

وزارة التعليم العالي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

29

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE INDUSTRIEL

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

APPROCHE DE RESOLUTION HEURISTIQUE D'UN
PROBLEME D'AFFECTATION DE VEHICULES
DANS UN RESEAU DE DISTRIBUTION
APPLICATION A L'UCA DE DIPROCHIM

Proposé par :
DIPROCHIM
UCA

Etudié par :
F.OURARI
S.OURARI

Dirigé par :
Dr.S.SALHI

PROMOTION : JUIN 1990

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT : GENIE INDUSTRIEL

PROMOTEUR : Dr S. SALHI

ELEVES INGENIEURS : Melle S. OURARI
Melle F. OURARI

ملخص:

في خضم مشروع نهاية الدراسة، درسنا مشكل الإلحاق الأمثل للعربات وذلك لدى الوحدة التجارية لديبروشيم. في هذا الضمار، تم عرض ثم مناقشة تشكيلة على نمط برنامج خطي بالأعداد الطبيعية. وسعنا مقاربة هورتيبيكية لتحسين حل مسبق، مكثنا بعد تقييم على جملة من المسائل الإمتحانية من تطبيق في وحدة ديبروشيم. أما النتائج المتحصل عليها فبَدَت مقبولة.

Résumé

Dans le présent projet de fin d'étude, un problème d'afféctation optimale des vehicules est étudié pour le cas de l'unité commerciale d'Alger de DIPROCHIM. Une formulation sous forme d'un problème linéaire en nombres entiers a été exposée puis discutée. Une approche heuristique basée sur le raffinement d'une solution déterminée au préalable a été développée, elle a permis, après avoir été évaluée sur une série de problèmes tests, de l'appliquer à un cas pratique de l'UCA de DIPROCHIM. Les résultats se sont révélés acceptables.

Abstract

The aim of the project is to determine an optimal assignment of vehicles for each of distribution centers of DIPROCHIM Algeria Company.

An integer linear programming formulation of the problem is given and discussed.

A heuristic procedure based on refining solutions initially found is developed and evaluated on a set of test problems. Case study based on real data provided by DIPROCHIM Company is carried out and results are found acceptable.

DEDICACES

A nos parents
A nos frères et soeurs
A tous nos amis

REMERCIEMENTS

Qu'il nous soit permis de remercier profondément et sincèrement, tous ceux qui, de près ou de loin, nous ont aidé à l'élaboration du présent mémoire de fin d'études en particulier

Notre promoteur, Dr SALHI qui a accepté de diriger ce travail. Nous le remercions pour ses précieux conseils qui nous ont permis de mener ce travail jusqu'à son terme.

Mr BENZADI, responsable du service transport pour l'assistance sans réserve qu'il nous a accordé, ainsi que l'ensemble des cadres de l'unité.

Mr SARI, responsable du centre de calcul, pour son dévouement et sa présence permanente auprès de nous.

Nous ne saurons oublier parents et amis pour leur aide et leur soutien.

S O M M A I R E

INTRODUCTION	5
CHAPITRE 1 :DIAGNOSTIC DE L'ENTREPRISE ET POSITION DU PROBLEME	6
1.1 - Présentation de l'entreprise	7
1.1.1 - Unités de production	
1.1.2 - Gammes de produits	
1.2 - Reseau de distribution	8
1.2.1 - Service transport	9
1.2.2 - Unité commerciale d'alger	10
1.3 - Position du problème	13
CHAPITRE 2 :FORMULATION ET METHODOLOGIE	14
2.1 - Introduction	
2.2 - Formulation du problème	15
2.3 - Méthodologie	18
2.3.1 - Approches basées sur la formulation en programmation mathématique	
2.3.1.1 - Programmation linéaire en nombres entiers	
2.3.1.2 - Programmation linéaire en nombres continus	
2.3.2 - Approche heuristique	20
2.3.2.1 - Approche basée sur le raffinement d'une solution obtenue par	21
2.3.2.2 - Approche basée sur le raffinement d'une solution obtenue par la PL	24
2.3.2.3 - Méthode heuristique	25

CHAPITRE 3 : EXEMPLE ILLUSTRATIF ET PROBLEMES TESTS	35
3.1 - Introduction	
3.2 - Exemple illustratif	
3.3 - Problemes tests	43
3.3.1 Génération des problèmes	44
3.3.2 Résultats et interpretations	45
CHAPITRE 4 : APPLICATION AU CAS REEL	50
4.1 - Introduction	
4.2 - Collecte des donnees	
4.1.1 - Collécte des données relatives a la flotte compte propre	
4.1.2 - Collécte des données relatives aux points de vente	56
4.1.3 - Collécte des données relatives a la flotte compte autrui	61
4.3 Application	63
CHAPITRE : 5 CONCLUSION ET SUGGESTIONS	68

I N T R O D U C T I O N

La distribution dans plusieurs entreprises a constitué une fonction fort coûteuse. En fait le transport de marchandises n'apporte rien à la qualité des produits transportés, il est toutefois l'un des éléments qui déterminent la valeur de ces produits, puisqu'aucune richesse naturelle ne peut être exploitée sans être transportée du lieu de sa production au lieu de sa consommation.

Le ralentissement actuel de la croissance conduit à des difficultés de financement qui limitent les possibilités de réalisation d'infrastructures nouvelles, et donnent la priorité à la meilleure utilisation possible des moyens disponibles, c'est à dire aux méthodes et procédures qui permettent de réduire les dépenses.

C'est dans ce contexte, et à partir d'un exemple concret de l'unité commerciale d'Alger, rattachée à l'entreprise DIPROCHIM, que nous nous proposons de déterminer un modèle d'affectation optimal des véhicules composants la flotte de l'unité, de manière à minimiser le coût total de distribution. Et pour atteindre notre objectif, nous suivrons le plan de travail suivant :

En premier lieu, une présentation de l'entreprise DIPROCHIM suivie d'une définition de la problématique se fera dans le chapitre 1.

Le chapitre 2 sera consacré à la formulation mathématique du problème qui se présente comme un problème linéaire en nombres entiers, et une description de l'approche utilisée.

Un exemple illustrant les différentes étapes de la méthode utilisée, et une tentative d'évaluation de l'approche de résolution sur des problèmes tests, feront respectivement l'objet du chapitre 3.

Pour concrétiser l'apport de notre méthode, une application quantitative au cas DIPROCHIM, sera traitée dans le 4ème chapitre.

Enfin, nous terminerons avec une conclusion qui mettra en évidence les différents apports de notre travail suivie de quelques suggestions.

CHAPITRE 1

DIAGNOSTIC DE L'ENTREPRISE ET POSITION DU PROBLEME

1.1. PRESENTATION DE L'ENTREPRISE "DIPROCHIM"

Issue de la restructuration de la SNIC, l'entreprise nationale d'approvisionnement et de distribution des produits chimiques "DIPROCHIM" créée par décret n°86-76 du 8 avril 1986, et placée sous la tutelle du ministère des industries chimiques et pétrochimiques, est chargée dans le cadre du plan national de développement économique et social, de l'approvisionnement et de distribution des produits chimiques en vue de couvrir les besoins de l'économie nationale.

Les objectifs que l'entreprise s'est fixée sont les suivants :

- Assurer rationnellement la distribution des produits relevant de sa compétence, en tenant compte des impératifs du plan de développement économique et social;
- Sur la base de l'évolution du marché et des possibilités de ses fournisseurs, élaborer des plans annuels et pluriannuels de commercialisation en vue d'assurer la satisfaction des besoins nationaux en produits chimiques;
- Collaborer harmonieusement avec les structures, les entreprises et les organismes dont les activités sont liées aux produits chimiques;
- Participer au contrôle de la qualité des produits relevant de sa compétence;
- Promouvoir sa gamme de produits, en lançant des opérations publicitaires;
- Promouvoir l'exportation des produits chimiques conformément aux orientations fixées par le gouvernement en la matière;
- Procéder à la mise en place de nouvelles structures afin de renforcer et d'élargir son réseau de distribution.

1.1.1. UNITES DE PRODUCTION

DIPROCHIM a axé ses efforts sur la couverture des besoins sur le marché en matière de produits dont elle a la charge en relation étroite avec les unités de production qui sont au nombre de quinze (voir annexe 1).

- Six unités de production de peintures situées à :

Oran, Chéraga, Lakhdaria, Sig, Oued Smar, Souk-Ahras;

- Cinq unités de production de détergents localisées à :

Ain-Témouchent, Chelghoum-El-Aid, Réghaia, Rouiba, Sour-El-Ghozlane;

- Cinq unités de fabrication des produits d'entretien situées à :

El Aouinet, Hussein Dey, Lakhdaria, Saida.

1.1. 2 - GAMME DE PRODUITS

L'activité de DIPROCHIM porte notamment sur la régulation et la distribution d'une gamme étendue de produits locaux et importés tels que :

- Les peintures

La gamme de produits peinture est utilisée dans presque la totalité des secteurs d'activité économique.

Elle diffère de part la nature des supports (métal, bois, ciment, plâtre...) et les particularités spécifiques du revêtement désiré.

Elle se présente sous la forme d'emballage métallique, avec différents conditionnements.

- Les détergents et les produits d'entretien :

A la différence des peintures, les produits détergents et d'entretien n'ont pas un caractère industriel, ils sont utilisés dans leur totalité à des fins de consommation directe.

Ils diffèrent de part leur utilisation, se présentant sous la forme de cartons ou de bouteilles en plastiques, avec une capacité variable.

- Produits importés :

Ce sont des produits chimiques de base, provenant essentiellement de l'importation (colorants, pigments, huiles essentiels, ...) et destinés au secteur privé industriel national.

1.2 - RESEAU DE DISTRIBUTION

Pour atteindre ses objectifs et accomplir la mission qui lui est dévolue, l'entreprise "DIPROCHIM" est dotée d'une infrastructure extrêmement importante qui en fait un des réseaux de distribution le plus vaste, lui permettant de couvrir la quasitotalité du territoire.

Ce réseau de distribution est basé sur une structure régionalisée "l'unité économique et commerciale" et ses points de vente. L'entreprise "DIPROCHIM" distribue ses produits par le biais d'unités commerciales qui gèrent des centres de distribution. Actuellement les unités économiques et commerciales sont au nombre de cinq dont les sièges sont situés à :

Alger, Boumerdès, Oran, Constantine, Sétif.

Leurs attributions sont nombreuses:

- Couvrir l'ensemble des besoins de la zone;
- Réalisation des objectifs annuels des ventes;
- Utilisation rationnelle des moyens humains, matériels et financiers;
- Gestion des points de vente;
- Programmation et contrôle;
- L'approvisionnement;
- Le transport.

Le réseau de distribution s'articule sur quatre vingts (80) points de vente, répartis sur la totalité des Wilayates (voir annexe 2).

1.2.1. - SERVICE TRANSPORT

DIPROCHIM étant une entreprise de vocation commerciale, sa mission principale est de couvrir les besoins sur le marché national en matière de produits dont elle a la charge et de veiller à la disponibilité des produits de l'entreprise dans l'ensemble des points de vente au moment opportun, d'où l'importance du service transport dont la mission essentielle est d'assurer l'utilisation optimale, par les unités économiques de commercialisation, des capacités propres à l'entreprise.

Les attributions du service transport sont :

- Exécuter le programme d'approvisionnement des points de vente pour les quantités budgétaires et dans les délais;
- Veiller à utiliser les moyens disponibles de manière rationnelle et au moindre coût;
- Faire exécuter et contrôler hebdomadairement le programme confié au tiers;
- Contrôler et ordonnancer les factures tiers;
- Suivre les litiges avec tiers et les remboursements qui en découlent (avaries);
- Faire respecter les normes de chargement et de déchargement (quantités et délais);
- Etablir les ordres de mission et feuilles de route des chauffeurs et vérifier le bien fondé des notes de frais de mission;
- Prendre toutes les mesures pour assurer correctement la maintenance des véhicules et leur entretien périodique;
- Préparer les éléments de l'organisation et du développement des structures de maintenance permettant d'optimiser les performances des moyens de distribution;
- Veiller à la conservation du patrimoine mis à sa disposition (véhicules, magasin de pièces de rechange).

1.2.2. - UNITE COMMERCIALE D'ALGER

Le réseau de distribution de l'entreprise "DIPROCHIM" est très vaste, cinq unités commerciales intégrant un grand nombre de points de vente, répartis dans tout le territoire national.

Dans notre étude, on s'intéresse à une seule unité commerciale située à Alger, qui gère dix huit points de vente, un centre régulateur, dans une zone spécifique (voir annexe 2).

Les unités de production sont au nombre de huit.

- Cinq unités de production de peinture;
- Deux unités de production de produits d'entretien;
- Une unité de production de détergents.

Les points de vente qui sont à la charge de l'unité commerciale d'Alger, s'approvisionnent au niveau des huit unités de production et de trois centres régulateurs;

- Centre régulateur de l'unité commerciale d'Alger situé à Laghouat;
- Centre régulateur de l'unité commerciale de Sétif situé à Sidi-Aïssa;
- Centre régulateur de l'unité commerciale de Boumèrdès situé à Réghaïa.

a - Moyens de l'unité commerciale d'Alger

L'unité commerciale d'Alger dispose de quarante et un véhicules pour une charge utile de 393 tonnes (voir annexe 3 ; la composition en nombre et en type de la flotte).

Le taux de participation du parc dans le tonnage global est d'environ 60%.

L'utilisation du parc de l'unité est entravée par, les déplacements à vide, les problèmes relatifs au manque de pièces détachées, la saturation de la circulation dans les zones urbaines et les réglementations contraignantes (au niveau des ports notamment).

b - Les affrètements

La flotte propre à l'unité s'était révélée insuffisante, l'unité s'est vue dans l'obligation de faire appel au tiers (SNTR) avec lequel elle traite par contrat annuel. L'intervention de la SNTR est aléatoire sur un double plan.

- Les demandes exprimées par l'unité ne sont satisfaites que partiellement par suite de disponibilité insuffisante en camions et lorsque les demandes sont satisfaites, elles le sont rarement dans les délais malgré toutes les dispositions préalables prises en matière de programmation.

- Le refus d'effectuer des transports sur certaines destinations, chargement insuffisant par les moyens SNTR particulièrement pour les détergents (par exemple, pour une charge utile de 20 tonnes, la charge réelle n'est que de 11 tonnes).

c - Organisation des enlèvements

Dans le souci de couvrir l'ensemble des besoins des Wilayates dont elle a la charge, l'unité doit veiller à la disponibilité des produits, dans l'ensemble des points de vente.

Signalons que les capacités déterminées pour les enlèvements aux centres régulateurs et aux points de vente sont figées sur les unités de production concernées et qu'en cas d'indisponibilité des produits, les véhicules sont orientés pour enlèvement d'autres produits vers les unités de production les plus rapprochées.

Les frais de mission des chauffeurs sont payés hebdomadairement au niveau du service transport ou au niveau du centre régulateur selon le cas.

Les enlèvements clients se font par leurs propres moyens.

Enlèvement détergents

Il existe trois sortes d'enlèvements (voir figure 1.1)

- 1 - Enlèvements clients au niveau des points de vente.
- 2 - Enlèvements clients au niveau des centre régulateurs.
- 3 - Dans ce cas, on fait intervenir un centre régulateur entre l'unité de production et le point de vente, les enlèvements clients se font au niveau des points de vente.

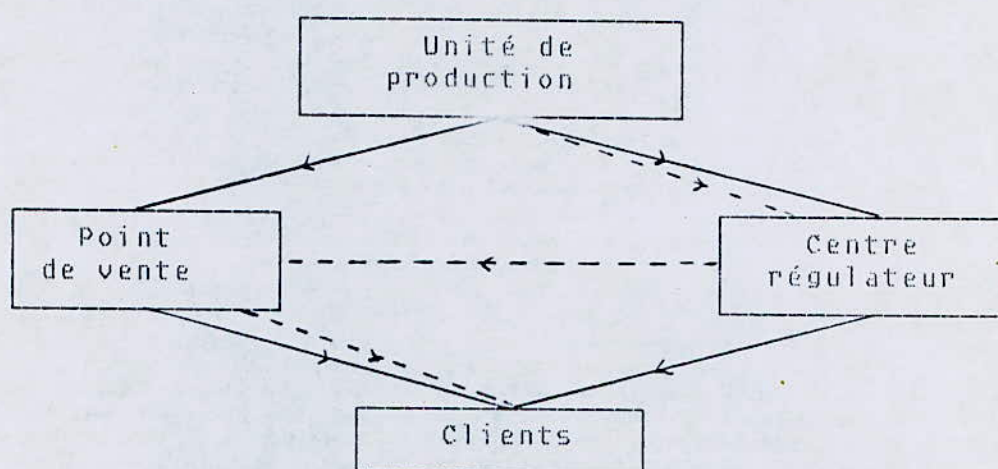
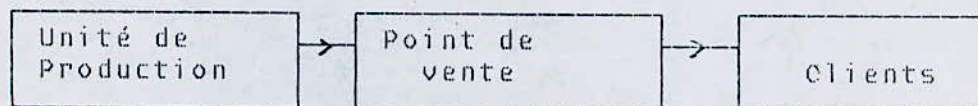


Figure 1.1

Enlèvement autres produits :

Il y a lieu de dispatcher les véhicules sur les points de vente et leurs préciser le nombre de rotations à effectuer à partir de chaque unité de production, les enlèvements clients se font au niveau des points de vente.



1.3 - POSITION DU PROBLEME

L'unité commerciale d'Alger gère un ensemble de points de vente dont on connaît la localisation ainsi que la demande pour chaque produit, la livraison de ces produits se fait à partir de huit unités de production et de trois centres régulateurs moyennant des véhicules de capacités variables.

Il s'agira pour nous de présenter une méthodologie d'approche aboutissant à l'élaboration d'un modèle d'affectation optimal des véhicules loués et ceux disponibles au sein de l'unité.

Nous déterminerons le nombre et le type de véhicules qu'il faut affecter à chaque point de vente, ainsi que les trajets que doit effectuer chaque véhicule, afin de minimiser les coûts, tout en tenant compte des catégories de véhicules disponibles dans la flotte et des coûts fixes et variables.

CHAPITRE 2

FORMULATION ET METHODOLOGIE

2.1 - INTRODUCTION

L'entreprise nationale DIPROCHIM étant chargée d'assurer la disponibilité de ses produits dans les différents points de vente, il s'agira pour nous de choisir l'affectation des moyens de transport de l'entreprise dans le réseau centre, qui minimise le coût de transport.

Afin de se fixer les idées, on représentera le système de distribution de l'entreprise par un ensemble de points représentant deux types d'entités ; les points de vente et les unités de production (voir fig 2.1).

On peut ainsi définir à partir de la fig. 2.1, un réseau (de distribution) dont les sommets sont les entités décrites ci-haut et les arêtes sont les tronçons de route qui les relient.

Le problème qui nous intéresse est d'élaborer un programme de transport qui puisse assurer la livraison des marchandises à des points géographiquement dispersés.

En fait il s'agit d'un problème d'optimisation tout en tenant compte de la localisation des points de vente et unités de production qui est connue, de la demande de chaque point de vente en produits chimiques, des catégories de véhicules disponibles dans la flotte, de la durée maximale d'une rotation, de la capacité réelle d'un véhicule qui ne peut être jamais dépassée et finalement des coûts fixes, coûts variables et coûts de location.

Ce problème est connu sous le nom de problème d'affectation, nous donnerons une formulation mathématique du problème et décrirons la méthode utilisée pour le résoudre.

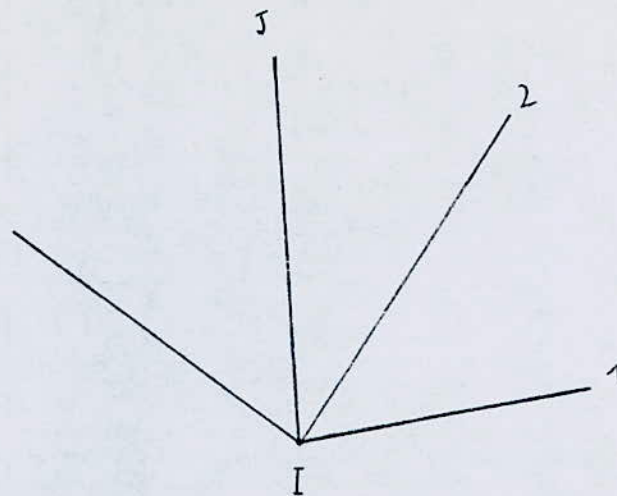


Fig. 2.1. Représentation d'un point de vente et ses unités de production.

I : désigne le point de vente ($I = 1, \dots, T$)

J : désigne l'unité de production ($J = 1, \dots, T_i$)

2.2. FORMULATION DU PROBLEME

Le modèle étudié est caractérisé par les propriétés suivantes :

- Le temps pour desservir un point de vente I à partir d'une unité de production J, est spécifié et estimé à l'avance;
- Nombre de points de vente : plusieurs;
- Type de parc de véhicules : hétérogène;
- Nature de la demande : déterministe;
- La distribution se fait sur des sommets (pas de tournées).
- L'opération transport consiste en un ramassage et une livraison.

Le problème s'énonce alors comme suit :

Fonction économique

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^{T_i} \sum_{k=1}^N F_k \cdot X_{ijk} + \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^{T_i} \sum_{k=1}^N (2 \cdot U_k \cdot R_{ijk} \cdot d_{ij} + U_{Mijk}) \cdot X_{ijk}$$

$$+ \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^{T_i} H_{ij} \cdot Y_{ij}$$

Sujet à

(P) $\sum_{k=1}^N X_{ijk} \cdot C_{kj} \cdot R_{ijk} + Y_{ij} \cdot C_{1j} \cdot R_{ij1} \geq Q_{ij} \quad (i = 1, \dots, T) \quad (1)$
 $(j = 1, \dots, T_i)$

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^{T_i} X_{ijk} \leq N_k \quad (k = 1, \dots, N) \quad (2)$$

$$X_{ijk} \in N \quad (i = 1, \dots, T) \quad (3)$$

$$(j = 1, \dots, T_i)$$

$$(k = 1, \dots, N)$$

$$Y_{ij} \in N \quad (i = 1, \dots, T) \quad (4)$$

$$(j = 1, \dots, T_i)$$

Dans ce modèle nous avons utilisé les notations suivantes:

T : Nombre de points de vente

T_i : Nombre d'unités de production qui approvisionnent le point de vente i (T_i max = 8)

N : Nombre de catégories de véhicules (N = 5)

N_k : Le nombre de véhicules de catégories K disponibles dans la flotte.

F_k : Coût fixe journalier d'acquisition du véhicule de Catégorie k

U_k : Coût kilométrique par Catégorie de véhicule

U_{Mijk}: Frais de mission journaliers par relation i, j et par Catégorie de véhicule k

H_{ij} : Coût de location journalier pour transférer le produit de j à i .
 d_{ij} : Distance séparant les points i et j
 R_{ijk} : Nombre de rotations, par jour, par catégorie de véhicule et par relation i, j
 C_{kj} : Capacité réelle maximale par produit et par Catégorie de véhicule.
 Q_{ij} : La demande journalière du point de vente i en produits de l'unité de production j

Variables de décision :

X_{ijk} : Nombre de véhicules de l'unité de Catégorie k partant du point de vente I vers l'unité de production J .
 Y_{ij} : Nombre de véhicules loués de type 1 (20 tonnes).

Fonction économique :

Elle désigne l'ensemble des coûts fixes (premier terme) coûts variables (2ème terme) et coûts de location (3ème terme).

Contraintes :

(1) Dénote que la demande de n'importe quel point de vente I pour les produits de J est satisfaite.

Dans (1) le premier terme représente le tonnage journalier enlevé de l'unité de production J pour approvisionner le point de vente I par les véhicules propres à l'unité et le deuxième terme spécifie le tonnage transféré par les véhicules loués.

(2) garantit que le nombre de véhicules propres compte ne peut dépasser le nombre composant la flotte de l'unité.

Il découle de la formulation que le nombre de variables est égal à

$$(N + 1) \sum_{i=1}^T T_i, \text{ soit } 726 \text{ variables;}$$

et le nombre de contraintes est évalué à

$$L = \sum_{i=1}^T T_i + N \text{ contraintes, soit } 121 \text{ contraintes.}$$

2.3. METHODOLOGIE

Tel qu'il a été formulé, le problème peut être résolu par plusieurs méthodes, nous exposerons deux procédures exactes de résolution basées sur la programmation linéaire, et deux autres approches heuristiques basées sur un réajustement d'une solution déterminée au préalable par une méthode exacte.

2.3.1. Approches basées sur la formulation en programmation mathématique

2.3.1.1. Programmation linéaire en nombres entiers

Le problème que nous nous proposons d'étudier est un problème comportant des variables qui doivent, par nature prendre nécessairement des valeurs entières, il s'agit en fait de chercher le nombre de camions de chaque Catégorie à affecter à chaque point de vente.

Le problème est un problème de programmation linéaire en nombres entiers, le logiciel disponible au laboratoire de calcul du département génie industriel qui permet la résolution de tel problème est le MILP (Mixed integer linear Programming).

Caractéristiques du logiciel MILP

C'est un logiciel qui permet de résoudre des programmes linéaires, dans lesquels les variables où une partie d'entre elles sont entières.

Pour la résolution, il applique la méthode révisée du simplexe pour déterminer la solution optimale continue, puis il la raffine en utilisant la procédure de "branch and bound" pour trouver la solutions optimale.

Il est vrai que l'utilisation du MILP conduit nécessairement à une solution optimale par une suite finie de calculs, seulement en pratique les facteurs qui peuvent limiter l'utilisation du logiciel sont :

-Nombres limites de variables et contraintes, en effet le MILP résoud seulement les problèmes ne contenant pas plus de 64 variables entières, 1225 variables continues et 225 contraintes.

-Facteurs temps : La résolution peut se révéler extrêmement longue quand la taille du problème est importante, car le temps d'exécution du calculateur utilisé augmente rapidement avec l'augmentation du nombre de contraintes.

Les limitations de ce logiciel en nombre de variables entières nous amènent à suggérer la résolution du problème en un problème de programmation linéaire en nombres continus.

2.3.1.2. Programmation linéaire en nombres continus :

Le problème (P) peut être résolu directement par les techniques standards de la programmation linéaire, seulement il est à noter que la structure spéciale de certains problèmes de tailles importantes de programmation linéaire peut permettre de déterminer la solution optimale par :

- Décomposer le problème en sous problèmes
- Résoudre les sous problèmes indépendamment

C'est la méthode de décomposition de Dantzig et Wolfe (voir [10] [11]).

Le principe de cette méthode consiste à partitionner l'ensemble des contraintes du problème en (p+1) sous problèmes de façon que p sous problèmes constituent des systèmes mutuellement indépendants, c'est à dire que chaque sous ensemble fait intervenir des inconnues différentes et le (p + 1) ième sous problèmes regroupe des contraintes de liaison affectant l'ensemble de toutes les variables.

La résolution du problème initial est alors remplacée par celle de (p + 1) sous problèmes (voir annexe [4]).

L'application de la méthode de décomposition pour le problème que nous traitons consiste à décomposer le problème original en P = T = 18 sous problèmes.

Pour chaque sous problème (point de vente I), La contrainte indépendante est définie comme suit :

$$\sum_{k=1}^N X_{ijk}.C_{kj}.R_{ijk} + Y_{ij}.C_{1j}.R_{1j1} \geq Q_{ij} \quad (j=1, \dots, T_i)$$

La (p+1) ième contrainte qui représente la contrainte commune est définie par :

$$\sum_{j=1}^{T_i} \sum_{i=1}^T X_{ijk} \leq N_k \quad (k = 1, \dots, N)$$

Il importe peu que la solution optimale soit obtenue par la programmation linéaire en nombres continus, si elle indique des nombres réels assez élevés (par exemple 28,3 véhicules) car les parties fractionnaires (0,3) sont négligeables par rapport aux parties entières (28), il serait alors possible d'arrondir au mieux les valeurs trouvées, de façon à ce qu'elles vérifient les contraintes du problème et à ce que la variation entre le coût optimal et le coût trouvé par la nouvelle solution soit la plus petite possible.

Par contre dans notre problème, la variable représente un nombre faible, et si on l'arrondit à une valeur entière voisine, il est fort possible que la solution trouvée soit très éloignée de la solution optimale où même ne soit pas réalisable.

2.3.2. - Approches heuristiques

Pourquoi une heuristique ?

De nombreux problèmes d'optimisation rencontrés en pratique sont impossibles de les résoudre à l'aide d'algorithmes efficaces, on connaît pour certains des méthodes exactes de résolution dont l'application n'est pas aisée.

Par ailleurs, la taille de certains problèmes empêche que la résolution soit entreprise par des méthodes exactes, pour d'autres la résolution exacte requiert des calculs longs, enfin pour quelques problèmes, l'existence d'objectifs secondaires qui pour diverses raisons, n'ont pu être inclus dans la formulation.

Pour ces raisons, on s'oriente vers des méthodes approximatives dites "heuristiques", celles-ci permettent de trouver des solutions approchées, réalisables dans un temps d'exécution rapide, que l'on considère acceptables quoiqu'elles ne garantissent pas l'optimalité (voir Eglese [3]).

2.3 2.1. - Approche basée sur le raffinement d'une solution obtenue par la programmation linéaire en nombres entiers :

Le principe de base est la résolution d'un programme linéaire en nombres entiers par relaxation de contraintes.

Cette méthode consiste à résoudre un premier problème relaxé, contenant un nombre restreint de contraintes (contrainte (1)), et y ajouter les contraintes non explicitement présentées (contrainte (2)) à mesure que l'on découvre qu'elles ne sont pas respectées, en utilisant une méthode heuristique.

La procédure de résolution est considérée en deux étapes:

Etape 1 : Il s'agit de résoudre les systèmes relatifs à chaque point de vente indépendamment, par la programmation linéaire en nombre entier, ceci revient à résoudre pour chaque point de vente I, le système suivant :

$$\begin{aligned}
 \text{MIN } Z &= \sum_{j=1}^{T_i} \sum_{k=1}^N F_k \cdot X_{ijk} + \sum_{j=1}^{T_i} \sum_{k=1}^N (2 \cdot U_k \cdot R_{ijk} \cdot d_{ij} + v_{m_{ijk}}) \cdot X_{ijk} \\
 &+ \sum_{j=1}^{T_i} H_{ij} \cdot Y_{ij}
 \end{aligned}$$

Sujet à

$$\left\{ \begin{aligned}
 \sum_{k=1}^N X_{ijk} \cdot C_{kj} \cdot R_{ijk} + Y_{ij} \cdot C_{1j} \cdot R_{ij1} &\geq Q_{ij} \quad (j=1, \dots, T_i) && (5) \\
 \sum_{j=1}^{T_i} X_{ijk} &\leq N_k && (k=1, \dots, N) && (6) \\
 X_{ijk} &\in \mathbb{N} && (j=1, \dots, T_i) && (7) \\
 Y_{ij} &\in \mathbb{N} && (k=1, \dots, T_i) && (8)
 \end{aligned} \right.$$

Il découle d'une telle formulation, $T_i \cdot (N+1)$ variables de décisions et $T_i \cdot N$ contraintes.

Il est alors possible de résoudre le problème par le logiciel MILP.

- Interprétation de la contrainte 6 :

Pour chaque Catégorie de véhicule, le nombre total de véhicules affecté à chaque point de vente ne peut excéder celui existant dans la flotte, seulement si on considérait tous les points de vente, la somme de toutes les valeurs obtenues, pour chaque Catégorie de véhicule dépassera certainement le nombre de véhicules disponibles au sein de l'unité, autrement dit la solution globale n'est pas réalisable.

Etape 2: Raffinement de la solution par la méthode heuristique

Il s'agit de remplacer les véhicules obtenus à l'étape 1 et qui ne sont pas disponibles dans la *flotte, par des véhicules loués.

La question qui se pose est de savoir lesquels des véhicules choisir, pour cela il faut :

- Trouver pour chaque point de vente, toutes les combinaisons qui donnent une capacité totale proche de 20 tonnes (capacité du véhicule loué) par valeur supérieure (voir annexe 5);

- Remplacer chaque combinaison par un véhicule loué et lui associer le coût correspondant, retenir la combinaison qui donne un coût de location minimal;

- Examiner tous les points de vente ensemble, supprimer de la flotte, les véhicules constituant la combinaison qui sera remplacée par un véhicule loué, et qui donne l'optimum (min) des coûts minimums;

- Répéter la procédure jusqu'à obtention d'une flotte équivalente à celle disponible au sein de l'unité.

Dans la méthodologie de résolution le but était de déterminer l'affectation journalière des véhicules. De l'observation de la demande journalière des différents points de vente et centres régulateurs en produits chimiques nous avons constaté que la quantité totale à desservir pour quelques uns d'entre eux était inférieure à la capacité du plus petit véhicule de l'unité.

Soit un point de vente I, supposant qu'il s'approvisionne à partir de deux unités de production P1 et P2, et que les demandes journalières en produits des deux unités sont respectivement 2,5 et 0,5.

La résolution obtenue par la programmation linéaire en nombres entiers, permet d'affecter à chaque trançon (I, Pj) au moins un véhicule propre compte où compte autrui car la contrainte (1) du modèle l'imposait.

Nous remarquons par ailleurs que la plus faible capacité des véhicules disponibles dans le parc est égale à 3 tonnes, la solution obtenue par la programmation linéaire en nombres entiers nous offre un certain nombre de véhicules qui seront certainement sous utilisés de point de vue capacité.

Signalons, un cas pratique qui ne peut être inclus dans la formulation, c'est celui de disposer d'un seul véhicule qui combine les deux trajets (I, P1) et (I, P2) pour une période donnée, plutôt que de les faire desservir individuellement par deux véhicules, ceci revient pour l'exemple exposé plus haut, en supposant qu'un véhicule ne puisse faire qu'une seule rotation par jour pour les deux trajets (I, P1) et (I, P2) séparément, à ce que le même véhicule de trois tonnes fasse le premier parcours une fois tous les 6 jours, il aura alors enlevé 3 tonnes, qui correspondent à la demande du point de vente I, en produits de l'unité de production P2 pour une période de 6 jours ($6 * 0,5 = 3$).

Pendant les 5 autres jours le véhicule fera le trajet (I, P1), il aura enlevé $5 * 3 = 15$ tonnes, qui représentent la demande du point de vente I en produits de l'unité de production P1 pendant la période de 6 jours ($6 * 2,5 = 15$ tonnes).

C'est dans cette ordre d'idées que nous essayerons de développer l'approche suivante.

2.3.2.2. Approche basée sur l'ajustement d'une solution obtenue par la programmation linéaire :

1. Principe de base :

Visant la recherche de l'affectation optimale des ressources disponibles au sein de l'unité, nous démarrons de la solution donnée par la programmation linéaire en utilisant le logiciel MILP, qui est obligatoirement une solution optimale non entière.

Seulement le modèle qui nous a permis d'obtenir cette solution ne tient pas compte de la contrainte suivante:

Un véhicule affecté à un point de vente donné ne peut pas desservir un autre point de vente. Tenant compte de cette nouvelle contrainte, nous procédons à un réajustement de la solution.

Les avantages de démarrer d'une solution exacte sont :

- La solution nous permet de distinguer les relations (point de vente, unité de production) qui seront prises en charge par les transporteurs représentant le transport compte autrui.

- Détermination du nombre de véhicules loués nécessaires compte tenu des moyens disponibles en véhicules propres à l'unité, pour satisfaire la demande totale.

S'intéressant à présent à la solution relative aux variables correspondant aux véhicules de la flotte propre à l'unité, soit l'organigramme suivant (voir fig. 2.4) résumant l'idée globale.

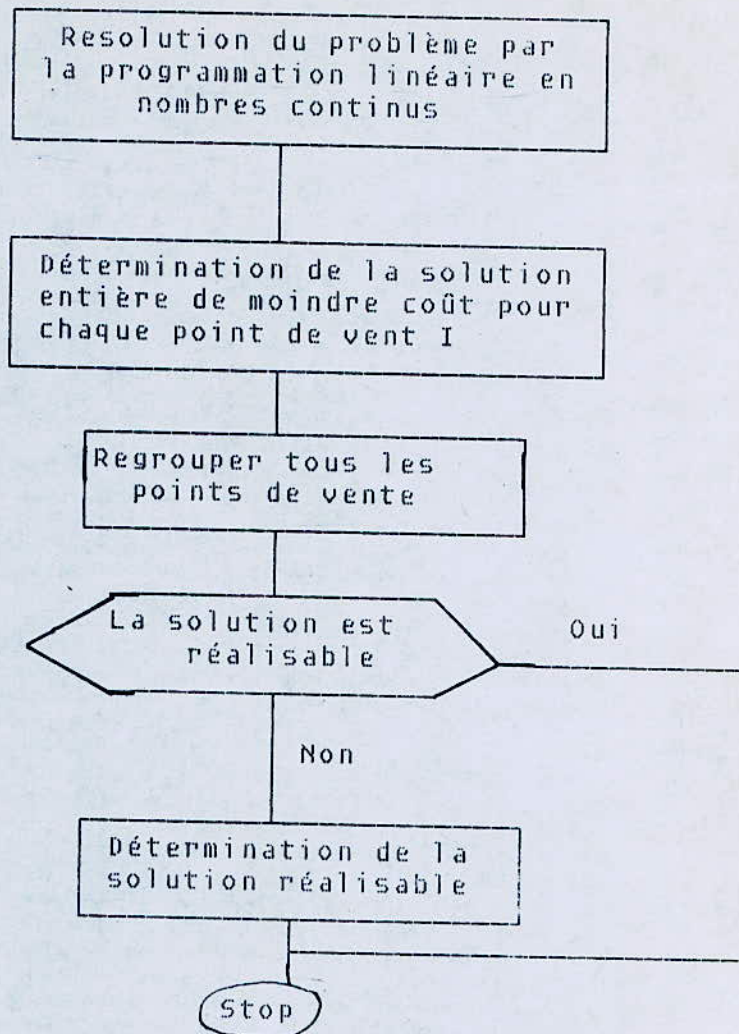


Fig.2.1

2. Méthode heuristique

Pas 1 : Lecture des données

Deux fichiers de données sont ouverts :

- un premier fichier où sont stockées les solutions $X_{II, J, K}$ données par le MILP, $X_{II, J, k}$ désigne le nombre de véhicules de Catégorie K, faisant le trajet (I, J).

$$I = 1, \dots, T \quad J = 1, \dots, TIII \quad K = 1, \dots, N$$

Dans le deuxième fichier sont introduites les données suivantes:

- Le nombre de points de vente "T", le nombre de catégories de véhicules "N", ainsi que le nombre d'unités de production qui approvisionnent le point de vente I, (I = 1, ..., T), soit T_{II} ce nombre.

- Les rotations R_{II, J, K}, pour chaque Catégorie de véhicule K parcourant le trajet (I, J)
I = 1, ..., T; J = 1, ..., T_{II}; K = 1, ..., N

- Les distances D_{II, J} séparant les points de vente I des unités de production J, I = 1, ..., T; J = 1, ..., T_{II}

- Les capacités réelles des véhicules C_{IK, J},
K = 1, ..., N; J = 1, ..., T_{II}

- Demandes journalières Q_{II, J},
I = 1, ..., T; J = 1, ..., T_{II}.

Enfin, les coûts unitaires fixes F_{IK}, et les coûts unitaires variables V_{IK}, K = 1, ..., N

Pas 2: pour chaque point de vente faire

Pas 2.1. Calcul des fractions

Pour tout I, J, K; I = 1, ..., T J = 1, ..., T_{II} K = 1, ..., N

Calculer

- La partie entière de X_{II, J, K} qu'on dénotera
trunc(X_{II, J, K})

Si trunc (X_{II, J, K}) <> 0 , alors

la valeur de trunc (X_{II, J, K}) représentera le nombre de véhicules de Catégorie K qui seront affectés au point de vente I, pour enlèvement des produits de l'unité J.

- La fraction décimale est
 $\alpha_{II, J, K} = X_{II, J, K} - \text{trunc}(X_{II, J, K})$

I = 1, aller au pas 2.2.

Pas 2.2. Premier tri

$$\text{Calculer } S[I, K] = \sum_{J=1}^{T[I]} \alpha[I, J, K]$$

Si pour toute Catégorie de véhicules, $S[I, J] < 1$
alors aller au pas 2. 3

sinon.

Pour toute Catégorie K de véhicule, $K = 1, \dots, N$, tel que la
contrainte suivante $S[I, K] \geq 1$ est vérifiée faire:

- déterminer la partie entière trunc ($S[I, K]$) de $S[I, K]$
la valeur de trunc ($S[I, K]$) représente alors le nombre de
véhicules de Catégorie K affectés au point de vente I.

- Définir précisément pour chaque véhicule, les unités
de production qui seront ses points d'approvisionnement. Il
existe pour cela deux possibilités, nous retiendrons celle
définie au pas 2.2.2.

La première possibilité consiste à énumérer toutes les
combinaisons possibles des $\alpha[I, J, K]$ et de sélectionner
celles qui forment une somme égale à 1, les $\alpha[I, J, K]$
formant les combinaisons doivent être différentes.
Seulement, étant donné qu'il existe 18 points de vente, 5
catégories de véhicules, et un nombre moyen d'unités de
production pour chaque point de vente, il ne saurait
question de les énumérer toutes, surtout qu'il y a peu de
chance de trouver une solution réalisable, car les
 $\alpha[I, J, K]$ sont des fractions décimales à numérateurs
compris entre 0 et 99.

Pas 2.2.2. Détermination de la combinaison

- Classer les $\alpha[I, J, K]$ par ordre décroissant:

- Soit $S_1 = \sum_{J=1}^L \alpha[I, J, K]$ tel que
 $S_1 \geq 1$ et $S_1 - \alpha[I, L, K] < 1$

- Si $S_1 = 1$ alors le véhicule de catégorie K est affecté
au point de vente I pour s'approvisionner à partir des L
premières unités de production.

Sinon procéder à une permutation des $\alpha [I, J, K]$ jusqu'à obtention d'une valeur de S_I la plus proche de 1.

Si la somme S_I retenue est différente de 1 alors le véhicule de Catégorie K ne desservira qu'une partie des produits prévus de la dernière unité de production, le reste est pris en charge par un autre véhicule.

Soit $S_{II, K} = S_{II, K} - 1$

- Répéter la procédure jusqu'à épuisement des $\alpha [I, J, K]$ où jusqu'à obtention d'une somme $S_{II, K} < 1$.

Au fur et à mesure qu'une solution est trouvée, on élimine les fractions $\alpha [I, J, K]$ correspondantes.

La suite du raisonnement est valable seulement pour les $\alpha [I, J, K]$ restants.

Si tous les $\alpha [I, J, K]$ sont éliminés alors STOP

sinon aller au pas 2.3.

Pas 2.3. Second tri

Pas 2.3.1. Détermination de la quantité restante

Le nombre de véhicules de Catégorie K restant est inférieur à 1 c'est à dire

$$\begin{aligned} & T_{III} \\ & \sum_{J=1} \alpha [I, J, K] < 1 \quad K = 1, \dots, N \end{aligned}$$

La quantité correspondante à enlever de l'unité de production J est donnée par la formule suivante:

$$Q_I [I, J] = \sum_{K=1}^N \alpha [I, J, K] * C [K, J] * R [I, J, K]$$

$J = 1, \dots, T_{III}$

Pas 2.3.2. Détermination du nombre de véhicules nécessaire et leurs coûts correspondants

Le nombre total de véhicules de Catégorie K nécessaire pour enlever la quantité $Q1 [I, J]$ est:

$$N1 [I, J, K] = Q1 [I, J] / (C [I, J] * R [I, J, K])$$

Le coût engendré est:

$$CO [I, J, K] = N1 [I, J, K] * (F [K] + V [K] * D [I, J] * R [I, J, K])$$

$$J = 1, \dots, T [I]; \quad K = 1, \dots, N$$

Pas 2.3.3. Choix de la Catégorie de véhicule

Pour chaque relation (I, J), $J = 1, \dots, T [I]$, déterminer la Catégorie de véhicule L, qui doit effectuer ce trajet, on choisira celle qui engendrera le moindre coût ($COpt$) défini par

$$COpt [I, J, L] = \min_{k=1, N} CO [I, J, K]$$

Soit $N2 [K]$ le nombre total de véhicules de Catégorie K nécessaire pour satisfaire le reste de la demande du point de vente I qui engendre le moindre coût.

Aller au pas 2.3.3.1.

Pas 2.3.3.1

soit $\text{trunc}(N2 [K])$, la partie entière de $N2 [K]$.

pour toutes les catégories K de véhicules tel que $N2 [K] \geq 1$ faire :

- Affecter $\text{trunc}(N2 [K])$ véhicules de Catégorie K au point de vente I. Le but à présent est de déterminer les trajets que doivent effectuer ces véhicules pour cela il faut :

- Classer les catégories de véhicules par ordre croissant des coûts. Pour chaque J, $J = 1, \dots, T [I]$

$$C1 [J] < C2 [J] < \dots < CN [J]$$

c - pour chaque Catégorie de véhicule, vérifiant la contrainte suivante $N3 [K] \geq 1$ faire :

- Affecter un véhicule de Catégorie K
- Le choix des unités de production se fera comme suit
 - . calculer $\delta C [I, J] = C_{opt} - C [I, J, K]$ $J = 1, \dots, T [I]$
 - . classer les $\delta C [I, J]$ par ordre croissant.

Le critère de choix des unités de production se fera selon l'ordre croissant des variations δC .

Si le nombre de véhicules trouvé était différent de 1 alors la dernière unité de production ne sera pas desservie totalement par le véhicule de Catégorie K, l'autre partie de la demande sera desservie par un autre véhicule.

Aller au pas 2.4.1.

Pas 2.4.1

Si la demande totale du point de vente I a été satisfaite aller au pas 3.

Sinon

- déterminer la quantité restante "D" à desservir au point de vente I, ainsi que les unités de production correspondantes.

Soit E l'ensemble de ces unités.

- Si $D \leq 3$ tonnes, affecter un véhicule de capacité égale à 3 tonnes aux unités de production appartenant à E.

Aller au pas 3.

Sinon

1. Pour chaque catégorie de véhicule K ($K = 1, \dots, N$)

- Calculer le nombre de véhicules $N4 [K]$ nécessaire pour desservir le point de vent I.

- Calculer la somme $S [K] = \sum_{j \in E} (C_{opt} - C [I, J, K])$.

- Calculer $\delta C_{IJ} = C_{1IJ} - C_{2IJ} \quad J = 1, \dots, T \quad [II]$

- Classer les unités de production par ordre décroissant des variations $\delta C_{IJ}, J = 1, \dots, T \quad [III]$

$$\delta C_{I1} > \delta C_{I2} > \dots > \delta C_{IT}$$

Le principe consiste à choisir les unités de production suivant l'ordre décroissant des variations δC .

Soit T la dernière unité choisie

Si pour un K donné

$$\sum_{J=1}^{T[II]} N_{1[II, J, K]} > 1 \quad \text{et} \quad \sum_{J=1}^{T[II]-1} N_{1[II, J, K]} < 1$$

$N_{1[II, J, K]}$ étant déterminé au pas 2.3.2 alors :

Une partie seulement de la quantité à enlever de l'unité de production T[II] sera desservie au point de vente I, par le véhicule de catégorie k, le reste sera desservi par un autre véhicule.

$$\text{Soit } N_{2[K]} = N_{2[K]} - 1$$

supprimer les $\alpha_{II, J, K}$ qui forment la solution, ainsi que les unités de production dont la demande est satisfaite.

Aller au pas 2.4.

Pas 2.4. Troisième tri

Si la demande totale du point de vente I a été satisfaite alors aller au pas 4.

Sinon

a - Déterminer la quantité totale restante à desservir au point de vente I pour les divers produits.

b - Pour chaque Catégorie de véhicules K, calculer le nombre de véhicules nécessaires $N_{3[K]}$, pour satisfaire la demande restante du point de vente I.

2. Classer SIKI par ordre croissant

- Choisir parmi cette liste le premier élément qui vérifie la contrainte suivante : $N4IKI \geq 1$

Soit L cette Catégorie de véhicule.

3. Affecter le véhicule de Catégorie L au point de vente I puis :

- Choisir les unités de production par ordre croissant de la variation δC ; $\delta C = COPI - COII, J, L$

Soit $NIII = NIII - 1$

- Calculer la demande restante et supprimer les aII, J, K qui forment la solution.

Aller au pas 2.4.2.

Pas 3. $I = I + 1$

Si $I \leq T$ alors aller au pas 2.2.

Sinon aller au pas 4.

Pas 4 : Recherche de la solution optimale et réalisable

La solution finale obtenue n'étant pas réalisable, une adaptation de cette dernière à la flotte disponible est nécessaire. Il s'agit de substituer à chaque véhicule de capacité donnée, d'autres véhicules de capacité proche effectuant les mêmes trajets.

Les combinaisons possibles sont représentées dans un tableau (voir annexe 5).

Nous remarquons que les combinaisons de 20 tonnes sont beaucoup plus nombreuses.

Soit F l'ensemble des solutions données par les procédures tri N°1 et tri N°2. Pour la recherche de la solution optimale et réalisable, on ne considérera que les véhicules appartenant à F, car la solution obtenue par les pas 2.1 et 2.2 est une solution déduite directement du MILP.

Soient:

$M [K]$: Nombre par Catégorie de véhicules appartenant à F

$N [K]$: Nombre par Catégorie de véhicules restants et disponibles dans la flotte.

$CB [K]$: Combinaison de véhicules de capacité totale proche de celle des véhicules de Catégorie K.

$CIL, K]$: Le coût du lième véhicule de capacité K.

$CCB(L, P, K)$: Le coût de la combinaison P qui sera remplacée par le L-ième véhicule de catégorie K.

$K = 1, \dots, N$; $P = 1, \dots, CB[K]$; $L = 1.. M[K]$.

Pas 4.1. Pour chaque $K = 1, \dots, N$ faire

- Calculer $\delta C[L, P, K] = CCB [L, P, K] - CIL, K]$

pour une combinaison $P \in CB[K]$ et $L = 1, \dots, M[L]$

δC représente le coût additionnel engendré lors du remplacement du lième véhicule de Catégorie K par une combinaison $CB[K]$ de capacité équivalente à celle du véhicule L.

- Classer les $\delta C[L, P, K]$ par ordre décroissant $L = 1, \dots, M[K]$

Le critère de choix des véhicules se fera selon l'ordre de δC

- Calculer $Y[K] = N[K] - M[K]$

Si $Y [K] < 0$ c'est équivalent à $N[K] < M[K]$, nous sommes alors dans le cas où $Y[K]$ véhicules de Catégorie K, sont non disponibles dans la flotte. Chacun des véhicules sera remplacé par ceux constituant la combinaison $CB[K]$, nous choisirons les véhicules relatifs aux derniers δC .

Si $Y[K] > 0$, c'est à dire qu'il existe $Y[K]$ véhicules dans la flotte non exploités, il est clair que ces véhicules remplaceront une combinaison $CB [K]$.

Aller au pas 4.1

Si le nombre de véhicules de catégorie N est supérieur à celui disponible dans la flotte, alors remplacer les véhicules manquants par des véhicules loués.

Répéter la procédure pour toutes les combinaisons possibles, on obtiendra alors M solutions .

5

Dans notre cas $M = \prod_{K=1}^5 \text{CNB}[K] = 18$.

La solution optimale est celle qui engendre le moindre coût.

CONCLUSION

En résumé, ce chapitre a été consacré à la formulation mathématique du problème en un problème linéaire en nombres entiers, et vu les restrictions des logiciels disponibles au niveau de notre école, et l'impossibilité d'inclure quelques objectifs (affecter un véhicule pour l'approvisionnement à partir de deux ou plusieurs unités de production).

Notre modèle étant approché, une procédure heuristique a été développée pour appréhender le problème en question.

La méthode retenue consiste à réajuster la solution déterminée au préalable en résolvant le problème par la programmation linéaire en nombres continus de façon à ce que la solution finale obtenue soit entière, optimale et réalisable.

CHAPITRE 3

EXEMPLE ILLUSTRATIF ET PROBLEMES TESTS

3.1. INTRODUCTION

L'objet de ce chapitre est d'une part traiter un exemple illustrant les différentes étapes de l'heuristique adoptée, et d'autre par procéder à son évaluation.

Nous savons que le recours à une méthode de résolution par une approche heuristique ne garantit pas l'optimalité de la solution obtenue, pour cela l'étape d'évaluation devient alors nécessaire. Il s'agit pour nous de tester l'efficacité de la dernière approche développée au chapitre 2 sur des problèmes générés, pour pouvoir ensuite l'appliquer au cas DIPROCHIM.

L'évaluation de la solution heuristique se fera sur la base d'une approche comparative avec celles déterminées par les programmations linéaires en nombres continus et entiers, qui vont servir respectivement, de bornes supérieure et inférieure.

3.2. EXEMPLE ILLUSTRATIF

La méthode heuristique que nous avons développé a été présentée en plusieurs étapes, nous nous proposons à présent de la compléter par un exemple ILLUSTRATIF dans le but de rechercher une solution réalisable et entière.

Données:

Nombre de points de vente (PV) : 01

Nombre d'unités de production (UP) : 06

Nombre de catégories de véhicules : 03

Les capacités par Catégorie de véhicule sont données par le tableau 3.1.

Catégories de véhicule	1	2	3
Capacités	15	8	3

Tableau 3.1. Capacités par Catégorie de véhicule.

Les rotations ainsi que les coûts pour chaque relation point de vente I, unité de production J et par Catégorie de véhicule K, sont représentés respectivement par les tableaux 3.2. et 3.3. Quand aux résultats obtenus par suite de l'application du logiciel MILP, ils sont regroupés dans le tableau 3.4.

K \ UP	1	2	3	4	5	6.
1	1	0.45	0.8	0.6	1	1.7
2	1.5	0.45	1	0.6	1.3	2
3	2	0.45	1	0.6	1.5	2.3

Tableau 3.2. Rotations (R [I, J, K])

K \ UP	1	2	3	4	5	6
1	15	20	45	15	10	17
2	12	10	30	12	6	12
3	10	8	25	8	4	10

Tableau 3.3. coûts (C[I, J, K])

K \ UP	1	2	3	4	5	6
1	0.8	1.1	1.1	0.2	2.4	0.1
2	1.1	0.6	2.14	1.11	0.11	1.12
3	0.3	2.11	1.125	0.6	0.5	1.1

Tableau 3.4. Les données du MILP (X [I, J, K]).

Etapes de résolution

La solution optimale et réalisable sera obtenue en suivant les étapes suivantes:

Etape 1 : Calcul des fractions

Il s'agit de retenir les parties entières des solutions $X_{II, J, K}$ données par le MILP et qui représentent le nombre de véhicules de Catégorie K affecté à I pour enlèvement des produits de J (voir tableau 3.5).

Soit $\text{trunc}(x_{II, J, k})$ cette valeur.

Le coût total de ces véhicules est évalué à :

$$\sum_{K=1}^3 \sum_{J=1}^6 \text{trunc}(x_{II, J, k}) * C_{II, J, k} = 187.$$

Les parties fractionnaires $X_{II, J, K}$, représentant le nombre de véhicules qui reste à affecter sont regroupés dans le tableau 3.6.

K \ UP	UP						
	1	2	3	4	5	6	
1		1			2		3
2	1		2	1		1	5
3		2	1			1	4
Total							12

Tableau 3.5;

K \ UP	UP						
	1	2	3	4	5	6	
1	0.8	0.1	0.3	0.2	0.4	0.1	1.9
2	0.1	0.6	0.14	0.11	0.11	0.12	1.18
3	0.3	0.11	0.125	0.6	0.5	0.1	1.735

Tableau 3.6.

Etape 2 : Premier tri

Pour chaque Catégorie de véhicule K, K = 1, ..., 3

$$S[K] = \sum_{J=1}^6 \alpha[I, J, K] \geq 1.$$

Trois véhicules de catégories différentes seront affectés aux PU correspondants pour enlèvement de produits des différentes unités de production concernées.

Il s'agit à présent, de déterminer les trajets (I,J) que doivent effectuer ces véhicules.

Pour cela :

- Classer pour chaque K, les $\alpha[I, J, K]$ par ordre croissant

- Selon cet ordre, choisir la combinaison la plus proche de un

On obtient la solution suivante (Tableau 3.7)

K \ UP	1	2	3	4	5	6		
	1	0.8			0.2			
2	0.03	0.6	0.14	0.11		0.12	1	
3				0.6	0.4		1	
Tableau 3.7							Total	3

Ces résultats sont interprétés de la manière suivante :

- Un véhicule de Catégorie 1 sera desservi par les unités de production 1 et 4;

- un autre véhicule de Catégorie 2 s'approvisionnera des unités de production suivantes: 1, 2, 3,4, et 6.

Seulement pour l'unité 1, ce même véhicule n'enlèvera qu'une fraction (voir tableau 3.6) de la demande pendant une certaine période, un autre véhicule satisfera nécessairement la demande restante.

- le véhicule de Catégorie 3, ne satisfera qu'une partie de la demande du point de vente en produits de l'UP5.

Etape 3 : Deuxième tri

Les véhicules restants sont donnés par le tableau 3.8.

k \ UP	1	2	3	4	5	6	
1		0.1	0.3		0.4	0.1	0.9
2	0.07				0.11		0.18
3	0.3	0.11			0.1	0.1	0.735

Tableau 3.8

Remarquons que, pour chaque Catégorie K, la somme totale des véhicules pour toutes les unités de production est inférieure à un.

Et si on affecte au point de vente concerné 3 véhicules de catégories respectives $K = 1, 2$ et 3 , ces derniers seront sous utilisés, pour cette raison on procède de la manière suivante :

A partir de la demande totale restante à enlever des différentes unités de production, calculer le nombre de véhicules (pour chaque Catégorie) nécessaire pour satisfaire la demande restante

Les résultats sont représentés par le tableau 3.9

k \ UP	1	2	3	4	5	6
1	0.176	0.122	0.331	/	0.506	0.127
2	0.220	0.229	0.497		0.730	0.203
3	0.440	0.16	0.325	/	1.688	0.470

Tableau 3.9

Les différents coûts engendrés par l'utilisation des véhicules ainsi que la Catégorie qui donne une variation de coût δC minimale sont représentés dans le tableau 3.10

k \ UP	1	2	3	4	5	6
1	2,64	2,44	14,91		5,06	2,16
2	2,64	2,29	14,91		4,38	2,43
3	4,4	4,88	33,13		6,75	4,7
catég Choisie	1 ou 2	2	1 ou 2		2	1
δC	0	0,153	0		0,682	0,270

Tableau 3.10

- Du tableau 3.9, nous déduisons les fractions $\alpha(I,J,k)$ correspondantes aux coûts minimums (voir tableau 3.11).

UP \ K	1	2	3	4	5	6	
1	0.176		0.331			0.127	0.634
2	0.220	0.229	0.497		0.730		1.676
3	/	/	/	/	/	/	/

Tableau 3.11

- Il ressort du dernier tableau, qu'un véhicule de Catégorie 2 sera choisi pour s'approvisionner des unités de production que nous fixerons selon l'ordre décroissant des variations des coûts (voir tableau 3.12).

UP	5	2	1	3	4	6
δc	0.68	0.15	0	0	/	/

Tableau 3.12

On retient les premières unités de production qui donnent une somme des $\alpha [I,J,K]$, pour le point de vente concerné et pour le véhicule de Catégorie 2, égale à un. On obtient la solution donnée par le tableau 3.13.

UP	1	2	3	4	5	6
K = 2	0.041	0.229			0.73	

Tableau 3.13

Le véhicule de Catégorie $k=2$ ne dessert qu'une partie de la demande du point de vente en produits de l'unité 1.

ETAPE 3 : Troisième tri

Nous passons à présent à la détermination de la demande totale restante à enlever de toutes les unités de production puis au calcul du nombre de véhicules pour chaque Catégorie, nécessaire pour satisfaire cette demande (voir tableau 3.14).

Catégorie	Nombre de véhicules
1	0.60146
2	0.87832
3	2.15245

Tableau 3.14

Arrivé à ce stade, on choisit deux véhicules de Catégorie 3, qui seront affectés au point de vente.

Etant donnée la fraction restante, soit 0.15245, un autre véhicule de capacité moindre (Catégorie 3) enlèvera la demande restante.

La solution finale représentant le nombre de véhicules trouvé est la suivante :

Catégorie K = 1 : 4

Catégorie K = 2 : 7

Catégorie K = 3 : 8

Alors que le nombre de véhicules disponibles par Catégorie est :

Catégorie k = 1 : 5

Catégorie k = 2 : 7

Catégorie k = 3 : 8

La solution est donc réalisable et optimale, mais un véhicule de catégorie 1 reste sous utilisé du fait que les résultats donnés par le MILP, et représentant le nombre total de véhicules de capacité donnée est non entier (6.18 pour les véhicules de Catégorie 2).

La répartition de ces véhicules pour l'approvisionnement des différentes unités de production est donnée par le tableau 3.15.

Catégorie	Nbre de Véhicules	Unités de production					
		1	2	3	4	5	6
1	1	+			+		
	1		+				
	2					+	
2	1			+			
	2				+		
	1						+
	1	+		+		+	
	1	+	+	+	+		+
3	2		+				
	1			+			
	1	+					
	1				+	+	
	3	+	+	+			

Tableau 3.15

3.3 PROBLEMES TESTS

Avant programmé la méthode de résolution basée sur une approche heuristique en langage Pascal sur le micro ordinateur IBM-PS2, nous avons procédé à son évaluation du point de vue optimalité en l'appliquant à 15 problèmes tests de tailles différentes (voir annexe 6)

3.3.1 - Génération des problèmes

Les données ont été générées selon la loi uniforme (0,1), entre des limites que nous nous sommes fixées, il s'agit :

- Nombre de points de vente ;
- Nombre d'unités de production par point de vente ;
- Nombre de catégories de véhicules ;
- Nombre de véhicules par Catégorie ;
- Capacité de chaque Catégorie de véhicule ;
- Le temps d'attente ;
- Le temps de chargement et déchargement ;
- La distance entre points de vente et unités de production ;
- Les coûts fixes et coûts variables des différentes catégories de véhicules (les coûts classés dans l'ordre décroissant, sont associés respectivement aux véhicules classés dans l'ordre décroissant de leurs capacités).

A partir de ces données nous avons déduit :

- Les rotations qui sont en fonction des distances, du temps d'attente et du temps de chargement et déchargement ;
- Le coût de location du véhicule (de capacité maximale) obtenu en multipliant le coût de revient d'un véhicule de même capacité par une certaine proportion β .

$$\beta = \left(\sum_i \frac{C_i}{C_{Pi}} \right) \cdot N \quad i = 1, \dots, N$$

C_i : Coût de location pour un voyage i

C_{Pi} : Le coût de revient du véhicule faisant parti de la flotte compte propre et réalisant le même voyage i

N : Nombre de voyages total.

Nous avons pu, à partir des données du problème réel, évaluer β ($\beta = 1.6$).

3.3.2 - Résultats et interprétations

L'évaluation de la solution heuristique a été faite sur la base d'une approche comparative avec celles déterminées par les programmations linéaires en nombres entiers et continus, et qui ont servi respectivement, de bornes supérieure et inférieure.

Les déviations obtenues peuvent nous donner une bonne information sur la solution obtenue, et nous renseigner de combien la méthode proposée se situe. Nous signalons que plus la déviation est petite, plus la méthode développée est performante.

La question qui se pose généralement est de savoir de combien ces bornes sont serrées ? Autrement dit de la possibilité d'existence d'autres paramètres qui peuvent rendre la déviation plus petite.

Les solutions obtenues par les différentes méthodes sont données par les tableaux 3.15 et 3.16. Celles-ci nous fournissent des renseignements sur l'évolution des coûts totaux de distribution, du nombre de véhicules loués ainsi que le temps machine, pour les différentes méthodes susmentionnées.

Les notations dans les tableaux sont définies comme suit :

n : dénote le nombre de variables égal à $(n + 1) \sum_{i=1}^T T_{III}$
 $I = 1, \dots, T$

$C1$ et $Tp1$: la solution obtenue par le MILP (PLNE) et le temps d'exécution

$C2$ et $Tp2$: La solution obtenue par le MILP (PL) et le temps d'exécution

$C3$ et $Tp3$: La solution heuristique ainsi que le temps d'exécution.

Notons bien que $C2 \leq C3 \leq C1$

Dev1 (Dev2) : Le pourcentage de déviation entre la solution raffinée et la solution exacte déterminée par la PLNE (PL).

$$\text{Dev1} = \frac{C1 - C3}{C3} \times 100 \qquad \text{Dev2} = \frac{C3 - C2}{C3} \times 100$$

NV1 et NV2 représentant le nombre de véhicules Loués (SNTR), donnés respectivement par la PLNE et l'heuristique

Dev3 : pourcentage de déviation entre NV1 et NV2 .

$$\text{Dev 3} = \frac{NV1 - NV2}{NV2} \times 100$$

N°	n	SOLUTION MILP (PLNE)		SOLUTION MILP (PL)		DEV1 %	SOLUTION HEURISTIQUE C3		DEV 2
		Ci	Tp1	C2	T2P		C3	Tp3	
			hmn: S		hmn: S				
1	10	35875.5	0:29:35	35141.2	00:00:33	1	35518.168	00:00:58	1.06
2	14	63320.1	3:21:21	60754.4	00:00:58	2.28	61564.2	00:1:24	1.31
3	10	22131	0:23:59	11498.7	00:00:22	42	15580.176	00:00:46	26.19
4	21	15631.6	2:28:26	11103.6	00:00:59	42	11145.5	00:1:25	0.375
5	18	30315.4	8:57:57	26154	00:00:50	10	27427.1	00:1:17	4.6
6	14	61681	1:09:24	56003.1	00:00:31	9	56112.97	00:00:59	0.195
7	14	76861	1:25:41	73769.3	00:00:43	4.19	73769.3	00:1:10	0
8	10	39728.1	0:16:39	38585.7	00:00:20	2.87	38586.6	00:00:49	0.233
9	10	14016.7	0:18:00	13687.2	00:00:20	1.45	13815.4	00:00:49	0.9
10	12	95635.1	0:19:00	89743.2	00:00:25	6.08	90152.7	00:00:52	0.45
11	45			10263.4	00:01:10		11662.448	00:1:38	11.99
12	48			50519.8	00:1:13		51113.66	00:1:41	1.16
13	45			26485.9	00:1:12		27091.64	00:1:36	2.23
14	24			19886	00:01:1		19912.93	00:01:37	0.135
15	52			74451.3	00:1:45		78943.5	00:2:5	5.6

Tableau 3.15

N°	NV1	NV2	DEV 3 (%)
1	23	22	04.5
2	43	42.76	0,5
3	8	2.84	180
4	7	2.18	221
5	25	14.87	68
6	34	89.34	11.2
7	92	30.54	2.9
8	42	40.6	3.4
9	12	10.1	18.8
10	9	5.6	60.7

Tableau 3.16

Interprétation des résultats

Nous avons procédé à l'évaluation de l'heuristique qui consiste à réajuster la solution déterminée au préalable par la programmation linéaire en nombres continus, en l'appliquant sur des problèmes tests de tailles différentes mais réduites.

Les coûts obtenus par la méthode heuristique sont compris entre ceux déterminés par la PLNE et la PL (voir tab 3.15). En moyenne on a

$$C2 \leq C3 \leq C1$$

Ceci se justifie par le fait que :

- La PLNE fournit pour chaque relation (I,J) (I : point de vente, J : l'unité de production) un certain nombre de véhicules qui est forcément supérieur à un. Un de ces véhicules ou même plus, peuvent toutefois être sous utilisés et par conséquent le nombre de véhicules loués sera plus important. (voir tableau 3.16).

- La programmation linéaire offre la possibilité d'affecter un véhicule à un point de vente pour être desservi à partir de plusieurs unités de production (ce n'est pas le cas de la PLNE), seulement, la somme totale des véhicules pour chaque Catégorie affectée au même point de vente n'est pas forcément entière.

- L'heuristique que nous avons développé, tient compte des contraintes qui n'ont pas pu être introduites dans la formulation. Soit, la détermination d'une solution, exploitant au maximum le véhicule de point de vue temps et capacité et ce, en essayant de l'envoyer à plusieurs unités de production pendant une période donnée.

Enfin la méthode a donné de bons résultats car les moyennes d'amélioration de la solution heuristique pour un problème i par rapport à la solution obtenue par les programmations linéaires en nombres entiers et en nombres continus sont respectivement de l'ordre de 12% et 3.76%, déterminée par la formule suivante :

$$PM_j (\%) = \frac{Ng1}{\sum Dev1} ; j = 1 \text{ ou } 2$$

$Ng1$ ($Ng2$) représente le nombre de problèmes générés et résolus par La PLNE (PL).

Conclusion

L'objectif de ce chapitre était d'évaluer l'efficacité de l'approche utilisée sur des problèmes tests de tailles différentes.

Vu l'ensemble des résultats auxquels nous avons aboutit et qui se révèlent concluants, nous passons à la phase de concrétisation du problème qui nous a été soumis.

CHAPITRE 4

APPLICATION AU PROBLEME REEL

4.1. INTROCUCTION

Dans le chapitre 3, nous avons procédé à une tentative d'évaluation de la méthode heuristique, qui a pour objectif d'organiser l'affectation des véhicules.

Il s'agit à présent de concrétiser la méthodologie adoptée pour le compte de l'entreprise "DIPROCHIM". Pour cela nous avons collecté et traité des données pour les mettre sous la même forme que les problèmes standards, qui seront finalement introduites dans le programme conçu pour la résolution du problème que nous avons posé.

4.2. COLLECTE DES DONNEES

Pour pouvoir concrétiser notre travail, des données ont été mises à notre disposition, elles ont été recueillies des documents suivants:

- un rapport faisant apparaitre les coûts d'exploitation de parc véhicule;
- un programme transport prévisionnel de l'année 1990, faisant ressortir les demandes des différents points de vente, ainsi que le nombre de véhicules composant le parc.

Nous avons alors distingué deux groupes de données, selon qu'elles concernent la flotte ou les points de vente.

4.1.1. COLLECTE DES DONNEES RELATIVES A LA FLOTTE COMPTE PROPRE

Dans cette partie nous tenterons de déterminer les frais de distribution d'un véhicule, basés sur une partie fixe et une partie variable.

4.1.1.1.coûts fixes

Ce sont les coûts qui, entre les limites bien définies de l'activité du véhicule, demeurent toujours les mêmes au total quelque soit le niveau de l'activité.

a.Frais du personnel

Selon qu'il s'agisse du chauffeur ou du convoyeur, le salaire de l'employé comporte

- Le salaire de base;
- Les heures supplémentaires ; moyenne mensuelle de 40 heures;
- Les primes de rendement individuelles, (PRI) estimées en moyenne à 9 % du salaire de base;
- Primes de rendement collectives, (PRC), elles représentent 15 % du salaire de base;
- Les indemnités d'expérience professionnelle, (IEP), la moyenne retenue est de 10 % en raison de l'ancienneté du personnel roulant;
- Les salaires patronales; sont liées au salaire perçu dont elles représentent 30 % du salaire brut;
- Les indemnités du panier.

Le tableau 4.1. représente les différents coûts se rapportant aux salaires du chauffeur et du convoyeur d'un véhicule de 20 tonnes.

Rubriques	Chauffeur	Convoyeur
Salaire de base	2780	2100
Heures supplémentaires	960	726
P.R.I	250	189
P.R.C	417	315
I.E.P	278	210
Charges patronales	1450	1107
Indemnités de panier	150	150
Salaire	6288	4797

Tableau 4.1. Frais du personnel

b. Les frais de soutien

Ces charges couvrent les frais du personnel administratif et de maintenance liés directement à la fonction transport, la quote part affectée à chaque véhicule est obtenue en divisant les salaires de l'ensemble du personnel lié à la fonction transport (chauffeurs et convoyeurs sont exclus) par le nombre de véhicules (toutes catégories confondues) existant dans la flotte (voir tableau 4.2).

c. Les charges d'amortissement

1. Les charges d'amortissement des véhicules industriels

Le taux réglementaire applicable est de 25 % du prix d'acquisition.

2. Les charges d'amortissement du matériel et outillage

Il s'agit du matériel, outillage et tout équipement nécessaires à l'exercice de la fonction maintenance dont:

- La durée de vie est égale ou supérieure à une année;
- le coût d'acquisition est supérieur à 2000 DA;
- Le taux réglementaire appliqué dans ce cas est de 10 %.

3. Les charges d'amortissement pour les principaux organes de véhicules

Les principaux organes qui obéissent aux règles d'amortissement sont déterminés par leurs tailles, leurs fonctions et leurs prix. Ce sont principalement les moteurs, boîtes à vitesse, châssis...ect.

Le montant des achats de ces pièces doit être systématiquement additionné au coût d'acquisition du véhicule en question, auquel on a appliqué le taux d'amortissement classique (25 %) (voir tableau 4.2).

d. Les assurances

elles sont déterminées sur la base des coûts réellement payés annuellement pour la couverture des risques encourus par le véhicule durant son exploitation (voir Tableau 4.2).

e. Autres charges

Il s'agit des dépenses liées à la dotation du parc auto en équipements de bord (tels que baches, cordages, boîtes à pharmacies...) et éventuellement les charges liées aux effets vestimentaires du personnel roulant, de maintenance et de manutention.

Le tableau 4.2 regroupera toutes les dépenses mensuelles liées aux frais fixes, par catégorie de véhicule, on verra ressortir les coûts fixes journaliers qui seront dégagés de la sommation de tous les coûts fixes mensuels divisés par le nombre de jours de travail des employés qui est de 30 jours.

Postes de charges	Coûts fixes DA/mois (DA/jour)				
	20 ton	10 ton	8 ton	6 ton.	3 ton
Salaire du chauffeur	6288	6288	6068	6068	6068
Salaire du convoyeur	4797	4797	-	-	-
Charges de soutien	2317	2317	2317	2317	2317
Amortissement	4972	3555	1937	1937	1205
Assurances	1590	1068	531	531	370
Autres charges	600	400	300	300	300
Dépenses mensuelles	20564	18425	11153	11153	10260
Coûts fixes journal.	685	614	372	372	342

Tableau 4.2. Frais fixes par catégorie de véhicule.

4.1.1.2. Coûts variables

Par opposition aux frais fixes, ces coûts ont pour caractère d'être variables, c'est à dire proportionnelles à l'activité kilométrique donné au véhicule.

a. Consommation en carburants et en lubrifiants

Pour obtenir les coûts des carburants et lubrifiants il est peut être nécessaire de déterminer les consommations moyennes mensuelles et leurs appliquer les tarifs en vigueur des carburants et lubrifiants.

Ces coûts sont représentés par catégorie de véhicule dans le tableau 4.3.

Désignation	Coûts du carburant et lubrifiant (DA/mois)				
	20 ton.	10 ton.	8 ton.	6 ton.	3 ton
Carburant	2040	1700	1360	1360	850
Lubrifiant	120	100	80	80	50

Tableau 4.3. Consommation spécifique en carburant et lubrifiant par catégorie de véhicule.

b. coûts de maintenance

1. Frais d'entretien périodique

Ce sont les frais engendrés par suite des opérations d'entretien qui interviennent généralement à des intervalles réguliers, tous les 70000 Km et concernent:

- La vidange du moteur;
- Le lavage du moteur;
- Le graissage;
- La vidange de la boîte à vitesse (généralement tous les 50000 km) (voir tableau 4.4).

2. Coûts de pièces de rechange

C'est à travers la politique d'entretien préventif qui permet de situer le degré d'usure de tous les organes du véhicule et de prévoir donc les délais de leurs remplacements, qu'on peut cerner les coûts des pièces de rechanges. (voir tableau 4.4).

3. Coûts des pneumatiques

On procède généralement au remplacement du train pneus complet tous les 60000 Km (voir tableau 4.4).

4. Les frais de réparation de véhicules loués (voir tab. 4.4)

Le tableau suivant spécifie tous les coûts relatifs à la maintenance. Les dépenses mensuelles moyennes par catégorie de véhicule seront données à la fin du tableau 4.4.

Désignation	Coûts de maintenance DA/mois				
	20 ton.	10 ton.	8 ton.	6 ton.	3 ton
Entretien périodique	700	600	400	400	300
Pièces de rechange	2500	2200	2000	2000	1000
Pneumatiques	2975	1275	608	608	375
Frais de réparation	200	200	100	100	100
Dépenses mensuelles	6375	4275	3308	3308	2675

Tableau 4.4. Coûts variables de maintenance.

c. Les frais de soutien

Ces charges couvrent les frais du personnel administratif et de maintenance liés directement à la fonction transport (chauffeur et convoyeur sont exclus) par le nombre de véhicules (toutes les catégories confondues) existants dans la flotte (voir tableau 4.2).

d. Les charges d'amortissement

1. Les charges d'amortissement des véhicules industriels

Le taux réglementaire applicable est de 25 % du prix d'acquisition.

2. Les charges d'amortissement du matériel et outillage

Il s'agit du matériel, outillage et tout équipement nécessaire à l'exercice de la fonction maintenance dont:

- la durée est égale ou supérieure à une année.
- le coût d'acquisition est supérieure à 2000 DA.
- Le taux réglementaire appliqué dans ce cas est de 10 %.

e. Les frais de mission

Les indemnités de déplacement sont déterminées en fonction des flux de transport à réaliser. Les relations ayant droit aux frais de mission sont déterminées selon le temps réel nécessaire à l'accomplissement d'une rotation complète (temps qu'un véhicule met pour aller vide du point de vente, y revenir et décharger le produit).

Les frais d'un repas : 30 DA
les frais de découché : 60 DA
les frais de mission pour une journée s'élèvent donc à 120 DA.

L'ensemble des coûts variables étant disponible, la sommation coût du lubrifiant et carburant plus coût de maintenance détermine les coûts variables mensuels que nous divisons par 18 (nombre de jour de travail par mois) pour obtenir le coût variable journalier.

Enfin le coût kilométrique journalier est tiré du coût précédent divisé par le parcours standard journalier égal à 222 Km (voir tableau 4.5).

En fait le coût standard mensuel étant fixé à 4000 Km et en supposant que le nombre de jour de travail est de 18, on en déduit le parcours standard journalier égal à 222 Km.

Désignation	Coûts variables				
	20 ton.	10 ton.	8 ton.	6 ton.	3 ton.
Dépenses mens.DA/M	8535	6075	4748	4748	3575
Dépenses Journ.DA/J	474.17	337.5	263.78	263.78	198.62
Coût kilomt.DA/Km	2.14	1.52	1.18	1.18	0.89

Tableau 4.5. Coûts variables par catégorie de véhicule.

Remarque :

Nous incluons éventuellement en fonction de la durée de la rotation les frais de mission journaliers dans les coûts variables journaliers.

4.1.2. COLLECTE DES DONNEES RELATIVES AUX POINTS DE VENTE

a. Détermination de la matrice distance

L'évaluation des coûts de transport nécessite la détermination des distances séparant tous les points de vente appartenant à l'unité commerciale d'Alger, des unités de production où il s'approvisionnent.

Le tableau distance (voir annexe 7) a été construit en regroupant les informations disponibles au niveau de l'unité et celle fournie par la SNTR.

b - Evaluation de la demande journalière de chaque point de vente

L'offre prévisionnelle de chaque unité de production étant connue, il était alors possible de déterminer la part annuelle affectée à chaque point de vente selon les besoins de ce dernier.

Ces demandes ont été mises à notre disposition par l'unité.

Comme notre modèle a été établi pour une période d'une journée, il fallait évaluer les besoins journaliers de chaque point de vente.

Etant donnée que la demande est pratiquement constante durant l'année, nous avons déterminé pour chaque point de vente, la quantité à transférer par jour en divisant la demande annuelle par le nombre de jour de travail composant l'année, soit $18 \times 12 = 212$ jours (voir annexe 8).

c - Estimation du nombre de rotations journalières par catégorie de véhicules

Le transport se présente sous la forme d'une chaîne d'opérations qui consiste au transport du produit, du lieu d'origine au lieu de destination.

Ce produit en changeant de lieu est manipulé pour être chargé dans le camion à partir de l'unité de production et subit la même opération pour le déchargement au sein du point de vente.

Pour pouvoir estimer le nombre de rotations par catégorie de véhicules, il faut évaluer :

- Le temps de parcours : t_p

- Le temps d'attente au niveau de l'unité de production : t_{att}

- Le temps de chargement (égal au temps de déchargement) $t_{cht.}(t_{dch})$

1 - Temps de parcours

Il s'agit de convertir les distances en durées qui se fera naturellement en rapport avec la vitesse moyenne à laquelle roulent les véhicules. Il est évident que cette vitesse ne pourrait être la même sur une route à grande circulation (El-Harrach) ou sur une route à faible densité de trafic (Hadjout).

Les vitesses retenues sont données dans le tableau 4.6.

Désignation	Vitesse moyenne
Route à grande circulation	60 Km/h
Route à faible circulation	40 Km/h

Tableau 4.6 : Différentes vitesses de circulation.

La procédure de détermination de temps de parcours s'énonce alors comme suit :

Soit le point de vente I et l'unité de production J séparés par la distance d_{ij} (voir fig.4.1).

On suppose I localisé dans une région à forte densité de trafic routier et J dans une région à faible circulation.

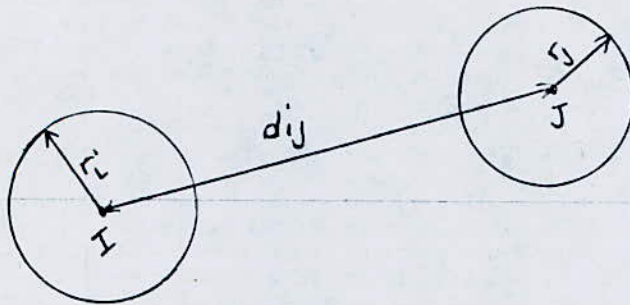


Fig. 4.1

Il est évident qu'un véhicule partant de I relouera à une vitesse moindre de (40 Km/h) dans le rayon riet une fois excédent ce kilométagé, il atteindra la vitesse moyenne de valeur 60 Km/h.

Les rayons ri et rj sont donnés dans le tableau 4.7.

En définitive, le temps de parcours tp est exprimé par :

$$t_p = (d_{ij} - (r_i + r_j)) / 60 + (r_i + r_j) / 40$$

zone à grande circulation	6Km
zone à faible circulation	2Km

tableau 4.7 Différents rayons où la vitesse de route est faible.

2 - Le temps d'attente

Chaque unité de production reçoit un certain nombre de véhicules par jour, le temps perdu par véhicule en attente pour être chargé est essentiellement fonction :

- Du temps de chargement
- Du nombre de véhicules qui se trouvent en même temps au quai de chargement (en moyenne, 3 véhicules par unité de production)

Cependant l'arrivée des camions et le temps de chargement ne sont pas parfaitement réguliers, il existe des cas où on verrait se constituer une file assez longue dont une partie de véhicules ne pourrait être chargés le même jour.

Pour pouvoir évaluer le temps d'attente nous savons que :

- Le premier véhicule qui arrive à l'unité de production est le premier desservi (FIFO).

- Les véhicules de la SNTR sont prioritaire, leurs temps d'attente est pratiquement nul.

- Le temps de chargement (temps de service) peut être estimé.

- Le nombre de véhicule qui se trouvent en même temps au quai de chargement (déchargement) est connu.

Il serait intéressant de déterminer la loi de distribution des arrivées des véhicules, pour pouvoir évaluer par la suite le temps d'attente, malheureusement cela nous a pas été possible faute de données. Nous avons dû se contenter du dépouillement d'un registre, regroupant les dates d'entrées et sorties des véhicules, pour déterminer une valeur moyenne d'attente qui est estimée à une heure.

3 - Temps de chargement ou déchargement

C'est le temps perdu pour remplir la fonction manutention qui représente l'ensemble des mouvements et déplacements des produits finis effectués pour leur mise en place sur un moyen de transport ou en poste de stockage, sans en modifier la confirmation.

Ce temps de chargement ou de déchargement est nécessairement fonction :

- Des unités de chargement utilisées (palettes)
- Type de manutention adoptée, automatique ou manuelle.

Si la manutention est partielle et ceci revient à utiliser un engin de levage qui transporte le produit sur palette du poste de stockage au quai de chargement, pour qu'il soit enfin enlevé, comme c'est le cas des unités qui nous concernent, le temps perdu pour remplir ces différentes opérations est fonction du nombre de manutentionnaires mis à la disposition d'un véhicule.

Nous avons remarqué, lors du chargement ou déchargement de la marchandise, qu'un seul chariot est utilisé pour desservir tous les véhicules disposés devant le quai.

Enfin, l'estimation des valeurs (voir tableau 4.8) sont à la base des informations recueillies par différents chauffeurs, manutentionnaires et responsables du service transport de quelques unités de production et point de vente.

Designations	20 to	10 ton	8 ton	6 ton	3 tonn
Peintures	2	1.5	1.15	1	0.75
Détergents	2	1.5	1.15	1	0.75
Entretien	2	1.5	1.15	1	0,73

Tableau 4.8 temps de chargement ou déchargement par catégorie de véhicule (heures).

Pour chaque catégorie de véhicule, le temps de chargement ou déchargement est le même pour les différents produits, ceci s'explique par le fait que pour un véhicule de 20 tonnes par exemple, les produits peintures sont disposés en deux rangées les détergents occupent quant à eux sept rangées, alors que les produits d'entretien, vu l'uniformité de leurs formes, beaucoup de temps est perdu à les arranger de sorte à occuper le maximum d'espace.

L'ensemble des valeurs constituant la durée totale d'une rotation étant disponible et sachant que la durée de travail est de 8 heures, les cas qui se présentent sont les suivants :

Soit t_r la durée totale de la rotation par point de vente et pour une distance donnée. Elle est donnée par la formule suivante :

$$t_r = 2t_a + t_{att} + t_{ch} + t_{dech}.$$

Partant du fait que :

- Tout véhicule arrivant avant 16 heures à l'unité de production est desservi, dans le cas contraire, il sera obligé de passer la nuit à l'unité de production si la distance qui le sépare du point de vente est assez grande pour charger le lendemain.

- Tout véhicule rentrant après 16 heures au point de vente est automatiquement déchargé un jour après son arrivée, s'il nécessite plus d'une heure pour remplir la fonction de déchargement.

Si $t_r < 8$, alors le nombre de rotation r peut être un nombre entier (1, 2 ou 3) comme il peut être égal à 1.5, c'est équivalent à 3 rotations tous les deux jours (voir annexe 9).

Si $t_r > 8$, r est donc inférieur à un, et le véhicule passe plus d'une journée pour accomplir une rotation complète. Nous incluons dans ce cas les heures supplémentaires qui sont en moyenne de deux heures par jour. C'est à dire que la durée moyenne de la journée de travail on peut aller jusqu'à 10 heures. (voir annexe 9).

d - Détermination de la capacité réelle d'un véhicule par type de produit :

Comme la masse volumique diffère d'un produit à un autre, il était donc nécessaire de connaître pour chaque produit, la capacité réelle qui peut être enlevée par catégorie de véhicule.

Les données qui ont été mises à notre disposition par l'unité commerciale sont regroupées dans le tableau 4.9

Désignations	20 T	10 T	8 T	6 T	3 T	%
Peintures	20	10	8	6	3	100%
Détergents	11	5.5	4.5	3.5	1.7	55%
Entretien	16.5	8.5	6.5	5	2.5	82%

Tableau 4.9 : Capacités réelles par produit et par catégorie de véhicule.

4.1.3 - DONNEES RELATIVES A LA FLOTTE COMPTE AUTRUI

La flotte est composée uniquement de véhicules de capacité égale à 20 tonnes.

a - Détermination du nombre de rotation par jour

Comme nous l'avons déjà dit, les véhicules essentiellement loués par la SNTR sont prioritaires, leur temps d'attente est nul.

Compte tenu de cette nouvelle variante, nous avons calculé le nombre de rotations par jour, pour toute relation unité de production, point de vente (voir annex9).

b - Coûts de location

Les tarifs de location revêtent deux formes qui sont :

1 - Taux à la journée :

C'est une formule qui correspond à la mise à la disposition d'un véhicule pour un trajet de moins de 250 Km, qui se présente comme l'addition d'un terme fixe (frais fixes du matériel, quelque soit son utilisation) et d'un terme proportionnel à la distance parcourue. Le tarif de la mise à disposition est fixée à 2200 DA par jour.

Remarque : Quand il s'agit d'une mise à disposition, l'unité loue généralement le véhicule pour plus d'une journée.

2 - Taux de relation :

Cette formule est largement répandue chaque fois qu'un véhicule est amené à faire un voyage à une seule unité de production pour le chargement total (pour plus de 250Km).

Les prix de base donnent lieu à des tarifs variables en fonction :

- De la charge utile et des caractéristiques techniques du véhicule.

- De la distance de transport ;

- De la nature de relation;

- De l'importance de la relation.

Les différents coûts sont regroupés dans un tableau (voir annexe 9).

Seulement étant donné que notre modèle a été établi pour une période d'une journée, nous avons calculé les coûts de location journaliers comme suit :

Si la distance entre un point de vente et une unité de production est inférieure à 250 Km, le coût journalier est 2200 DA;

Si non, il est déterminé en multipliant pour chaque relation le coût de location par la rotation correspondante.

4.3. APPLICATION

Après avoir déterminé les coûts de revient journaliers de chaque catégorie de véhicules et pour toute relation, point de vente I, unité de production J, ainsi que la quantité maximale transportée par jour et par véhicule, représentant les données du problème(P), ce problème à 726 variables et 121 contraintes à été résolu par le MILP. le temps d'exécution a été évalué à 1 h 26 mn. Les résultats ainsi obtenus (voir annexe 11) ont été introduits dans le programme qui, à son tour à donné la solution finale (voir annexe 12).

INTERPRETATION DES RESULTATS DU MILP :

La résolution par le MILP, nous a fourni, pour les véhicules de 3 tonnes, un nombre égal à 4.771, alors que le nombre de véhicules disponibles dans la flotte de l'unité est de 8 . Ceci s'explique par les coûts importants qu'engendrent ces véhicules, du fait qu'ils transportent peu de marchandises malgré le nombre de rotations spécifique à cette catégorie qui est plus élevé que celui des autres véhicules de capacité supérieure. Autrement dit le coût par tonne transportée par un véhicule loué est inférieur à celui du véhicule de capacité 3 tonnes, appartenant à l'unité.

Il n'est donc pas bénéfique à l'entreprise de disposer de véhicules de catégorie 5 (3 tonnes)

INTERPRETATION DES RESULTATS DE L'HEURISTIQUE

La solution obtenue à la fin du troisième tri de la procédure heuristique est entière mais non réalisable, nous signalons que le passage au pas 4 peut détériorer la solution du point de vue coût et capacité, ceci pour deux raisons:

- Sous utilisation d'un certain nombre de véhicules ;
- Augmentation du nombre de véhicules loués.

Pour illustrer ces deux points, nous présentons l'exemple suivant.

Soit la solution obtenue à la fin du troisième tri, présentée dans le tableau 4.10

k \ pv	1	2	3	4	5	6	
1	1			1	1		3
2	1	1	1		1	1	5
							total
							8

Tableau 4.10

pv : désigne le point de vente
k : désigne la catégorie de véhicule

Supposons que le nombre de véhicules de catégorie 1 et 2 disponibles au niveau de la flotte est respectivement 4 et 2

Etant donné qu'un véhicule ne peut desservir plusieurs points de vente, le pas 4 permet d'affecter automatiquement un véhicule de catégorie 1 (capacité égale 10 tonnes) à un des points de vente pour remplacer le véhicule de catégorie 2 (capacité égale à 3 tonnes) manquant. Seulement, la demande totale n'étant pas satisfaite puisqu'il manque toujours deux véhicules de catégorie 2, le recours à la SNTR s'impose.

Affecter à chaque point de vente un nombre entier de véhicules entraîne, la sous utilisation de quelques véhicules, et la nécessité de louer des véhicules supplémentaires.

Du fait que, le but de notre étude est de déterminer une affectation des véhicules à coût minimal, et étant donné qu'il existe au niveau de l'unité commerciale d'Alger un parc central, nous avons envisager la possibilité d'affecter un véhicule à ce parc, qui aura pour mission de satisfaire la demande restante de tous les points de vente.

Pour l'exemple cité plus haut, la solution serait d'affecter le véhicule restant de catégorie 1 aux points de vente où il y'a un manque en véhicules de catégorie 2 (3 véhicules de capacité 3 tonnes).

Partant de ce principe nous avons déterminé la solution finale, en procédant manuellement à une réaffectation de certains

véhicules de façon à améliorer la solution de point de vue coût et capacité.

Nous donnerons une solution relative au point de vente Belcourt, les autres seront figurées en annexe (11).

- a. Catégorie de véhicule : 1 Période 1 jour
 - Unité de production : UPEL
 - Fréquence d'utilisation : 1
 - Nombre de voyages par période : 1

- b. Catégorie de véhicule : 4 Période 10 jours
 - Centre régulateur : CR/Regaia
 - Fréquence d'utilisation : 9/10
 - Nombre de voyages par période : 9
 - Unité de production : UPR
 - Fréquence d'utilisation : 1/10
 - Nombre de voyages par période : 2

- c. Catégorie de véhicule : 4 Période 1 jour
 - Centre régulateur : CR/Regaia
 - Fréquence d'utilisation : 1
 - Nombre de voyages par période : 2

- d. Catégorie de véhicule : 2 Période 10 jours
 - Unité de production : UPEH
 - Fréquence d'utilisation : 1/10
 - Nombre de voyages par période : 2
 - Unité de production : UPR
 - Fréquence d'utilisation : 9/10
 - Nombre de voyages par période : 9

- e. Catégorie de véhicule : 5 Période 1
 - Unité de production : UPR
 - Fréquence d'utilisation : 1
 - Nombre de voyages par période : 2

Pour ce cas, 5 véhicules de catégorie 5, sont affectés au point de vente Belcourt pour transporter les produits de l'unité de production Regaia

La solution finale représentant le nombre de véhicules affecté à chaque point de vente est donnée par le tableau 4.11

1 véhicule de capacité égale à 20 tonnes est affecté aux points de vente où la demande n'a pas été satisfaite (voir annexe 12).

k \ pv	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	tot
1	1		1		1	1	1		1	1		7
2	1	3		3			1		1		1	10
3								2				2
4	2		3			1						6
5	5											5
tot	9	3	4	3	1	2	2	2	2	1	1	

Tableau 4.11

Le nombre ,pour chaque catégorie de véhicules de l'unité, affecté à chaque point de vente, étant déterminé, ainsi que les différents trajets que doivent effectuer chacun d'eux. Nous passons à présent à la détermination du nombre de véhicules loués pour chaque point de vente.

C'est à partir des données du MILP que nous allons déduire le nombre de véhicules loués par point de vente.

Exemple

Soit 0.24, une donnée du MILP,représentant le nombre de véhicules affectés par jour au point de vente I pour s'approvisionner de l'unité J . La rotation est égale à 0.5

Autrement dit, un véhicule loué, s'approvisionnera de l'unité J pour le compte du point de vente 1 une fois tous les 8 jours.

En effet, pendant cette période, le véhicule aura enlevé 20 tonnes qui correspondent bien à la demande de 8 jours,qui est égale à:
 $0.24 \times 0.5 \times 8 \times 20$

C'est ainsi que nous avons pu déterminer les solutions relatives au cas réel. Nous donnerons l'exemple du point de vente AFLOU,les autres seront figurés en annexe (11)

k \ up	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEL	CR.R	UP.R
NV	1	1	1	1	1	1	1
T(jou)	13	10	144	20	54	7	5

Tableau 4.12

En examinant les résultats obtenus par l'approche heuristique nous avons constaté que:

- L'utilisation des véhicules de l'unité pour les longs trajets (distances supérieures à 250 Km) est rare.

- l'affectation obtenue a engendré un taux de participation des véhicules de la flotte propre compte, égale à 6% .

- Le coût journalier a été évalué à 70344.14, La méthode heuristique a donné un coût proche à celui obtenu par la programmation linéaire qui est égal à 69452.25, en effet la déviation est de 1.27 %

- La solution obtenue par l'approche heuristique a donné le même nombre de véhicules que celui déterminé par la programmation linéaire, c'est à dire qu'il existe toujours 3 véhicules de capacité égale à 3 tonnes sous utilisés.

Conclusion

Nous voulons, à travers l'application pratique mettre à la disposition de l'unité commerciale d'Alger une méthodologie qui détermine l'affectation optimale des véhicules. Pour cela nous avons collecté un ensemble de données concernant la zone qui a fait l'objet de notre étude, aussi nous avons estimé quelques paramètres relatifs aux temps d'attente, temps de chargement et déchargement.

Les résultats obtenus se sont révélés appréciables, puisque le gain en quantités transportées par les moyens propres à l'unité est de 6%

CHAPITRE 5

CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Dans ce chapitre, nous exposerons quelques cas qui seraient intéressant de les étudier et les analyser, puis nous résumerons notre travail en une conclusion qui sera suivie de quelques suggestions.

EXTENSION

Le but de notre étude était de déterminer, compte tenu du nombre de véhicules disponibles dans l'unité, l'affectation de ces derniers aux différents points de vente.

Il serait intéressant, si le temps nous l'avait permis de chercher la part de la flotte (en nombre et en Catégorie de véhicules) que l'entreprise doit acquérir et celle qu'elle doit louer de manière à minimiser le coût total de distribution tout en tenant compte de la contrainte budgétaire.

Ceci revient à résoudre le problème P établi au chapitre 2 en remplaçant la contrainte (2) par la contrainte budgétaire. Soit P1 ce nouveau problème.

L'approche élaborée pour la résolution du problème P demeure applicable au problème P1.

Seulement, dans les deux problèmes P et P1, la demande (donnée par l'unité) est stationnaire durant toute l'année, c'est à dire que la part des véhicules loués demeure toujours la même d'une période à une autre.

On peut toujours envisager, pour l'avenir, le cas où les demandes fluctuent à court terme (variations journalières) ou à long terme (variations saisonnières) pour étudier le problème de la gestion de la taille de la flotte, communément appelé "fleet size problème", un problème qui a intéressé plusieurs auteurs. Nous nous proposons d'exposer les travaux de quelques un d'entre eux.

Une approche de résolution du problème de la gestion de taille de la flotte a été développée par Kirby [7] dans le cadre du transport ferroviaire, tout en supposant la demande stationnaire et la flotte homogène. Il a énoncé une règle, pour s'assurer de l'optimalité de la flotte et qui se résume comme suit :

" Si la location d'un Wagon coûte K fois plus chère qu'un Wagon propre compte, alors un Wagon sera nécessairement loué une fois tous les K jours".

Wyatt [13] de son côté a supposé que la demande des produits subit des fluctuations avec le temps et a introduit les coûts variables de distribution.

Il définit la proportion de temps pour laquelle des véhicules seront nécessairement égale à $f/(h-v)$

où

f : coût fixe/ jour / véhicule

v : coût variable/jour/véhicule

h : coût de location

Ceci peut être démontré de la façon suivante :

Soit une fonction f , représentant la demande en fonction du temps (voir figure 5.1) pour une firme donnée.

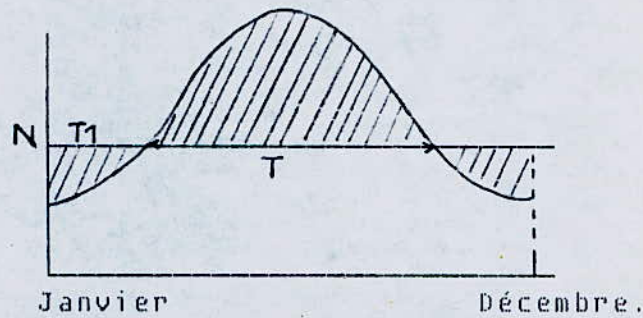


Fig 5.1

Soient :

N : Taille de la flotte

Y : Nombre de jours de travail par an.

Nous remarquons que pendant la période T_1 , il existe des véhicules de la firme sous utilisés, alors que durant la période T (moments de forte demande) des véhicules en plus seront loués, ce qui engendrerait des coûts supplémentaires.

La détermination de la composition optimale de la flotte, consiste à évaluer le niveau N qui minimise le coût représenté par l'aire hachurée (coût de location + coût engendré par la sous utilisation des véhicules).

Quand un véhicule en plus peut satisfaire la demande restante de la période T , ce véhicule coûtera pour la firme une somme totale égale à TH .

Il est donc intéressant d'acheter un véhicule quand

$$TH > FY + TV$$

c'est à dire si

$$\frac{T}{Y} > \frac{F}{h - U}$$

Ce qui signifie, que la composition de la flotte est optimale seulement quand la proportion de jours où des véhicules seront loués est égale à $f/(h-v)$

(correspond à la formule de Kirby avec $v=0$).

D'autres auteurs ont étudié le problème de la composition optimale de la flotte qui consiste à déterminer la part que l'entreprise doit acquérir et celle qu'elle doit louer de façon à minimiser le coût total de distribution dans le cas où la flotte est hétérogène, c'est à dire qu'elle dispose de plusieurs types et catégories de véhicules alors que quelques uns ont considéré dans la formulation de leurs problèmes les contraintes budgétaires, le phénomène d'obsolescence et les coûts de maintenance par type et âge de véhicule (voir annexe 13).

Les approches utilisées pour la résolution des problèmes sont nombreuses, nous citons essentiellement la programmation linéaire, la programmation dynamique et les méthodes graphiques.

C O N C L U S I O N

L'étude que nous avons menée consiste à traiter un problème d'affectation optimale des véhicules pour un réseau donné dans lequel, il s'agissait de déterminer le nombre par catégorie de véhicules à affecter à chaque point de vente pour ensuite définir leurs meilleurs répartitions pour enlèvement des produits des différentes unités de production, de manière à minimiser le coût total de distribution, qui regroupe en même temps les coûts fixes et coûts variables par catégorie de véhicules, ainsi que les coûts de location.

D'autre part, nous nous sommes proposées de donner le nombre de véhicules minimal pour chaque relation point de vente unité de production, nécessaire pour satisfaire la demande résistante du point de vente considéré, et qui n'a pu être enlevée par la flotte compte propre à l'unité.

Cherchant à atteindre ces objectifs, une formulation mathématique de ce problème en un problème linéaire en nombres entiers a été donnée et la première idée de recourir à une méthode exacte a été rejetée vu le nombre important de variables et de contraintes du modèle. Nous avons alors développé une méthode heuristique basée sur le reajustement d'une solution déterminée au préalable. Son efficacité a été testée sur 15 problèmes tests, générés aléatoirement, et les résultats obtenus se sont révélés concluants.

Pour finir, nous avons concrétisé nos travaux au niveau de l'unité commerciale Alger de DIPROCHIM, qui a mis à notre disposition des données en plus de celles que nous avons estimées (rotations). Les résultats se sont révélés appréciables, représentés par un gain en quantités transportées par les moyens propres à l'unité, de plus de 6%

Enfin, nous soumettons aux responsables de la distribution une méthodologie en plus d'un programme informatique, qui peuvent représenter des outils stratégiques de décision. Nous voulons signaler entre autre, que cette méthodologie n'est pas propre à l'unité commerciale d'Alger, qui a fait l'objet de notre étude, mais pourrait être appliquée à toutes les autres unités commerciales rattachées à l'entreprise DIPROCHIM.

SUGGESTIONS

Nous nous proposons d'exposer certaines suggestions qui méritent d'être mentionnées et qui peuvent constituer un point de départ pour d'autres travaux.

1. Dans la formulation du problème nous n'avons pas considéré un cas pratique qui consiste à affecter un véhicule pour l'approvisionnement à partir de deux ou plusieurs unités de production pendant une certaine période, cette contrainte peut être introduite dans la formulation en ajoutant un autre facteur qui est le temps, seulement le nombre de variables et de contraintes va augmenter.

Il suffit donc de remplacer les variables de décision (X_{ijk} , Y_{ijk}) du modèle (p) (cf chap 2), respectivement par les variables X_{ijkt} et Y_{ijkt} ,

où t désigne le temps (jour), $t = 1, \dots, T$;

T étant une période fixée à l'avance (1 mois ou 1 trimestre);

2. Il serait intéressant, dans la formulation du problème, de tenir compte d'autres restrictions techniques, particulièrement l'âge des véhicules pour une plus précise affectation de ces derniers.

3. Notre étude d'affectation s'est basée sur l'hypothèse que l'approvisionnement des unités de production se faisait uniquement par route, il serait peut être profitable d'envisager la possibilité de transporter les produits par voie ferrée, qui possède l'avantage de transporter un grand tonnage. Tenir compte de cette opportunité peut pousser plus loin l'optimisation des coûts de distribution.

4. Dans la résolution, nous avons été obligées d'estimer certaines données, à savoir les temps d'attente, chargement et déchargement, nous avons entre autre supposé qu'elles étaient les mêmes pour toutes les unités de production, alors que réellement, ces unités de production ne sont pas dotées des mêmes moyens (chariots, palettes).

Nous souhaitons qu'une éventuelle étude sur l'évaluation des temps d'attente, temps de chargement et déchargement par unité de production soit entreprise.

5. Nous avons remarqué, lors de notre étude, que les temps de chargement et dechargement des vehicules etaient trops importants. Il serait nécessaire de proceder à une réorganisation des fonctions chargement et déchargement au niveau des quais.

6. Comme nous l'avons dit, l'entreprise DIPROCHIM regroupe un grand nombre d'unités de production et de points de ventes . L'affectation de ces unités de production aux différents points de vente nous a été dictée par l'entreprise.

Une étude peut être envisagée pour déterminer au niveau national la meilleure affectation de ces unités de production aux différents points de vente. Il est certain que cette étude ne manquera pas de donner une solution optimale qui allégera le coût total de distribution.

7. Enfin, un point qui nous a beaucoup intéressé était le problème des parcours à vide. En effet les différentes unités commerciales disposent chacune d'une flotte propre à elle et ne desservent que les points de vente qui leurs sont associés.

Une étude a été entreprise par les responsables de distribution dans le but de minimiser ces parcours à vide. Seulement il serait plus avantageux de procéder à l'utilisation des modèles mathématiques de la recherche opérationnelle.

REFERENCES

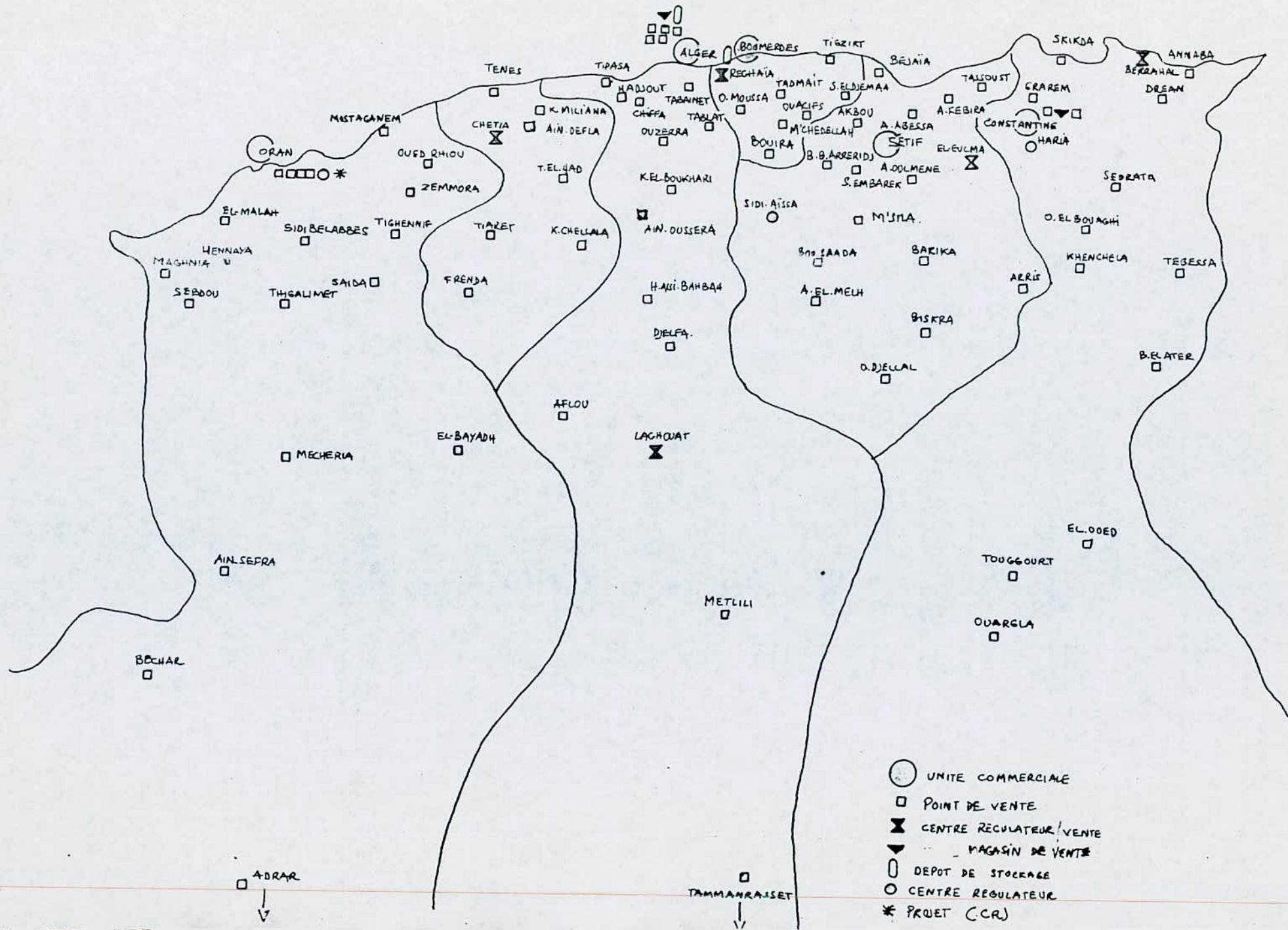
- 1 - P.ALSBURY (1972) "the vehicle fleet mix", Int. J Phys. dist. 3, 123-125.
- 2 - J.C ARMICI (1986), "Turbo Pascal version 4, manuel de programmation", edition Lisa.
- 3 - R.W EGGLESE (1986) "Heuristic in operations research" in 'Recent Developments in Operational Research' (V. Belton and R.M.O'Keefe, eds), Pergamon Press, Oxford.
- 4 - J.G FLAMBOIS (1986), "Camionnage et organisation des livraisons", edition technip.
- 5 - M.FRYBOURG. (1985), "Enseignement Superieur de Transport" edition Paradigme, tomes 1 et 2.
- 6 - J.GOULD (1969), "The size and composition of a road transport fleet", opl Res. Quart 18, 281-295.
- 7 - D. Kirby (1959), "Is your fleet the right size?", Opl Res.Quart 10, 252.
- 8 - R.H.Mole (1975), "Dynamic Optimization of vehicle fleet size", Opl Res.Quart 26, 25-34.
- 9 - C.C.New (1975), "Transport fleet planning for multi-period operations", Opl Res Quart 26, 151-166.
- 10 - M.SIMONNAR (1972), "Programmation linéaire, technique de calcul économique " Edition DUNOD.
- 11 - TAHA .HA (1982) "Operations research ;An introduction", third Edition, MACMILLIAN publishilg.
- 12 - H.M. WAGNER (1969), "Principles of operational research", PRENTICE HILL,NY.
- 13 -J.K.WYATT (1961), "Optimal fleet size", Opl Res Quart.12 187-188.

ANNEXES

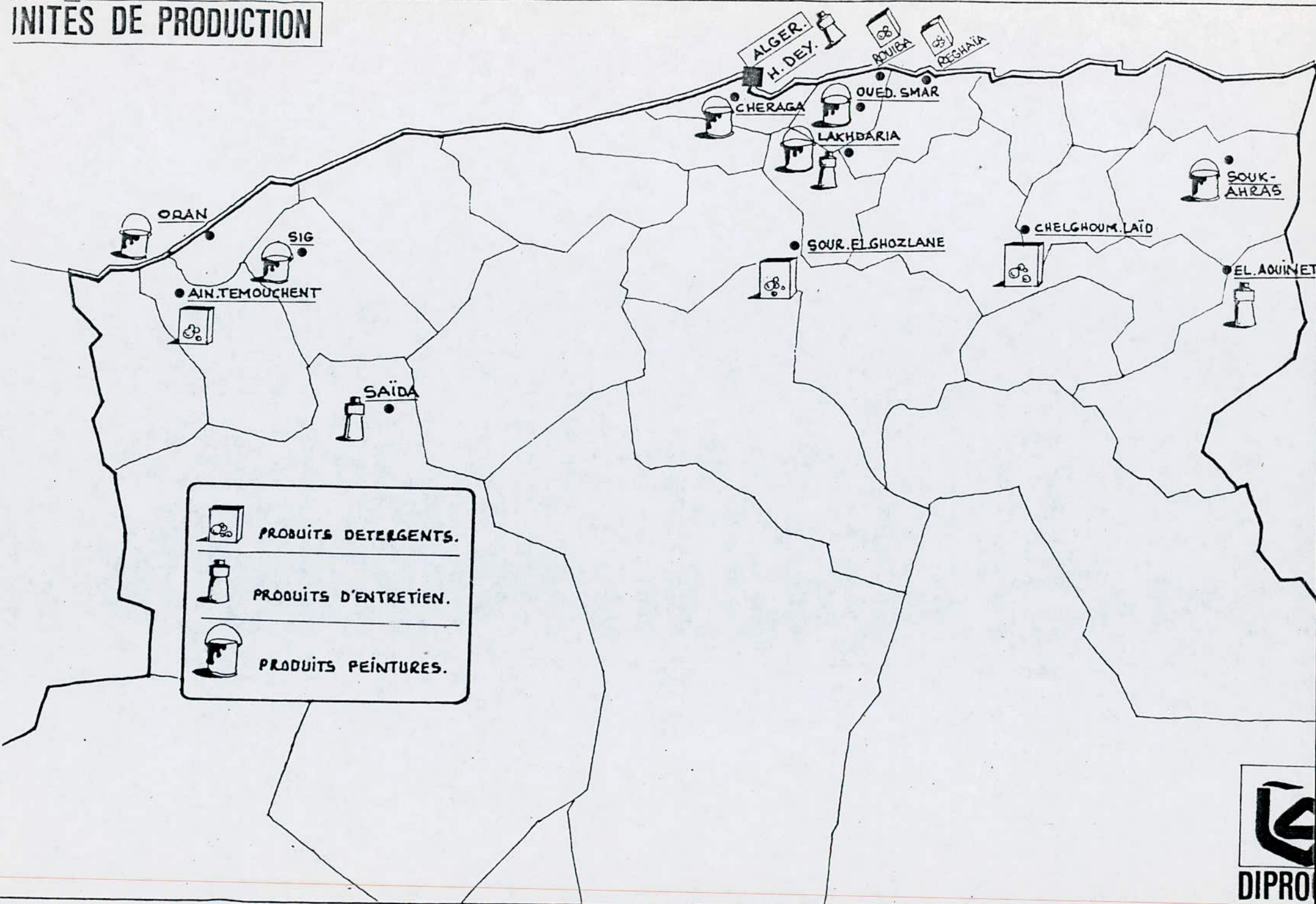
- Annexe 1 : Carte géographique représentant la répartition des unités de production
- Annexe 2 : Carte géographique représentant la répartition des points de vente
- Annexe 3 : Composition en nombre et en type de la flotte de distribution au mois d'avril 1990
- Annexe 4 : Méthode de décomposition de DANTZIG et WOLF
- Annexe 5 : Combinaisons pour les différentes catégories de véhicules
- Annexe 6 : Données pour un problème test
- Annexe 7 : Distances entre points de vente et unités de productions
- Annexe 8 : Demandes journalières en produits chimiques pour l'année 1990
- Annexe 9 : Les rotations
- Annexe 10: Coûts de location
- Annexe 11: Solutions données par le MILP
- Annexe 12: Solutions obtenues par la méthode heuristique
- Annexe 13: Fleet size problem

CORRESPONDANCE NUMERO POINT DE VENTE

- 1 : BELCOURT
- 2 : EL HARRACH
- 3 : KOUBA
- 4 : CALED
- 5 : TIPAZA
- 6 : HADJOUT
- 7 : CHIFFA
- 8 : TABAINETTE
- 9 : OUZARA
- 10 : K.E.B
- 11 : TABLAT
- 12 : DJELFA
- 13 : A.OUASARA
- 14 : H.B.B
- 15 : AFLOU
- 16 : METLILI
- 17 : TAMANRASSET
- 18 : LAGHOUAT



UNITES DE PRODUCTION



ANNEXE 3

COMPOSITION DE LA FLOTTE

TYPE	CAPACITE (TONNE)	NOMBRE DE VEHICULES DISPONIBLES	NOMBRE DE VEHICULES REELS	NOMBRE DE VEHICULES EN PANNE
1	20	9	8	1
2	10	12	10	2
3	8	3	2	1
4	6	6	6	0
5	5	11	8	3

ANNEXE 4

METHODE DE DECOMPOSITION DE DANTZIG ET WOLFE

Dans la méthode du simplexe, le volume des calculs nécessaires pour résoudre un problème de programmation linéaire dépend essentiellement du nombre de contraintes, du nombre de coefficients de la matrice du problème et de la structure de cette matrice.

Actuellement, on cherche souvent à résoudre des problèmes importants, comme c'est le cas des grandes entreprises qui ont généralement plusieurs unités de production qui fabriquent divers produits. Il est souhaitable pour obtenir un coût raisonnable de calcul (résolution sur calculateurs puissants) d'utiliser la méthode de décomposition.

Cette méthode a été exposée par Dantzig et Wolfe, et s'applique pour des problèmes de la forme suivante :

$$\begin{array}{l} \text{P3} \left\{ \begin{array}{l} \text{Minimiser } X_0 = C_1 X_1 + C_2 X_2 + \dots + C_n X_n \\ \text{Sachant que :} \\ A_1.X_1 + A_2.X_2 + \dots + A_n.X_n = b_0 \\ D_1.X_1 = b_1 \\ D_2.X_2 = b_2 \\ \dots \\ D_n.X_n = b_n \\ X_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, n \end{array} \right. \end{array}$$

Soient:

A_j une matrice de dimension $(r_0 \times m_j)$

D_j une matrice de dimension $(r_j \times m_j)$

Le problème original P3 est donc un problème à

$$\sum_{j=0}^n r_j \text{ contraintes et } \sum_{j=1}^n m_j \text{ variables.}$$

Chacun des systèmes de contraintes indépendantes :

$$\begin{cases} D_j X_j = b_j \\ X_j \geq 0 \end{cases}$$

définit, un tronçon S_j dans l'espace R_j^n des solutions.

soient X_{ji} les points extrémaux du polyèdre convexe S_j .
 Tout point X_j de S_j peut être représenté comme une
 combinaison linéaire convexe des points extrémaux.

$$X_j = \sum_{i=1}^{S_j} \beta_{ji} X_{ji} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$\beta_{ji} \geq 0$$

$$S_j \sum_{i=1} \beta_{ji} = 1$$

$$i=1$$

Il est possible d'éliminer les contraintes des sous
 problèmes en reformulant le problème original P3 en un
 problème équivalent de la forme suivante :

$$\text{Min } X_0 = \sum_{i=1}^{S_1} C_1 X_{1i} \beta_{1i} + \sum_{i=1}^{S_2} C_2 X_{2i} \beta_{2i} + \dots + \sum_{i=1}^{S_n} C_n X_{ni} \beta_{ni}$$

Sachant que :

$$\sum_{L=1}^{S_1} A_1 X_{1i} \beta_{1i} + \sum_{L=1}^{S_2} A_2 X_{2i} \beta_{2i} + \dots + \sum_{L=1}^{S_n} A_n X_{ni} \beta_{ni} = b_0$$

$$(P4) \quad \sum_{L=1}^{S_1} \beta_{1i} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{S_2} \beta_{2i} = 1$$

$$\sum_{i=1}^{S_n} \beta_{ni} = 1$$

$$\beta_{ji} \geq 0 \quad j=1, \dots, n \quad i=1, \dots, S_j$$

Le nouveau problème P4 est un problème à (r_0+n) contraintes.

En passant donc du problème P3 au problème P4, on a fait décroître le nombre d'équation de

$$\sum_{j=1}^n r_j \quad \text{à} \quad r_0+n.$$

La résolution du problème original P3 à $\sum_{j=1}^n r_j$ équations et $\sum_{j=1}^n m_j$ inconnues est finalement ramenée à la résolution d'un problème à (r_0+n) équations. Chaque itération du nouveau problème P4, exigeant la résolution préalable de n sous problèmes mutuellement indépendants de dimensions respectives $(m_j \times n_j)$.

ANNEXE 5

CATEGORIES	COMBINAISON
1	(1) (2 , 2) (2 , 3 , 5) (2 , 4 , 4) (3 , 4 , 5 , 5) (4 , 4 , 4 , 5) (3 , 5 , 5 , 5) (4 , 5 , 5 , 5 , 5) (5 , 5 , 5 , 5 , 5 , 5)
2	(2) (3 , 5)
3	(3) (4 , 5) (5 , 5 , 5)
4	(4) (5 , 5)
5	(5)

ANNEXE 6

Nombre de points de vente (pv) : 3
 Nombre de categories de vehicules (k) : 4

catégorie	1	2	3	4
capacite	16	7	9	19
nombre de vehic	2	5	4	4
cout fixe	552.9	332.5	334.0	570.2
cout variable	2.23	1.31	1.41	2.4

1. Point de vente i=1 Nombre d'unités de production : 3

	UP1	UP2	UP3
distance	465.21	152.5	1058.9
demande	4.47	8.92	2.5

Tableau des rotations

UP	UP1	UP2	UP3
k			
1	.32	.65	.16
2	.36	.83	.17
3	.35	.78	.17
4	.32	.48	.16

2. Point de vente i=2 Nombre d'unités de production : 4

	UP1	UP2	UP3	UP4
distance	1779.07	1456.8	783.7	964.4
demande	3.36	16.37	6.98	2.17

ANNEXE 6 (SUITE)

Tableau des rotations

K	UP	UP1	UP2	UP3	UP4
1		.10	.12	.21	.18
2		.11	.13	.23	.19
3		.11	.13	.23	.19
4		.10	.12	.18	.18

3. Point de vente i=3

Nombre d'unités de production : 2

	UP1	UP2
distance	358.34	202.0
demande	2.17	4.73

Tableau des rotations

k	UP	UP1	UP2
1		.39	.56
2		.45	.69
3		.43	.65
4		.36	.53

ANNEXE 7

DISTANCES MOYENNES ENTRE POINTS DE VENTE ET
UNITES DE PRODUCTION

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UPR	SEG	CR/SA
1	80					6	30		30		
2	77					3	30		25		
3	80					2	30		30		
4		3	25	75	395			435			
5	145	67	50	145	340	80		392	98		
6	167	89	50	167	375	90		400	90		
7	136	60	83	136	335	70		356		170	
8	140	40	70	140	356	35		390	50		
9	160	102	80	160	350	104		372		80	
10	239	161	181	239	330	170		435			90
11	145	70	110	145		70				65	
12	244	315	316	344	475		325	511			211
13	251	229	229	251	363		229				157
14	295	250	225	395	372		293				201
15	576	464	484	576	480		498			475	
16	680	600	630	680	815		630			550	
17	1925	1971	2000	1925	2001		2002			1969	
18	536	428	430	536	615		428			370	

ANNEXE 8

DEMANDES JOURNALIERES

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UPR	SEG	CR/SA
1	16.32					1.21	13.2		20.69		
2	6.66					.48	6.57		12.27		
3	8.16					.55	8.89		15.74		
4		24.57	19.92	5.98	11.96			3.98			
5	5.40	2.55	4.34	.19	1.33	.39		1.04	10.68		
6	4.69	2.83	4.28	.19	1.36	.34		1.07	8.33		
7	6.15	3.52	5.41	1.01	1.64	.45		1.01		11.77	
8	.84	3.77	3.32	.18	.83	3.94		1.10	8.18		
9	.85	1.94	2.74	.14	.80	3.57		1.07		12.04	
10	7.35	1.74	2.17	.11	.44	.62		.97			5.17
11	.36	2.16	1.12	.10		1.84				4.96	
12	.65	1.64	2.06	.24	1.03		.36	1.09			.20
13	.42	1.55	2.18	.19	.92		2.17				3.76
14	.32	1.03	1.05	.07	.29		4.07				2.49
15	.33	1.53	1.94	.14	1.02		1.51			2.40	
16	.62	1.13	.19	1.27			2.85			9.72	
17	.27	.95	1.37	.21	.98		1.27			3.58	
18	.53	2.65	3.89	.35	1.95		2.69			13.19	

ANNEXE 9

LES ROTATIONS

CATEGORIE :1

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UPR	SEG	CR/SA
1	1					1.5	1		1		
2	1					1.5	1		1		
3	1					1.5	1		1		
4		1.5	1	1	.5			.45			
5	.8	1	1	.8	.8	1		.45	1		
6	.8	1	1	.8	.5	1		.45	1		
7	.8	1	1	.8	.5	1		.5		1	
8	.8	1	1	.8	.5	1		.45	1		
9	.8	.8	1	.8	.5	.8		.5		1	
10	.67	.8	.8	.67	.5	.8		.45			1
11	.8	1	.8	.8		1				1	
12	.5	.5	.5	.5	.45		.5	.45			.8
13	.67	.8	.8	.67	.5		.8				.8
14	.5	.67	.8	.5	.5		.67				.67
15	.4	.45	.45	.4	.45		.45			.45	
16	.34	.4	.4	.34	.28		.4			.45	
17	.143	.143	.143	.143	.143		.143			.143	
18	.45	.5	.5	.45	.45		.5			.5	

ANNEXE 9 (SUITE)

CATEGORIE : 2

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UPR	SEG	CR/SA
1	1					2	1		1		
2	1					2	1.5		1.5		
3	1					2	1		1		
4		2	1.5	1	.5			.5			
5	.8	1	1	.8	.5	1		.45	1		
6	.8	1	1	.8	.5	1		.45	1		
7	1	1	1	.8	.5	.5		.5		1	
8	.8	1	1	.8	.5	1		.5	1		
9	.8	1	1	.8	.5	1		.5		1	
10	.67	.8	.8	.67	.5	.8		.45			1
11	.8	1	1	.8		1				1	
12	.5	.5	.5	.5	.45		.5	.45			.8
13	.67	.8	.8	.67	.5		.8				.8
14	.67	.67	.8	.67	.5		.67				.67
15	.4	.45	.45	.4	.45		.45			.45	
16	.34	.4	.4	.34	.28		.4			.45	
17	.143	.143	.143	.143	.143		.143			.143	
18	.45	.5	.45	.45	.4		.5			.5	

ANNEXE 9 (SUITE)

CATEGORIE : 3

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UPR	SEG	CR/SA
1	1					2	1.5		1.5		
2	1					2	1.5		1.5		
3	1					2	1.5		1.5		
4		2	1.5	1	.5			.5			
5	.8	1	1	.8	.5	1		.5	1		
6	.8	1	1	.8	.5	1		.5	1		
7	1	1	1	1	.67	1		.5		1	
8	1	1.5	1	1	.5	1.5		.5	1.5		
9	.8	.8	1	.8	.5	.8		.5		1	
10	.67	.8	.8	.67	.5	.8		.5			1
11	1	1	1	1		1				1.5	
12	.5	.5	.5	.5	.45		.5	.45			.8
13	.8	.8	.8	.8	.5		.8				.8
14	.67	.8	.8	.67	.5		.8				.67
15	.4	.45	.45	.4	.45		.45			.45	
16	.34	.4	.4	.34	.28		.4			.45	
17	.143	.143	.143	.143	.143		.143			.143	
18	.45	.5	.5	.45	.45		.5			.5	

ANNEXE 9 (SUITE)

CATEGORIE : 4

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UPR	SEC	CR/SA
1	1					2	2		2		
2	1					2	2		2		
3	1					2	2		2		
4		3	2	1.5	.5			.5			
5	1	1.5	1.5	1	.5	1.5		.5	1		
6	.8	1	1.5	1	.5	1		.5	1		
7	1	1.5	1	1	.67	1		.67		1	
8	1	1.5	1	1	.5	2		.5	1.5		
9	1	1	1	1	.5	1		.5		1.5	
10	.67	1	.8	.67	.5	.8		.5			1.5
11	1	1	1	1		1				1.5	
12	.5	.5	.5	.5	.5		.5	.45			.8
13	.8	.8	.8	.8	.5		.8				.8
14	.67	.8	.8	.67	.5		.8				.67
15	.4	.45	.45	.4	.45		.45			.45	
16	.34	.4	.4	.34	.28		.4			.45	
17	.143	.143	.143	.143	.143		.143			.143	
18	.45	.5	.45	.45	.4		.5			.5	

ANNEXE 9 (SUITE)

CATEGORIE : 5

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UPR	SEG	CR/SA
1	1					3	2		2		
2	1					3	2		2		
3	1					3	2		2		
4		3	2	1.5	.5			.5			
5	1	1.5	1.5	1	.5	1.5		.5	1		
6	1	1.5	1.5	1	.67	1.5		.67	1.5		
7	1	1.5	1.5	1	.67	1.5		.67		1	
8	1	2	1.5	1	.5	2		.5	2		
9	1	1	1	1.5	.5	1		.5		1.5	
10	.67	1	1	.67	.5	1		.5			1.5
11	1	1.5	1	1		1				1.5	
12	.5	.5	.5	.5	.5		.5	.45			.8
13	.8	.8	.8	.8	.5		.8				1
14	.67	.8	.8	.67	.5		.8				.67
15	.4	.45	.45	.4	.45		.45			.45	
16	.34	.4	.4	.34	.28		.4			.45	
17	.143	.143	.143	.143	.143		.143			.143	
18	.45	.5	.45	.45	.4		.5			.5	

ANNEXE 10

COUTS DE LOCATION

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UP/R	SEG	CR/SA
1	2200					2200	2200		2200		
2	2200					2200	2200		2200		
3	2200					2200	2200		2200		
4		2200	2200	2000	3228			3501			
5	2200	2200	2200	2200	2813	2200		2886	2200		
6	2200	2200	2200	2200	2813	2200		2910	2200		
7	2200	2200	2200	2200	3089	2200		3189		2200	
8	2200	2200	2200	2200	3089	2200		3189	2200		
9	2200	2200	2200	2200	3089			3189		2200	
10	2200	2200	2200	2200	3300	2200		3400			2200
11	2200	2200	2200	2200		2200				2200	2200
12	2471	2471	2471	2748	3642		2874	3856			2200
13	2200	2200	2200	2200	2886		2200				2200
14	2332	2200	2200	2332	3089		2332				2200
15	4311	3579	3843	4311	3782		3842			3557	
16	5964	5098	5501	5964	5964		5501			5207	
17	29872	29734	29974	30000	30000		30137			29843	
18	2994	3302	3542	4311	4311		3556			3412	

ANNEXE 11

SOLUTIONS DONNEES PAR LE MILP (VEHICULES PROPRES A L'UNITE)

PV	TYPE	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/RE	UPO	UP/RE	SEG	CR/SA
1	1	1					0	0		0		
	2	0					.0712	0		0		
	4	0					0	1.892		0.638		
	5	0					0	0		4.771		
2	1	.0102					0	0		0		
	2	.7638					.0282	.79		1.4		
3	1	.4945					0	0		0		
	2	0					.0324	0		0		
	3	0					0	.0515		0		
	4	0					0	1.22		2.2		
4	1		0	0	.299	0			0			
	2		1.228	1.328	0	0			0			
5	1	0	.1275	.217	0	0	.0218		0	1		
6	1	0	.1415	.214	0	0	.0206		0	.7765		
	2	0	0	0	0	.272	0		.2378	0		
7	1	0	.176	.2705	0	0	.0529		0			1.07
8	1	0	0	.166	0	0	0		0	0		
	2	.309	0	0	0	0	0		0	0		
	3	0	0	0						1.214		

ANNEXE 11 (SUITE)

(VEHICULES PROPRES A L'UNITE)

		UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/RE	UPO	UP/RE	SEG	CR/SA
9	1	0	0	.147	0	0	.2164		0		1.095	
	2	0	.194	0	0	0	0		0		0	
10	1	0	0	0	0	0	0		0			.47
	2	1.292	0	0	0	0	0		0			0
11	1	0	.108	0	0		0				0	
	2	0	0	.112	0		.2165				0	
	3	0	0	0	0		0				.7348	

ANNEXE 11 (COMPTE AUTRUI)

	UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/R	UPO	UP/R	SEC	CR/SA
1	0					0	0		0		
2	0					0	0		0		
3	0					0	0		0		
4		0	0	0	1.196			.389			
5	.3273	0	0	.095	.133	0		.104	0		
6	.3553	0	0	.0119	0	0		0	0		
7	.3727	0	0	.0505	.164	0		.101		0	
8	.0509	.1257	0	.009	.083	0		.11	0		
9	.0644			.0087	.08			.107			
10	.67	.1087	.1356	.0082	0	.047		.97			0
11	.0218	0	0	.005		0				0	
12	.0788	.164	.206	.024	.103		.0655	.1211			.0227
13	.0382	.1157	.1627	.0142	.092		.0944				.3418
14	.029	.0769	.0784	.0052	.092		.4625				.283
15	.445	.153	.2156	.0156	.1133		.3051			.4364	
16	.0836	.1256	.2556	.0279	.1868		.5789			1.964	
17	.144	.3322	.479	.0734	.3427		.8089			2.28	
18	.0714	.265	.387	.0389	.2167		.4891			2.395	

ANNEXE 11(SUITE)

INTERPRETATION DES RESULTATS

(véhicules loués)

1. POINT DE VENTE : CALED

	UPS	UPO
NV	9	1
T	10	3

2. POINT DE VENTE : TIPAZA.

	UPL	UPS	UPO	UPEL
NV	2	2	1	1
T	216	30	18	3

3. POINT DE VENTE : HADJOUT.

	UPL	UPEL
NV	2	2
T	216	7

4. POINT DE VENTE : CHIFFA.

	UPL	UPS	UPO	UPEL
NV	1	3	1	3
T	20	36	20	8

5. POINT DE VENTE : TABAINETTE .

	UPA	UPL	UPS	UPO	UPEL
NV	1	2	3	2	1
T	8	216	54	18	20

ANNEXE 11 (SUITE)

6. POINT DE VENTE : OUZARA

	UPL	UPS	UPO	UPEL
NV	2	1	1	2
T	216	25	20	31

7. POINT DE VENTE : K.E.B

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPO	UPEH
NV	1	1	1	1	1	1
T	10	10	216	45	21	27

8. POINT DE VENTE : TABLAT

	UPL	UPEL
NV	1	1
T	216	50

9. POINT DE VENTE : DJELFFA

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPO	UPEC	CR/REG	S.AISSA
NV	3	1	1	1	1	1	1	5
T	36	10	80	21	18	25	30	216

10. POINT DE VENTE : A.OUSSARA

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEL	CR/RE	S.AISSA
NV	1	1	1	1	1	5	5
T	13	10	10	216	4	8	18

ANNEXE 11 (SUITE)

(véhicules loués)

11. POINT DE VENTE : H.B.B

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEL	CR/RE	CR/SA
NV	1	1	1	1	1	1	4
T	20	20	216	23	54	3	18

12. POINT DE VENTE : AFLOU

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEL	CR/RE	UP/RE
NV	1	1	1	1	1	1	1
T	13	10	144	20	54	7	5

13. POINT DE VENTE : METLILI

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEL	CR/RE	UP/RE
NV	1	1	3	1	1	1	7
T	18	9	216	12	27	4	8

14. POINT DE VENTE : TAMANRASSET

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEL	CR/RE	UP/RE
NV	1	1	2	1	1	2	1
T	21	15	216	20	62	36	3

15. POINT DE VENTE : LAGHOUAT

	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEL	CR/RE	UP/RE
NV	1	1	1	1	1	1	6
T	8	5	54	10	31	4	5

ANNEXE 12

SOLUTIONS OBTENUES PAR LA METHODE
HEURISTIQUE

(véhicules propres compte)

		UPEL	UPA	UPC	UPL	UPS	UPEH	CR/RE	UPO	UP/RE	SEG	CR/SA
1	1	1					0	0		0		
	2	0					.0712	0		0.929		
	4	0					0	.893		.107		
	5	0					0	0		5		
2	2	.763					0	.795		1.44		
3	1	.44					.06	.24		.24		
	4	0					0	1		2		
4	2		1.328	1.328	.444	0			0			
5	1	0	0	0	0	0	0		0	1		
3	1	0	0	.221	0	0	0		0	.779		
	4	0	.472	0	0	.137	.032		.36	0		
7	1	0	0	0	0	0	0		0		1	
	2	0	2.352	.391	0	0	.1058		0		.14	
8	3	0	0	.405	0	0	.391		0	1.204		
9	1	0	0	0	0	0	0		0		1	
	2	0	.194	.294	0	0	.322		0		.19	
10	1	.646	0	0	0	0	0		0			.354
11	2	0	0	.122	0		.216				.671	

ANNEXE 12 (SUITE)

INTERPRETATION DES RESULTATS

2. Point de vente : El Harrach

- a. Catégorie de véhicule :2 période :1
- unité de production :Regaia
 fréquence d'utilisation :1
 nombre de voyages par période :2
- b. Catégorie de véhicule :2 période : 10

- centre régulateur : Regaia
 fréquence d'utilisation : 8/10
 nombre de voyages par période : 12

- unité de production :Regaia
 fréquence d'utilisation :2/10
 nombre de voyages par période :3
- c. Catégorie de véhicule :2 période : 3 mois

- unité de production :UPEL
 fréquence d'utilisation :41/54
 nombre de voyages par période :61

- unité de production :Regaia
 fréquence d'utilisation :13/54
 nombre de voyages par période :19

3. Point de vente : kouba

- a. Catégorie de véhicules :1 période : 2 mois

- unité de production :UPEL
 fréquence d'utilisation :16/36
 nombres de voyages par période :16

- unité de production :UPEH
 fréquence d'utilisation :2/36
 nombres de voyages par période :2

- centre régulateur :Regaia
 fréquence d'utilisation :9/36
 nombre de voyages par période :9

- unité de production :Regaia
 fréquence d'utilisation :9/36
 nombres de voyages par période :9

b-Catégorie de véhicule :4 période : 1

- centre régulateur :Regaia
fréquence d'utilisation :1
nombre de voyages par période :1

c.Catégorie de véhicule : 4 période :1

- unité de production :Regaia
fréquence d'utilisation :1
nombres de voyages par période :2

d.Catégorie de véhicule :4 période : 1

- unité de production :Regaia
fréquence d'utilisation :1
nombre de voyages par période :2

4.Point de vente : Caled

a.Catégorie de véhicule :2 période : 1

- unité de production : UPA
fréquence d'utilisation : 1
nombre de voyages par période : 1.5

b.Catégorie de véhicule :2 période : 1

- unité de production : UPC
fréquence d'utilisation : 1
nombre de voyages par période : 1.5

c.Catégorie de véhicule : 2 période :1 mois

- unité de production : UPA
fréquence d'utilisation :4/18
nombre de voyages par période :8

- unité de production :UPC
fréquence d'utilisation :6/18
nombres de voyages par période :9

- unité de production :UPL
fréquence d'utilisation :8/18
nombres de voyages par période :8

5. Point de vente : Tipaza

Catégorie de véhicule : 1 période : 1

unité de production :Regaia
fréquence d'utilisation : 1
nombre de voyages par période : 1

6. Point de vente : Hadjout

a.Catégorie de véhicule :4 période : 2 mois

- unité de production :UPA
fréquence d'utilisation :17/36
nombres de voyages par période :17

- unité de production : UPS
fréquence d'utilisation : 5/36
nombres de voyages par période : 5

- unité de production : UPO
fréquence d'utilisation :13/36
nombre de voyages par période :13

- unité de production : UPEH
fréquence d'utilisation : 1/36
nombre de voyages par période : 1

b.Catégorie de véhicule :1 période : 1 mois

- unité de production :UPC
fréquence d'utilisation : 4/18
nombre de voyages par période : 4

- unité de production :Regaia
fréquence d'utilisation :14/18
nombre de voyages par période :14

7. Point de vente : Chiffa

a.Catégorie de véhicule : 1 période : 1

- unité de production : S E G
fréquence d'utilisation : 1
nombres de voyages par période : 1

b. Catégorie de véhicule : 2 période : 20

- unité de production : UPA
 fréquence d'utilisation : 7/20
 nombres de voyages par période : 7
- unite de production : UPC
 fréquence d'utilisation : 8/20
 nombre de voyages par période : 8
- unité de production : UPEH
 fréquence d'utilisation : 2/20
 nombres de voyages par période : 2
- unité de production : S E G
 fréquence d'utilisation : 3/20
 nombre de voyages par periode : 3

8. Point de vente : Tabainette

a. Catégorie de vehicule : 3 période : 1

- unité de production : S E G
 fréquence d'utilisation : 8
 nombres de voyages par période : 1.5

b. catégorie de véhicule : 3 période : 10

- unité de production : UPC
 fréquence d'utilisation : 4/10
 nombres de voyages par période : 4
- unité de production : UPEH
 fréquence d'utilisation : 4/10
 nombre de voyages par periode : 4
- unité de production : Regaia
 fréquence d'utilisation : 2/10
 nombre de voyages par période : 2

9. Point de vente : Ouzara

a. Catégorie de véhicule : 1 période : 1

- unité de production : S E G
 fréquence d'utilisation : 1
 nombre de voyages par période : 1

b. Catégorie de véhicule : 2 période : 10

- unité de production : UPA
fréquence d'utilisation : 2/10
nombre de voyages par période : 3

- unité de production : UPC
fréquence d'utilisation : 3/10
nombres de voyages par période : 3

- unité de production : UPEH
fréquence d'utilisation : 3/10
nombres de voyages par période : 3

- unite de production : S E G
fréquence d'utilisation : 2/10
nombre de voyages par période : 2

10. Point de vente : k E B

Catégorie de véhicule : 1 période : 20

- unité de production : UPEL
fréquence d'utilisation : 13/20
nombres de voyages par période : 9

- centre régulateur : S.Aissa
fréquence d'utilisation : 7/20
nombre de voyages par période : 7

11. Point de vente : Tablat

a. Catégorie de véhicule : période : 1 mois

- unité de production : UPC
fréquence d'utilisation : 2/18
nombres de voyages par période : 2

- unité de production : UPEH
fréquence d'utilisation : 4/18
nombre de voyages par periode : 4

- centre régulateur : S.Aissa
fréquence d'utilisation : 12/18
nombre de voyages par période : 12

Véhicule commun

Catégorie de véhicule : 1 période : 6 mois

a. Point de vente : El Harrach

unité de production : UPEH
fréquence d'utilisation : 26/108
nombre de voyages par période : 39

b. Point de vente : Caled

unité de production : UPA
fréquence d'utilisation : 9/108
nombre de voyages par période : 13.5 (26 voyages par an)

c. Point de vente : Tipaza

unité de production : UPC
fréquence d'utilisation : 12/108
nombres de voyages par période : 12

d. Point de vente : Hadjout

unité de production : UPS
fréquence d'utilisation : 27/108
nombres de voyages par période : 13.5

e. Point de vente : Chiffa

unité de production : UPC
fréquence d'utilisation : 11/108
nombre de voyages par période : 11

f. Point de vente : Tabainette

unité de production : UPEH
fréquence d'utilisation : 7/108
nombres de voyages par période : 7

g. Point de vente : Ouzara

unité de production : UPEH
fréquence d'utilisation : 1/108
nombre de voyages par période : 1

h. Point de vente : K e b

centre regulateur : S .Aissa
fréquence d'utilisation : 2/108
nombre de voyages par période : 6/108

i. Point de vente : Tablat

- centre regulateur : S.Aissa
fréquence d'utilisation : 3/108
nombres de voyages par période : 3

unité de production : UPA
fréquence d'utilisation : 6/108
nombres de voyages par période : 6

THE FLEET SIZE PROBLEM

Le problème de la composition optimale de la flotte a été traité par plusieurs auteurs dans le but de réduire le coût total de distribution qui se révèle parfois aussi important, sinon plus que les frais de fabrication. Le problème consiste à déterminer la part que l'entreprise doit acquérir et celle doit louer en minimisant les coûts fixes, coûts variables et coûts de location des différents véhicules composants la flotte.

Les auteurs qui se sont intéressés à la gestion efficace et rationnelle des moyens de transport, sont nombreux nous citons les travaux de quelques uns d'entre eux.

Kirby [7] et Wyatt [13], avaient développé une approche de résolution par la programmation linéaire pour un problème simple, ils ont étudié le cas d'une firme opérant avec une flotte homogène et la demande des produits de la firme connue est variable avec les saisons.

Gould [6] s'est placé quant à lui, dans le cas où la flotte est hétérogène. Il a considéré le cas pratique d'une grande firme industrielle, qui possédait deux types de véhicules de 6 catégories chacun. Par ailleurs, la firme distribue deux produits différents dont un ne peut être transporté que par un seul type de véhicule, alors que le second peut être enlevé par les deux types de véhicules.

Le problème était de décider, compte tenu des restrictions techniques et des fluctuations de la demande à court et à long terme sur la composition de la flotte : nombre, types et catégories de véhicules qu'elle doit acquérir et la part qu'elle doit louer. Le problème a été résolu en programmation linéaire.

Alsbury [1] s'est penché quant à lui au problème de la composition optimale de la flotte, dans le cas où la livraison est au compte d'un seul client ou d'un ensemble de clients voisins les uns des autres. Il a utilisé pour la résolution une méthode graphique basée sur les fluctuations de la demande, le coût d'un véhicule propre compte ainsi que le coût de location.

Mole [8] a développé un modèle de détermination de la flotte optimale par période sur un horizon planifié de Q périodes qui peut dépasser l'année, ainsi que la politique d'achat, de nouveaux véhicules pour chaque période. A la différence des autres auteurs, Mole a formulé le problème en programmation dynamique. La variable de décision pour chaque période représentait la taille de la flotte propre à la compagnie, seulement, il s'est limité à une flotte homogène et à la demande d'un seul produit.

New [9] s'est proposé de déterminer la composition optimale de la flotte d'une compagnie aérienne, il a pris en considération pour la résolution linéaire du problème, des contraintes qu'on ne retrouve pas dans les approches des auteurs cités plus haut.

Il s'agit de la contrainte budgétaire par période, du phénomène d'obsolescence technologique, du coût de maintenance par type et âge du véhicule et du prix de revente par période et par âge du véhicule.

