs problèmes tests s'avère appropriée. Ainsi les problèmes tests sélectionnés sont résumés dans l'annexe 11.

Avant de procéder à la comparaison, nous avons exécuté le programme, en utilisant le véhicule E804 (7t). Les résultats obtenus sont résumés ci-dessous:

Type de véhicule : E804 (7t)

Longueur totale des tournées : 689.400 Km

Coût total de distribution : 9367.67 D.A

Collecte totale : 71200 litres

Tournée N°1

1--->61--->75--->6--->66--->60--->22--->37--->69--->21--->58--->80--->1

Longueur de tournée : 97.200 Km

Collecte totale : 6800 litres

Tournée N°2

1--->68--->87--->45--->52--->23--->16--->47--->42--->72--->1

Longueur de tournée : 38.400 Km

Collecte totale : 6900 litres

Tournée N°3

1--->71--->59--->14--->11--->33--->62--->91--->92--->29--->1

Longueur de tournée: 66.720 Km

Collecte totale : 7000 litres

Tournée N°4

1--->96--->13--->73--->40--->7--->85--->67--->79--->100--->49--->1

Longueur de tournée: 71.290 Km

Collecte totale : 6900 litres

Tournée N°5

1--->3--->81--->17--->82--->5--->30--->55--->39--->76--->70--->1

Longueur de tournée: 21.600 Km

Collecte totale : 7000 litres

Tournée N°6

1--->31--->84--->86--->20--->50--->9--->25--->48--->26--->18--->1

Longueur de tournée : 63.430 Km

Collecte totale : 6600 litres

Tournée N°7

1--->34--->56--->27--->51--->88--->12--->1

Longueur de tournée : 24.800 Km

Collecte totale : 7000 litres

Tournée N°8

1--->36--->24--->53--->15--->63--->2--->28--->38--->1

Longueur de tournée : 25.070 Km

Collecte totale : 6900 litres

Tournée N°9

1--->44--->10--->43--->35--->64--->1

Longueur de tournée : 29.250 Km

Collecte totale : 3900 litres

Tournée N°101--->57--->78--->98--->101--->46--->90--->99--->19--->41--->
77--->8--->4--->1

Longueur de tournée : 118.610 Km

Collecte totale : 6900 litres

Tournée N°11

1--->93--->83--->94--->32--->54--->65--->74--->97--->1

Longueur de tournée : 75.100 Km

Collecte totale : 6300 litres

Nous avons résumé les résultats pour quatre autres problèmes tests dans le tableau suivant :

problème Test	Solution manuelle			Solution heuristique		
	Coût (D.A)	Collecte (litres)	Temps (Mn)	Coût (D.A)	Collecte (litres)	Temps (Mn)
2	9757.34	78800	2974	8108.95	80900	3063
3	9367.67	55800	2543	9187.25	71200	2723
4	9562.79	79300	2987	8108.95	80900	3063
5	9382.74	52300	2439	9187.25	71200	2723

Fig.13 Tableau comparatif des problèmes tests

Après avoir établi le tableau comparatif des résultats de quatre autres problèmes tests, nous passerons en revue la définition de quelques ratios [3], en vue de mettre en évidence les performances réalisées.

i - Gain en coût

L'économie réalisée en coût par rapport à la solution manuelle est définie par :

$$\Delta C = \frac{C_m - C_h}{C_m} * 100$$

où

C_m : coût total de la solution manuelle

C_h : coût total de la solution heuristique

ii - Taux d'amélioration en quantité collectée

Nous définissons le taux d'amélioration de la solution heuristique en quantité collectée par le ratio :

$$\Delta G = \frac{G_h - G_m}{G_h} * 100$$

où :

G_m : collecte de la solution manuelle

G_h : collecte de la solution heuristique

iii - Taux d'amélioration en temps d'exploitation des véhicules

Le taux d'amélioration en temps d'exploitation est définie par :

$$\Delta T = \frac{T_m - T_h}{T_m} * 100$$

où :

T_m : temps de service de la solution manuelle

T_h : temps de service de la solution heuristique

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau.

problème test	1	2	3	4	5
ΔC (%)	21.09	20.32	1.96	17.92	2.10
ΔG (%)	1.48	2.59	27.75	1.97	36.10
ΔT (%)	5.13	2.90	6.61	2.47	11.64

Fig IV-14 Tableau récapitulatif des RATIOS

C.2. - Interprétation

Pour l'ensemble des problèmes tests sélectionnés, l'approche heuristique a réalisé des performances pour tous les outputs mis en évidence. Toutefois l'économie en coût reste prédominante pour tout l'ensemble des problèmes tests. Ceci peut s'expliquer par la nature de l'approche de résolution qui a tendance à privilégier l'objectif de minimisation des coûts lors de la construction des tournées.

La meilleure performance réalisée pour le coût est de 21.09 % la moyenne est de 12.67 avec un écart type de 8.75. Ceci confirme que l'amélioration est instable pour l'ensemble des problèmes sélectionnés.

Les économies réalisées en gain sont essentiellement dues à la réduction du nombre de véhicules participant à la solution et à l'optimisation des parcours des véhicules.

Quant aux quantités d'huiles usagées collectées, une amélioration moyennant faible avec une moyenne de 36 et un écart type de 14.86.

Cette amélioration quoique faible, offre une entrée supplémentaire en devise qui dépend du prix de vente unitaire du produit. Elle ne reflète pas toujours la réalité, étant donné que les quantités données par la solution heuristique ne sont en réalité que des estimations.

Notons que l'étude de sensibilité pour notre cas ne relève pas assez d'importance. Ceci est due au fait que la fluctuation mensuelle de la demande est presque uniforme (voir annexe 3). Elle n'a pas en effet une grande influence sur le déroulement normal des activités du centre. Notre problème n'est qu'un exemple concret d'un cas stochastique. Il peut à cet effet servir à l'étude de cas plus complexes.

3. - IMPLÉMENTATION

Nous avons élaboré un programme informatique en turbo pascal version 6.0. La solution du problème trouvée est un ensemble de tournées fixes. Toutefois, ce type de problèmes devrait s'adapter perpétuellement aux changements structurels tels que la survenance de nouveaux clients, l'augmentation de la zone d'intervention. Il serait alors intéressant de mettre à jour l'organisation du système de collecte.

Pour faciliter l'utilisation du programme nous l'avons présenté sous forme d'un menu constitué de 4 options.

- Option A : gestion des données
- Option B : choix de la taille du problème
- Option C : affichage des résultats
- Option D : quitte.

- **Option A** : cette option permet à l'utilisateur l'introduction ou la lecture des données à partir des fichiers de données.

Une opération de lecture sera alors exécutée, dès qu'il y a appel à un fichier.

Il suffit alors de faire une seule lecture pour résoudre plusieurs problèmes de différents tailles.

L'introduction des données (création de fichiers ou changement) peut se faire du turbo pascal.

- **Option B** : cette option permet de fixer la taille du problème que nous voulons résoudre.

- **Option C** : cette option permet à l'utilisateur de consulter les résultats obtenus. Ceci se fait de deux manières :

- i - visualisation sur écran ou lecture à partir d'un fichier de résultats.
- j - visualisation en mode graphique.

- **Option D** : cette option permet de quitter l'exécution du programme.

CONCLUSION

Ce chapitre était consacré à l'application pratique de l'heuristique proposée pour la résolution du problème. Pour ce faire nous avons procédé à la collecte des données relatives aux clients, à la flotte et au temps de service.

La complexité du système et le manque de certaines données nous ont poussé à faire recours dans beaucoup de cas à des approximations

Nous avons sélectionné et évalué quelques tournées produites manuellement par les gestionnaires de la cellule de collecte des huiles usagées. Ces dernières ont servi à faire une étude comparative avec la solution de notre approche heuristique.

Nous aurions souhaité étudier le système en entier, c'est-à-dire jumeler les deux circuits "RESEAU" et "GROS-CONSOMMATEURS". Malheureusement ceci n'a pas été fait, vu l'importance de la taille du problème ($n = 350$) et la difficulté de collecte des données relatives au circuit "GROS-CONSOMMATEURS".

CHAPITRE 5

RECOMMANDATIONS

Cette étude nous a permis de soulever certaines contraintes (problèmes) liées à l'activité de collecte des huiles usagées et d'en dégager certaines recommandations en vue de redynamiser cette activité.

a - Contraintes

- Pas d'investissements nouveaux.
- Faiblesse en infrastructures de stockage.
- Camions et pompes de récupération vétustes et non appropriés.
- Contribution modeste des clients.
- Absence du matériel d'analyse des huiles récupérées.

b - Recommandations

- Réparation et mise en conformité des moyens de transport actuels.
- Acquisition de nouveaux moyens de collecte camions, pompes, filtres, matériel d'analyse.
- Activer la réalisation ou l'extension des dépôts relais.
- Actualiser les fiches d'identifications techniques des clients gros-consommateurs.
- Doter le réseau et les clients potentiels en capacité de stockage.
- Associer les masses médias et les autorités locales aux actions de sensibilisations des clients et des consommateurs d'huiles.
- Installation obligatoire des cuves de stockage dans toutes les stations de service et dans toutes les entreprises à caractère public ou privé.
- Créer une loi le biais de la législation interdisant toute sorte de rejet des huiles usagées dans la nature.

CONCLUSION

Ce présent projet de fin d'études a porté sur l'étude d'un problème de collecte des huiles usagées par camions citernes au sein de l'unité NAFTAL d'Alger. Ce problème consiste à dégager un circuit de collecte rationnel, visant à minimiser le coût total de collecte, la minimisation de l'utilisation des véhicules à vide.

Après avoir défini le problème, qui n'est autre qu'un problème de tournées avec demande stochastique, nous avons passé en revue les quelques travaux de recherche relevant de la distributique.

Nous avons exposé par la suite les différentes formulations du problème dont la réalisation s'est avérée impossible en raison de la non linéarité de la contrainte liée à la possibilité d'insuffisance de la tournée ainsi qu'à la taille du problème.

Pour parvenir à la résolution du problème, nous avons exploité l'approche des SAVINGS adaptée au cas stochastique.

Vue la complexité du problème nous avons partitionné notre système en circuit réseaux et circuit gros - consommateurs chacun d'eux affecté d'un véhicule.

Nous avons par la suite appliqué l'approche décrite au circuit - réseaux, et le même travail pourra être fait pour le circuit gros - consommateurs.

Nous avons adapté notre approche de résolution au cas d'un problème de détermination de la flotte et d'élaboration des tournées avec une flotte homogène, tout en tenant compte des contraintes du problème. Ceci étant le collecteur effectuera quotidiennement ses tournées lui permettant de collecter le maximum de résidus à moindre coût.

La procédure élaborée ne constitue certainement pas la solution optimale mais une aide précieuse au gestionnaire, auquel revient la décision finale.

Néanmoins la multitude des stations de service et des garages de lavage-graissage à l'échelle nationale laisse penser à l'idée d'un circuit national ou du moins régional, plus rationnel et plus efficace.

Cette nouvelle vision, fort prometteuse mérite d'être étudiée, dans le but de concevoir un système complet d'aide à la décision, dans le cas de l'affectation des véhicules aux clients de l'élaboration des tournées, du suivi de la flotte ainsi que d'autres ressources de manière plus générale.

Enfin nous espérons que ce travail modeste peut contribuer à montrer l'impact des méthodes de recherche opérationnelle et de statistique sur l'organisation et la gestion des entreprises, en suivant une politique de gestion appropriée permettant ainsi de réaliser des économies en temps et en argent.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1 - P.BONO
Aspects technico-économiques de la régénération des huiles usagées
ESSO Chemical research centre ABINGDON (1981)

- 2 - B.BOROLIOV
Statistique mathématique
Edition Mir (1987)

- 3 - A.BOUZIT & M.GHOMARI
Etude d'un problème de dispatching des produits pétroliers légers
par camions-citernes compartimentés
Application au centre 168 -NAFTAL
projet de fin d'étude Génie.Industriel (1991)

- 4 - T.GUENDOUZI
Contribution à l'étude de la régénération des huiles moteurs usagées
Thèse de Magister Génie.Chimique (1990)

- 5 - B.L.GOLDEN & A.A.ASSAD
Vehicle routing : methods and studies
Elsevier sciences publishers,bv (1988)

- 6- I.F.P
La lubrification industriel Pollution par les huiles usagées (tome 2)
Institut Français du pétrole, p669-689, (1971)

- 7 - P.JAILLET
Stochastic routing problems
In proceeding of CISM advanced school on stochastics
and optimization springer-verlag, BERLIN (1986)

8 - P.JAILLET & A.ODONI

The probabilistic vehicle routing problem

Elsevier sciences publishers, bv, p293-318, (1988)

9 - M.ROSS

Initiation aux probabilités

Sheldon (1986)

10 - D.SAIDI & N.TOUATI

Analyse et adaptation d'une approche heuristique de résolution du problème combinant la détermination de la composition de la flotte et de l'élaboration des tournées de livraison

application à l'unité UPL01 ORLAC

Projet de fin d'étude Génie.Industriel, (1989)

11 - M.SAKAROVITCH

Optimisation combinatoire : méthodes mathématiques et algorithmiques

Paris, Herman, (1984)

12 - H.SARI,

Investigation des modèles à coûts unitaires dans le cas d'un système de distribution à dépôt unique et à plusieurs dépôts

Thèse de Magister Génie.Industriel (1990)

13 - W.STEWART & B.GOLDEN

Stochastic vehicle routing: a comprehensive approach

European journal of operations research 14 , N°3, p371-385, (1983)

14 - SONATRACH ,

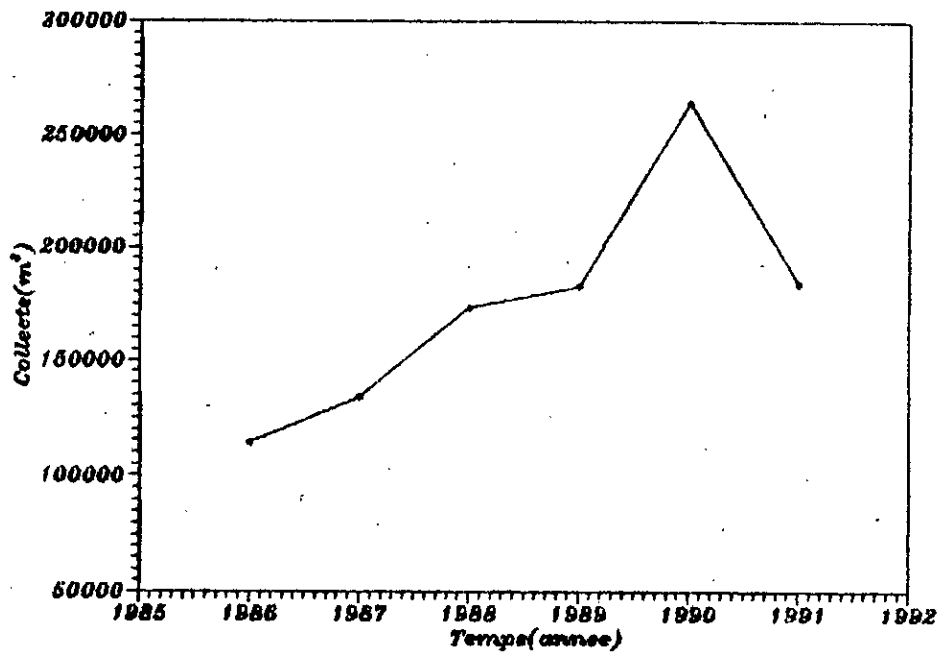
Catalogue des lubrifiants, (1981)

15 - M.SYSLO,

Discrete optimization algorithms with pascal programs

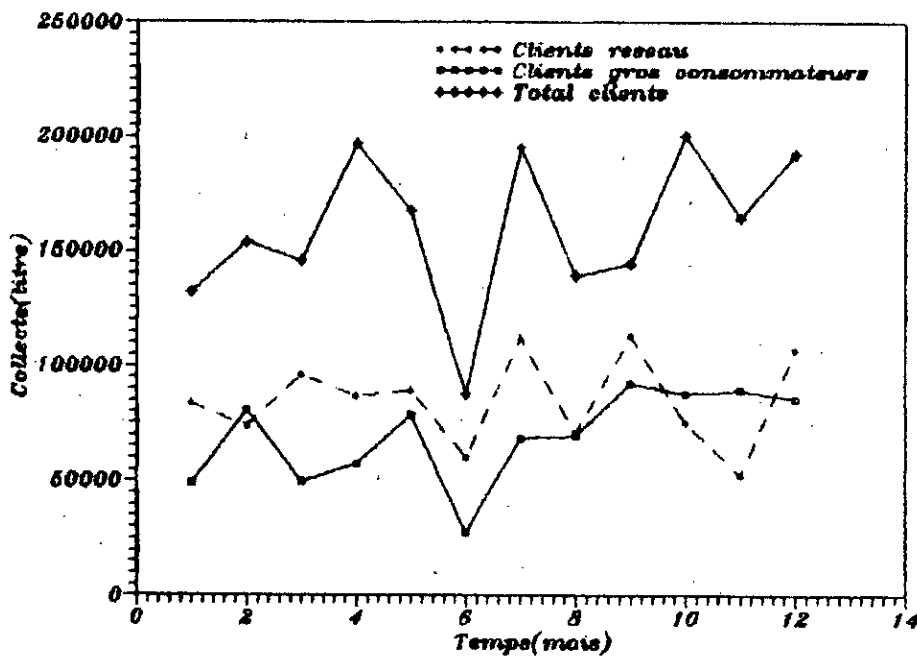
Englewood chaffis : prentice Hall (1983)

Annexe N° A



La baisse des quantités d'huiles usagées en 1991 s'explique par les perturbations qu'a vécu l'U.N.D. à cause des grèves.

FIG(1): Evolution de la collecte des huiles usagées à l'U.N.D. d'Alger



FIG(2): Evolution mensuelle des collectes totales en huiles usagées pour l'année 1991

Annexe N° 2Elimination des huiles usagées

Parmi les huiles usagées, on distingue les huiles collectables (récupérables) qui présentent certaines caractéristiques facilitant son traitement et pouvant donner le meilleur rendement, et les huiles non récupérables. Par conséquent, l'élimination des huiles usagées peut se concevoir selon deux grands moyens:

-la réutilisation

ou

-la destruction

Cependant, il y a lieu de distinguer dans la réutilisation des huiles usagées entre:

-le recyclage de l'huile usagée

-son utilisation en qualité de combustible de même que pour la destruction des huiles usagées, l'incinération et la décharge en constituant

ANNEXE N°3NOTIONS DE PROBABILITES ET DE STATISTIQUEA-Notions de probabilités:1-Variable aléatoire:1-1-Définition d'une variable aléatoire:

Les variables aléatoires sont les variables mesurées dans les expériences aléatoires. Ce sont des fonctions réelles définies sur l'ensemble fondamental. Il est par conséquent possible d'attribuer une probabilité aux différentes valeurs que peut prendre le variable aléatoire.

1-2-Variable aléatoire discrète et sa loi de probabilité:

Une variable ne pouvant prendre qu'une quantité dénombrable de valeurs est dite discrète. Pour une telle variable aléatoire X , on définit sa loi de probabilité par:

$$P(a) = \Pr\{X=a\}$$

ou on peut exprimer la fonction de répartition F d'une variable aléatoire discrète en fonction des valeurs prises par sa loi de probabilité P :

$$F(a) = \sum_{X \leq a} P(X)$$

1-3-Définition des lois de probabilités discrètes :1-3.a loi Binomiale négative (Pascal):

1- Une variable aléatoire X , est une variable de pascal de paramètres (n, p) si :

$$\Pr (X=k) = C_{n+k-1}^k p^n (1-p)^{1-k} ; k=0, 1, 2, \dots$$

2- La fonction caractéristique est :

$$\phi(t) = \left[\frac{p}{1-(1-p)e^{it}} \right]^n$$

Les moments

$$* E(X) = \frac{n(1-p)}{p}$$

$$* V(X) = \frac{n(1-p)}{p^2}$$

3- si n est naturel, la loi de pascal décrit le nombre d'épreuves de Bernoulli nécessaire pour obtenir la valeur 1 exactement n fois

1-3.b Loi géométrique :

Cette loi est un cas particulier de la loi de Pascal $r=1$. Elle décrit le nombre d'épreuves de Bernoulli nécessaires pour obtenir la valeur 1 exactement une fois.

On dit qu'une variable aléatoire X admet une loi géométrique de paramètre p ($0 < p < 1$) si:

$$F(k)=1-(1-p)^{k+1}$$

$$P(X=K)=p(1-p)^K \quad ; \quad K=0,1,2,\dots$$

1- Sa fonction de répartition est: $f(K)=1-(1-p)^{K+1}$

2- Sa fonction caractéristique est: $\phi(t)= \frac{p}{1-(1-p)e^{it}}$

3- Ses moments sont:

-moyenne: $E(X)= \frac{p}{1-p}$

-variance: $V(X)= \frac{p}{1-p^2}$

Cette loi est un cas particulier de la loi Pascal (binomiale négative). Elle décrit le nombre d'épreuve de Bernoulli nécessaire pour obtenir la valeur 1 exacte en une seule fois.

la loi géométrique est importante par sa propriété dite d'absence de postaction: pour tout $m, n > 0$

$$P(X=m+n / m \geq n) = P(x \geq n)$$

Applications possibles:

- * Nombre d'articles demandé d'un inventeur.
- * Nombre d'articles d'un lot de taille aléatoire.
- * Nombre d'articles inspectés avant d'avoir le premier article défectueux

1-4 Lois continues :1-4.a Loi Normale :

-Une variable aléatoire X est normale de paramètres m et σ si:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2} \left[\frac{x-m}{\sigma} \right]^2} ; x \in]-\infty, +\infty [$$

-La fonction caractéristique est donnée par:

$$\phi(t) = \text{Exp} \left\{ imt - \frac{t^2 \sigma^2}{2} \right\}$$

-Les moments: $E(X) = m;$
 $V(X) = \sigma^2;$

En posant: $t = \frac{X-m}{\sigma}$, cette loi se ramène à une loi de paramètres (0,1) dite loi normale centrée réduite.

La fonction de répartition de la loi normale est:

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{1}{2} t^2} dt$$

Theorème central limite :

Soit $\{ X_1, X_2, \dots, X_n \}$ une suite de variables aléatoires indépendantes et équidistribuées possédant une moyenne μ et une variance σ^2 finies.

Quand n tend vers l'infini, la variable aléatoire

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

est telle que, $y = \frac{X - \mu}{\sigma/\sqrt{n}} \quad N(0, 1)$

VERSION PLUS GENERALE DU THEOREME CENTRAL LIMITE:

(Théorème relatif à des variables aléatoires indépendantes seulement)

Soit X_1, X_2, \dots, X_n une suite de variables aléatoires indépendantes d'espérances μ_i et de variance σ_i^2 $i=1,2,\dots$ si:

a- Les variables X_i sont uniformément bornées, ce qui signifie qu'il existe un réel M tel que:

La variable aléatoire $y = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$ tend vers une loi normale de

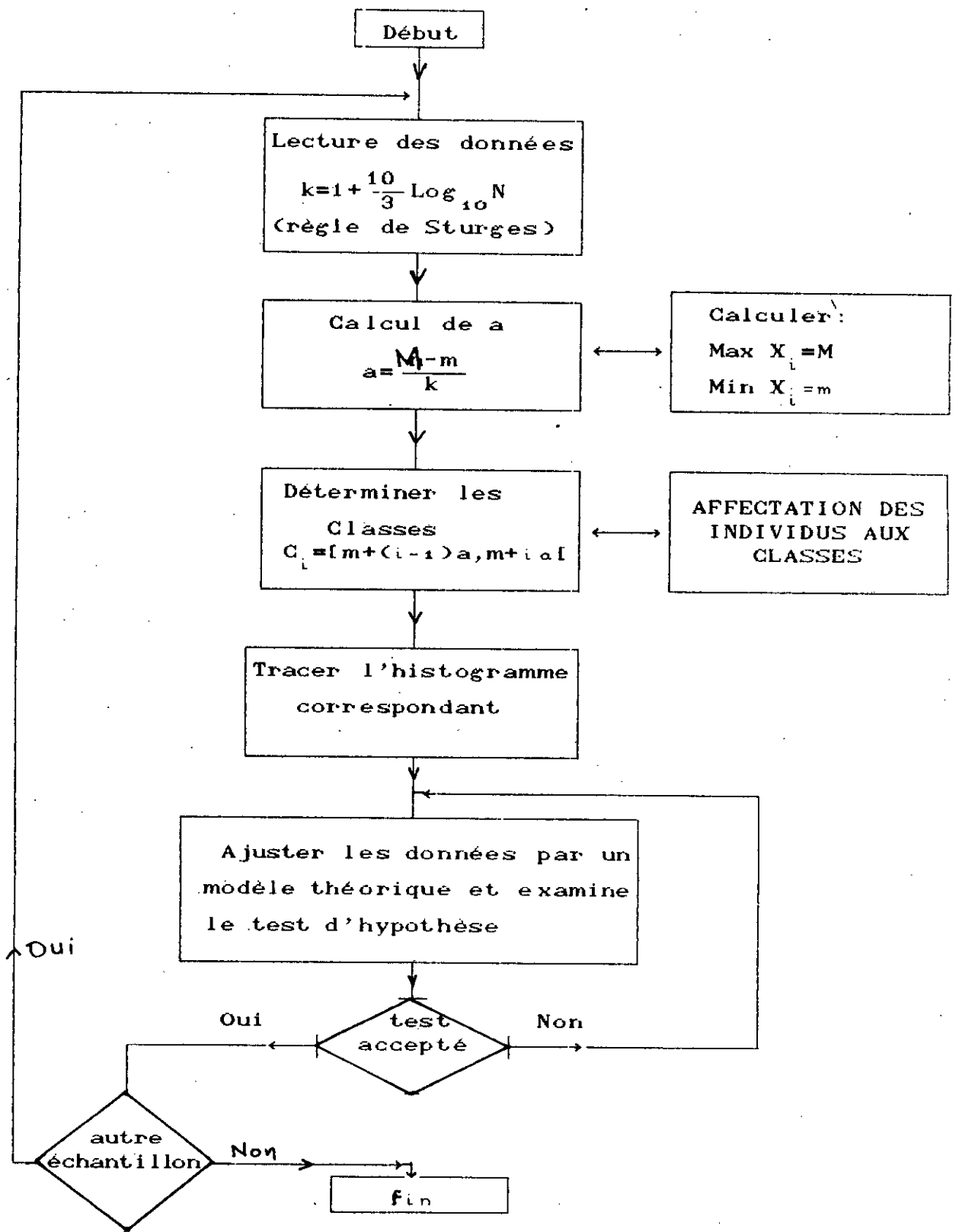
paramètres:

$$m = \sum_{i=1}^n \mu_i$$

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2$$

B- Notions de statistique:

On se contentera de donner l'organigramme général d'ajustement d'un échantillon de données statistiques par une loi de probabilité théorique.



Annexe N°4LISTE DES CLIENTS DE PLUS GRANDE FREQUENCE DE DEMANDE

Numero	Code	Localite	distance au depot(Km)
1	-	Alger.port	-
2	A1560	S/M'HAMED	5.710
3	A1732	ALGER-PORT	1.210
4	A2213	ALGER-CENTRE	3.853
5	A2847	EL BIAR	8.503
6	A3632	BELFORT	20.727
7	A4215	EL HARRACH	17.776
8	A4691	ALGER-CENTRE	4.116
9	A5831	S/M'HAMED	3.719
10	A5899	ALGER-PORT	1.477
11	A6277	HYDRA	9.397
12	A6382	EL-MADANIA	3.337
13	A6690	EL HARRACH	18.310
14	A7872	HYDRA	7.277
15	A8109	H-DEY	8.747
16	A8124	KOUBA	10.588
17	A8131	EL BIAR	6.698
18	A8157	EL MADANIA	2.041
19	A8260	B/EL OUED	7.791
20	A9994	E/ANASSER	6.239
21	A9995	D.E.B	36.544
22	A7532	MOHAMEDIA	21.455
23	B0325	KOUBA	10.041
24	B2317	H/DEY	6.487
25	B2404	E/ANASSER	3.475
26	B2449	S/M'HAMED	1.850
27	B2437	ALGER-CENTRE	3.470
28	B2500	E/MADANIA	3.603
29	B2829	B/ELOUED	9.452
30	B3860	EL BIAR	8.523
31	B5419	S/M'HAMED	2.360
32	B5658	BIRKHADEM	11.373
33	B5810	BIRKHADEM	12.297
34	B6137	B.E.O	4.349
35	B6154	S/M	0.591
36	B4672	B/MANDRAIS	4.976
37	B7346	MOHAMEDIA	21.143
38	B7538	S/M	2.256
39	B7605	ELBIAR	6.953
40	B7921	E/H	18.070

41	B8057	EL BIAR	7.799
42	B8476	KOUBA	10.073
43	B8851	ALGER-PORT	3.187
44	B9297	ALGER-CENTRE	1.325
45	B9373	H/DEY	10.010
46	B9375	BOLOGHINE	9.665
47	B9614	KOUBA	11.672
48	C1155	S/M	2.676
49	C2435	E/H	13.469
50	C2943	S/M	6.245
51	C3224	EL BIAR	5.017
52	C3422	H/DEY	9.478
53	C4298	H/DEY	7.166
54	C4667	E/H	19.041
55	C7201	EL BIAR	8.523
56	C8517	B.E.O	4.317
57	C8802	RAIS-HAMIDOU	23.253
58	C9794	B/KIFFAN	27.826
59	C4726	HYDRA	7.073
60	C5399	MOHAMEDIA	20.683
61	C2404	H/DEY	18.784
62	D0822	B/KHADEM	12.396
63	K2441	H/DEY	8.796
64	k2642	ALGER-CENTRE	3.519
65	K2651	E/H	18.164
66	K2652	BELFORT	20.586
67	K2662	BARAKI	26.916
68	K2664	H/D	9.128
69	K2667	PINS MARITIMES	23.274
70	L4586	EL BIAR	5.435
71	L4682	HYDRA	6.802
72	L9049	KOUBA	9.513
73	L9102	E/H	18.551
74	L9189	O/S	17.199
75	L9193	E/H	18.925
76	L9348	EL BIAR	5.922
77	L9375	EL BIAR	5.483
78	L9837	HAMMAMET	20.864
79	L9855	BARAKI	26.268
80	L9971	B/KIFFAN	23.749

81	L9981	ALGER-CENTRE	4.176
82	L9986	EL BIAR	7.249
83	L6471	EUCALYPTUS	18.059
84	M6359	BOUZAREAH	15.976
85	M6474	EUCALYPTUS	15.436
86	M6484	O/S	22.447
87	M6513	H/D	10.491
88	M6524	B/KHADEM	7.725
89	M6632	EUCALYPTUS	16.537
90	M6635	B.E.O	8.888
91	M6636	B/KHADEM	14.520
92	M6646	GUE/CONSTANTINE	19.890
93	M6661	EUCALYPTUS	15.793
94	M6762	E/H	20.904
95	M6792	R/HAMIDOU	23.583
96	M6840	B/KIFFAN	20.668
97	M6856	BADJARRAH	15.342
98	M6858	DERGANA	30.062
99	M6908	B.E.O	7.898
100	P0102	BARAKI	19.173
101	P0127	B/EZZOUAR	23.864
102	P0168	AIN-NAADJA	15.187

Annexe n°5DESCRIPTION D'UNIFIT

UNIFIT est un logiciel en mode interactif qui permet d'adapter un échantillon de données collectées expérimentalement, à une loi de distribution théorique.

Son avantage est qu'il permet de trouver la meilleure représentation qui s'adapte à un cas en peu de temps. Chose qui est souvent négligée à cause du temps requis.

UNIFIT est capable d'adapter un échantillon à l'une des 13 distributions continues ou des 5 distributions discrètes suivantes:

-Les lois continues non négatives: Exponentielle, Gamma, Inverse-Gaussienne, lognormale, weibull, pearsoo type5 pearson type6.

Lois continues (univers non borné): Extrem value type A, Extrem Value type B, Logistic, Normale.

Lois continues (univers borné): Uniform, Beta. Lois discrètes: Binomiale, geometrique, binomiale négative, Poisson, Uniforme.

Les fonctions de UNIFIT sont regroupées en sept rubriques:

1°)-Operational characteristics.

2°)-Sample maintenance.

3°)-Description sample summaries.

- Histogram.

- Quantil summary and box plot.

- Independance plot.

4°)-Model specification

- Non negativ continuous models.

- Unbounced continuous models.

- Bounded continuous models.

- List specified models.

- Parameters confiance intervals.

5°)-Heuristics for the model choise.

- Frequency comparison

- Density/Histogram overplot

- Cumulative frequency comparison

- Q-Q plot

- p-p plot

- Relative discrepencies of probability plots.

- Model moment comparison

6°)-Testing hypothesis

- Chi-square goodness of fit test

- KOLMOGOROV-SMIRNOV goodness of fit test

- ANDERSON-DARLING goodness of fit test

- Model test comparison.

7°)-Characteristics of fitted distirbutions.

Annexe N°6

Enter Y to create a log file, or
press RETURN to continue :

Enter Y to check operational characteristics, or
press RETURN to read the first sample :
ROUTINE TO READ A DATA FILE :

THE DEFAULT PATH IS : C:\TREZ

Enter a new path, or
RETURN to accept the default path :

YOU MAY LIST THE FILES IN THE CURRENT DIRECTORY,
PATH : C:\TREZ

Enter a pattern for files to be included in the list, or
RETURN to select a file :

Enter the name of the file : c3422.dat

THE 64 OBSERVATIONS FROM THE DATA FILE APPEAR TO BE DISCRETE.

Enter C if you wish the data to be considered a continuous sample :

THE 64 OBSERVATIONS FROM THE DATA FILE APPEAR TO BE DISCRETE.

Enter C if you wish the data to be considered a continuous sample :

Enter a name for the sample
(25 characters or fewer) :
SUMMARY OF SAMPLE : C3422.DAT

THE OBSERVATIONS ARE INTEGER VALUED.

SAMPLE CHARACTERISTIC	VALUE
NUMBER OF OBSERVATIONS	64
MINIMUM OBSERVATION	0
MAXIMUM OBSERVATION	1600
MEAN	491.250
MEDIAN	400.000
VARIANCE	1.60913E+ 5
LEXIS RATIO (VAR./MEAN)	334.364
COEFFICIENT OF SKEWNESS	.44314
COEFFICIENT OF KURTOSIS	2.50208

Press RETURN to continue :

p Parameter confidence intervals

Model specification choice (D,L,P) : d

CHOICE OF DISCRETE DISTRIBUTION :

=====

enter	to select
B	Binomial
G	Geometric
N	Negative Binomial
P	Poisson
U	Uniform (discrete)

Discrete distribution choice (B,G,N,P,U) : g

MODEL 1 : GEOMETRIC DISTRIBUTION

PROBABILITY PARAMETER - no default

Enter K for known or E for estimate : e

2J

MODEL 1 : GEOMETRIC DISTRIBUTION

PROBABILITY PARAMETER 2.07361E- 3 M.L. ESTIMATE

Press RETURN to continue :

Enter Y to confirm termination request : x

CHOICE OF FUNCTIONAL GROUP :

=====

enter	in order to select
O	Operational characteristics
S	Sample maintenance
D	Descriptive sample summaries
M	Model specification
H	Heuristics for model choice
T	Testing hypotheses
C	Characteristics of a fitted distribution

Functional group choice (O,S,D,M,H,T,C) : t

CHOICE OF HYPOTHESIS TESTING ROUTINE :

=====

enter	in order to make
C	Chi-square goodness-of-fit test
M	Model test comparisons

Hypothesis testing routine choice (C,M) : c

Enter T if you want the tableau printed on your terminal or
N if not : n

RESULTS OF CHI-SQUARE GOODNESS-OF-FIT TEST WITH 7 INTERVALS.
THE FIRST EXTENDING THROUGH 400 AND
THEREAFTER WITH 200 X-VALUES PER INTERVAL.

THE MODEL IS DEFINED OVER THE RANGE FROM 0 THROUGH INFINITY.

THE CHI-SQUARE STATISTIC IS 10.5752.

WARNING : THE MODEL FREQUENCY WAS LESS THAN FIVE OVER THE
NUMBER OF OBSERVATIONS (7.81250E-2) IN 4 INTERVALS.

WITH DEGREES OF FREEDOM	THE THEORETICAL PROBABILITY OF EXCEEDING THE OBSERVED STATISTIC IS
5	6.04839E-2
6	1.02426E-1

* On prend : α (risque d'erreur) = 0,05 ~~(10%)~~ \Rightarrow $t_{(real)} = 6,048 \cdot 10^2 > 5,10^2$

Enter G to group existing intervals,
D to define new intervals, or
X to exit :

\Rightarrow on accepte le resultat.

Annexe N°7Resultats des ajustements statistiques
de la demande en huile usagée par client

client	loi de distribution de la demande	parametres de la loi		
		m	p	variance
1	-	-	-	-
2	GEOMETRIQUE	379	2.63E-3	1.56E+5
3	GEOMETRIQUE	153	6.50E-3	3.83E+4
4	GEOMETRIQUE	573	1.74E-3	1.48E+5
5	GEOMETRIQUE	576	1.73E-3	1.60E+5
6	GEOMETRIQUE	618	1.62E-3	1.98E+5
7	GEOMETRIQUE	182	5.46E-3	6.64E+4
8	GEOMETRIQUE	475	2.00E-3	1.75E+5
9	GEOMETRIQUE	463	2.15E-3	1.88E+5
10	GEOMETRIQUE	233	4.26E-3	1.13E+5
11	GEOMETRIQUE	202	4.94E-3	6.52E+4
12	GEOMETRIQUE	564	1.76E-3	3.02E+5
13	GEOMETRIQUE	284	3.51E-3	1.35E+5
14	GEOMETRIQUE	212	4.70E-3	6.02E+4
15	GEOMETRIQUE	141	7.02E-3	3.18E+4
16	GEOMETRIQUE	159	6.25E-3	5.20E+4
17	GEOMETRIQUE	544	1.83E-3	1.76E+5
18	GEOMETRIQUE	288	3.46E-3	1.13E+5
19	GEOMETRIQUE	291	3.42E-3	2.55E+5
20	GEOMETRIQUE	290	3.43E-3	1.45E+5
21	GEOMETRIQUE	301	3.30E-3	7.05E+5
22	GEOMETRIQUE	312	3.18E-3	9.85E+4
23	GEOMETRIQUE	125	7.93E-3	4.50E+4
24	GEOMETRIQUE	217	4.59E-3	7.88E+4
25	GEOMETRIQUE	268	3.71E-3	8.88E+4
26	GEOMETRIQUE	446	2.23E-3	4.41E+5
27	GEOMETRIQUE	377	2.64E-3	1.90E+5
28	GEOMETRIQUE	231	4.30E-3	6.66E+4
29	GEOMETRIQUE	338	2.16E-3	2.16E+5
30	GEOMETRIQUE	572	1.74E-3	1.76E+5
31	GEOMETRIQUE	152	6.55E-3	8.64E+4
32	GEOMETRIQUE	286	3.48E-3	8.15E+4
33	GEOMETRIQUE	180	5.40E-3	5.73E+4
34	GEOMETRIQUE	422	2.36E-3	2.57E+5
35	GEOMETRIQUE	112	8.77E-3	3.86E+4
36	GEOMETRIQUE	164	6.31E-3	2.49E+4
37	GEOMETRIQUE	139	7.15E-3	5.93E+4
38	GEOMETRIQUE	124	7.68E-3	1.68E+4
39	GEOMETRIQUE	428	2.32E-3	2.56E+5

40	GEOMETRIQUE	271	3.67E-3	8.94E+4
41	GEOMETRIQUE	303	3.29E-3	1.34E+5
42	GEOMETRIQUE	473	2.10E-3	1.28E+5
43	GEOMETRIQUE	281	3.54E-3	4.20E+4
44	GEOMETRIQUE	951	1.05E-3	2.67E+5
45	GEOMETRIQUE	201	4.01E-3	1.33E+5
46	GEOMETRIQUE	501	1.99E-3	5.75E+4
47	GEOMETRIQUE	417	2.39E-3	8.86E+4
48	GEOMETRIQUE	236	4.21E-3	8.38E+4
49	GEOMETRIQUE	486	2.05E-3	4.20E+5
50	GEOMETRIQUE	418	2.40E-3	1.67E+5
51	GEOMETRIQUE	519	1.94E-3	9.37E+4
52	GEOMETRIQUE	481	2.07E-3	1.61E+5
53	GEOMETRIQUE	230	4.32E-3	6.85E+4
54	GEOMETRIQUE	564	1.77E-3	1.30E+6
55	GEOMETRIQUE	502	1.99E-3	1.53E+5
56	GEOMETRIQUE	332	3.01E-3	9.95E+4
57	GEOMETRIQUE	274	3.64E-3	7.42E+4
58	GEOMETRIQUE	310	3.21E-3	1.30E+5
59	GEOMETRIQUE	115	8.64E-3	1.32E+4
60	GEOMETRIQUE	113	8.70E-3	1.30E+4
61	GEOMETRIQUE	112	8.82E-3	1.27E+4
62	GEOMETRIQUE	921	1.97E-3	1.27E+5
63	GEOMETRIQUE	2163	0.46E-3	3.81E+6
64	GEOMETRIQUE	4485	0.44E-3	2.85E+6
65	GEOMETRIQUE	625	1.59E-3	1.41E+6
66	GEOMETRIQUE	391	2.55E-3	1.51E+5
67	GEOMETRIQUE	675	1.48E-3	1.32E+5
68	GEOMETRIQUE	867	1.15E-3	1.56E+6
69	GEOMETRIQUE	833	1.69E-3	5.39E+5
70	GEOMETRIQUE	232	4.30E-3	6.32E+4
71	GEOMETRIQUE	428	2.33E-3	1.07E+5
72	GEOMETRIQUE	396	2.51E-3	1.40E+5
73	GEOMETRIQUE	236	4.20E-3	8.67E+4
74	GEOMETRIQUE	681	1.50E-3	6.40E+5
75	GEOMETRIQUE	188	5.28E-3	9.37E+4
76	GEOMETRIQUE	277	3.6E-3	7.81E+4
77	GEOMETRIQUE	600	1.66E-3	2.12E+5
78	GEOMETRIQUE	336	2.96E-3	4.96E+4
79	GEOMETRIQUE	124	8.03E-3	5.51E+4

80	GEOMETRIQUE	485	2.05E-3	2.95E+5
81	GEOMETRIQUE	179	5.56E-3	4.98E+4
82	GEOMETRIQUE	559	1.78E-3	1.37E+5
83	GEOMETRIQUE	499	2.00E-3	2.49E+5
84	GEOMETRIQUE	666	1.49E-3	5.20E+5
85	GEOMETRIQUE	603	1.65E-3	6.67E+5
86	GEOMETRIQUE	417	2.38E-3	8.87E+5
87	GEOMETRIQUE	473	2.10E-3	6.01E+5
88	GEOMETRIQUE	1551	0.64E-3	3.59E+6
89	GEOMETRIQUE	301	3.30E-3	1.55E+5
90	GEOMETRIQUE	156	6.36E-3	8.39E+4
91	GEOMETRIQUE	245	4.06E-3	1.71E+5
92	GEOMETRIQUE	778	1.28E-3	1.04E+6
93	GEOMETRIQUE	344	2.01E-3	2.97E+5
94	GEOMETRIQUE	119	1.31E-3	4.64E+4
95	GEOMETRIQUE	294	3.39E-3	2.39E+5
96	GEOMETRIQUE	650	1.53E-3	2.78E+5
97	GEOMETRIQUE	193	5.15E-3	1.77E+5
98	GEOMETRIQUE	144	6.87E-3	5.45E+4
99	GEOMETRIQUE	277	3.60E-3	4.57E+4
100	GEOMETRIQUE	167	5.96E-3	7.06E+4
101	GEOMETRIQUE	129	7.71E-3	7.14E+4
102	GEOMETRIQUE	200	4.97E-3	8.61E+4

Annexe N°8

Coordonnées des clients et du dépôt

Client	abscisse(Km)	ordonnée(Km)
1	0	0
2	-0.290	0.650
3	0.280	0.420
4	0.670	1.460
5	0.895	3.430
6	-7.540	4.220
7	-6.510	3.540
8	1.040	1.365
9	-1.430	-0.600
10	0.510	0.345
11	2.770	2.770
12	-0.495	1.300
13	-6.620	3.800
14	2.150	2.140
15	-3.100	1.920
16	-3.040	3.200
17	0.880	2.650
18	-0.800	0.290
19	3.030	1.170
20	-2.350	-1.115
21	-14.700	4.000
22	-8.000	4.000
23	-2.960	2.960
24	-2.250	1.500
25	-1.340	-0.550
26	-0.770	0.050
27	0.520	1.350
28	-1.500	0.080
29	0.050	3.940
30	0.850	3.450
31	-0.890	-0.420
32	2.200	4.200
33	1.800	4.800
34	1.385	1.170
35	0.215	0.120
36	-1.600	1.320
37	-8.000	3.700
38	-0.940	0.030
39	0.750	2.800
40	-6.660	3.520

Annexe N°8 (suite)

Client	abscisse	ordonnée
41	3.100	0.980
42	-2.320	3.500
43	1.320	0.150
44	0.005	0.550
45	-3.260	2.600
46	3.860	1.155
47	-3.160	3.700
48	-1.110	-0.110
49	-4.040	3.900
50	-2.420	-0.960
51	0.220	2.080
52	-3.060	2.500
53	-2.510	1.620
54	-6.620	4.380
55	0.850	3.450
56	1.380	1.155
57	7.100	-6.600
58	-11.500	1.520
59	2.090	2.080
60	-7.690	3.900
61	-6.720	4.020
62	1.000	5.300
63	-3.160	1.860
64	0.280	1.440
65	-2.260	4.260
66	-5.100	4.870
67	-5.100	4.870
68	-3.320	1.860
69	-9.240	2.960
70	0.400	2.230
71	2.000	2.010
72	-2.200	3.300
73	-6.780	3.720
74	-5.500	4.600
75	-6.800	4.000
76	0.580	2.400
77	1.300	1.880
78	6.200	-6.100
79	-4.470	5.100
80	-11.000	1.830

Annexe N°8(suite)

Client	abscisse	ordonnée
81	0.525	1.660
82	0.850	2.900
83	-5.800	4.800
84	-5.000	-4.400
85	-4.500	4.600
86	-7.960	-4.920
87	-3.820	2.130
88	-1.400	2.900
89	-5.240	4.480
90	3.250	1.780
91	-0.800	6.000
92	-1.000	4.000
93	-5.020	4.260
94	-6.000	6.320
95	-6.800	7.100
96	-8.000	3.200
97	-5.100	3.860
98	14.900	-2.000
99	2.710	1.870
100	-3.630	5.180
101	11.600	2.500
102	-2.420	3.860

Annexe N°9

Donnees relatives aux distances euclidiennes

0
1 0.504
2 1.328 1.075
3 4.029 3.655 2.732
4 0.246 0.307 1.105 3.789
5 1.391 1.173 2.148 4.357 1.377
6 1.446 0.960 1.442 3.347 1.267 1.016
7 1.741 1.264 1.706 3.373 1.571 1.081 0.310
8 2.855 2.342 1.980 2.047 2.599 2.594 1.620 1.516
9 3.033 2.541 2.156 1.973 2.797 2.775 1.811 1.694 0.198
10 3.917 3.424 2.994 1.948 3.681 3.581 2.661 2.504 1.082 8.839
11 3.984 1.440 2.282 5.004 1.229 1.765 2.263 2.516 3.776 3.974 4.855
12 0.552 0.264 1.332 3.858 0.461 0.927 0.928 1.207 2.436 2.634 3.511 1.350
13 0.711 0.615 1.686 4.181 0.731 0.681 1.071 1.298 2.663 2.858 3.722 1.226 0.354
14 0.940 1.281 2.263 4.930 1.159 1.345 1.968 2.192 3.545 3.741 4.612 0.452 1.118 0.898
15 0.771 1.113 2.092 4.760 0.987 1.279 1.831 2.066 3.393 3.591 4.464 0.485 0.960 0.768 0.171
16 1.448 1.991 2.850 5.574 1.796 2.118 2.757 2.988 4.310 4.508 5.385 0.569 1.874 1.690 0.798 0.926
17 1.550 2.084 3.146 5.462 2.176 1.105 2.120 2.152 3.665 3.838 4.604 1.879 1.820 1.471 1.517 1.517 1.927
18 2.074 1.088 2.125 4.739 1.029 1.055 1.693 1.906 3.286 3.482 4.347 0.715 0.889 0.624 0.241 0.241 1.090 1.304
19 0.850 1.812 2.821 5.467 1.715 1.581 2.386 2.568 3.997 4.191 5.046 0.788 1.619 1.337 0.730 0.730 0.683 1.244 0.730
20 1.502 0.505 1.328 4.029 0.246 1.391 1.447 1.741 2.835 3.033 3.917 0.984 0.522 0.711 0.771 0.771 1.550 2.074 0.850 1.502

Annexe N°11

Donnees relatives au temps de service

a. Temps de chargement:

T(Mn)	d(litres)
15	200
18	400
19	500
20	1000
16	200
22	1200
18	600
19	800
17	700
30	2000

b. Temps de dechargement:

t(Mn)	d(litres)
17	5500
20	6000
30	7000
13	2000
15	4900
18	5800
30	9000
40	11000
32	7700
16	5200

Annexe N°12:Problème test N°2:

- Journées du: 07/01/1992 au 19/01/1992
- Type de véhicule: E737 (12t)
- Longueur totale: 636.170 Km
- Coût total: 9757.34 D.A
- Collecte totale: 78800 litres

Tournée N°1:

1--->3--->10--->43--->46--->78--->57--->95--->34--->90
--->29--->1

Longueur de tournée: 80.300 Km

Collecte totale : 8200

Tournée N°2:

1--->35--->12--->64--->27--->81--->13--->4--->8--->71--->59
--->14--->11--->1

Longueur de tournée: 67.470 Km

Collecte totale : 10200 litres

Tournée N°3:

1--->76--->39--->70--->51--->17--->77--->82--->55--->30--->5
--->84--->1

Longueur de tournée: 91.900 Km

Collecte totale : 11800 litres

Tournée N°4:

1--->31--->44--->2--->32--->26--->20--->50--->8--->9--->1

Longueur de tournée: 46.500 Km

Collecte totale : 7000 litres

Tournées N°5:

1--->40--->73--->13--->49--->22--->93--->89--->75--->61--->

69--->1

Longueur de tournée: 78.45 Km

Collecte totale : 9300

Tournée N°6:

1--->18--->28--->47--->16--->23--->36--->33--->32--->62--->

88--->67--->1

Longueur de tournée: 58.40 Km

Collecte totale : 12000 litres

Tournée N°7:

1--->80--->58--->98--->21--->74--->83--->66--->6--->37--->62

--->88--->1

Longueur de tournée: 90.800 D.A

Collecte totale : 12000 litres

Tournée N°8:

1--->63--->54--->67--->92--->79--->97--->72--->83--->42--->1

Longueur de tournée: 69.700Km

Collecte totale : 12000 litres

Tournée N°9:

1--->24--->53--->94--->15--->87--->52--->45--->63--->25--->1

Longueur de tournée: 58.540 Km

Collecte totale : 8300 litres

Problème test N°3:

-Journées du: 15/03/1992 au 25/03/1992

-Type de véhicule: E804 (7t)

-Longueur totale: 689.410 Km

-Coût total: 9367.67 D.A

-Collecte totale: 55800 litres

Tournée N°1:1--->3--->10--->43--->46--->78--->57--->95--->56--->34--->90
--->29--->1

Longueur de tournée: 112.350 Km

Collecte totale : 6800 litres

Tournée N°2:1--->12--->64--->27--->81--->4--->8--->71--->59--->14--->11--->
11--->20--->1

Longueur de tournée: 85.030 Km

Collecte totale : 6800 litres

Tournée N°3:

1--->39--->70--->51--->17--->77--->82--->55--->30--->5--->1

Longueur de tournée: 56.890 Km

Collecte totale : 4600 litres

Tournée N°4:

1--->44--->2--->38--->25--->20--->50--->9--->12--->1

Longueur de tournée: 50.460

Collecte totale : 6400 litres

Tournée N°5:

1--->47--->16--->23--->48--->36--->33--->32--->62--->88--->

86--->62--->1

Longueur de tournée: 61.37 Km

Collecte totale : 6800 litres

Tournée N°6:

1--->17--->73--->13--->49--->7--->60--->93--->89--->75--->61

--->85--->1

Longueur de tournée: 59.270 Km

Collecte totale : 5900 litres

Tournée N°7:

1--->80--->58--->96--->98--->21--->74--->83--->66--->86--->

92--->1

Longueur de tournée: 93.182 Km

Collecte totale : 6900 litres

Tournée N°8:

1--->63--->54--->67--->79--->92--->28--->97--->72--->38--->87

--->68--->1

Longueur de tournée: 87.527 Km

Collecte totale : 5800 litres

Tournée N°9:

1--->24--->53--->15--->87--->52--->25--->1

Longueur de tournée: 83.330 Km

Collecte totale : 5600 litres

Problème test N°4

-Journées du: 05/05/1992 au 13/05/1992

-Type de véhicule: E737 (12t)

-Longueur totale: 574.610 Km

-Coût total: 9562.79 D.A

-Collecte totale: 79300 litres

Tournée N°1:1--->3--->10--->43--->46--->78--->57--->95--->56--->34--->90
--->19--->29--->1

Longueur de tournée: 112.10 Km

Collecte totale : 8500 litres

Tournée N°2:1--->12--->64--->27--->81--->4--->8--->71--->59--->14--->14
--->11--->18--->1

Longueur de tournée: 42.408 Km

Collecte totale : 9200 litres

Tournée N°3:1--->76--->39--->70--->51--->17--->77--->82--->55--->30--->5
--->84--->1

Longueur de tournée: 45.550 Km

Collecte totale : 9600 litres

Tournée N°4:

1--->31--->44--->2--->38--->26--->48--->50--->46--->9--->1

Longueur de tournée: 68.620 Km

Collecte totale : 9800 litres

Tournée N°5:

1--->18--->28--->47--->16--->23--->36--->33--->32--->62

--->88--->1

Longueur de tournée: 52.550 Km

Collecte totale : 7400 litres

Tournée N°6:

1--->64--->73--->13--->49--->7--->60--->22--->93--->89--->75

--->61--->85--->1

Longueur de tournée: 53.820 Km

Collecte totale : 7000 litres

Tournée N°7:

1--->68--->80--->58--->96--->21--->74--->66--->6--->37--->93

93--->89--->75--->61--->85--->1

Longueur de tournée: 97.619 Km

Collecte totale : 8500 litres

Tournée N°8:

1--->63--->54--->67--->79--->92--->97--->72--->83--->42--->1

Longueur de tournée: 58.770 Km
Collecte totale : 9600 litres

Tournée N°9:

1--->24--->53--->15--->87--->52--->45--->25--->1

Longueur de tournée: 43.200 Km
Collecte totale : 9700 litres

Problème test N°5:

- Journées du: 20/06/1992 au 30/06/1992
- Type de véhicule: E804 (7t)
- Longueur totale: 570.320 Km
- Coût total: 9063.98 D.A
- Collecte totale: 52300 litres

Tournée N°1:

1--->3--->10--->43--->46--->78--->57--->95--->56--->34--->
90--->19--->29--->1

Longueur de tournée: 104.250 Km
Collecte totale : 6000 litres

Tournée N°2:

1--->12--->64--->27--->81--->4--->8--->71--->14--->11--->
95--->1

Longueur de tournée: 74.270 Km
Collecte totale : 5000 litres

Tournée N°3:

1--->76--->39--->70--->51--->17--->77--->82--->55--->30--->
5--->8--->1

Longueur de tournée: 78.500 Km

Collecte totale : 5700 litres

Tournée N°4:

1--->44--->2--->38--->25--->20--->50--->48--->9--->1

Longueur de tournée: 85.315 Km

Collecte totale : 4800 litres

Tournée N°5:

1--->18--->28--->47--->16--->23--->13--->36--->33--->32--->62
--->88--->89--->1

Longueur de tournée: 60.325 Km

Collecte totale : 6800 litres

Tournée N°6:

1--->21--->64--->73--->13--->49--->7--->60--->15--->93--->89
--->75--->61--->1

Longueur de tournée: 66.320 Km

Collecte totale : 5900 litres

Tournée N°7:

1--->68--->80--->58--->96--->98--->21--->74--->83--->66--->
6--->37--->86--->1

Longueur de tournée: 89.750 Km
Collecte totale : 5200 litres

Tournée N°8:

1--->63--->54--->67--->92--->79--->97--->72--->88--->42--->
95--->100--->1

Tournée N°9:

1--->24--->53--->18--->15--->87--->52--->45--->10--->83--->
25--->1

Longueur de tournée: 67.850 Km
Collecte totale : 6500 litres

