

Heuristique pour un problème d'optimisation du coût du transport pour une enseigne de la grande distribution

Ghizlane Aboulbaroud⁽¹⁾, Zineb Ftitch⁽²⁾

Belkora Samir⁽³⁾, Takouit Jamal⁽⁴⁾ and Driss Mentagui⁽⁵⁾

(1,2,3,4) : Institut National de Statistique et d'Economie Appliquée, BP 6217, Madinat Al Irfane, Rabat-Instituts, 10100, Rabat, Maroc

(1,5) : Université Ibn Tofail, Faculté des Sciences, Département de Mathématiques Laboratoire de Mathématiques Appliquées, Recherche opérationnelle, Optimisation et Statistique, BP.133, Kénitra, Maroc

E-mail : dri_mentagui@yahoo.fr

Résumé

La réduction des coûts du transport représente un aspect crucial à la gestion efficace de toute enseigne de grande distribution. Cet article propose une solution qui consiste en l'élaboration d'une heuristique permettant une affectation optimale des commandes clients et respectant la capacité des véhicules mise à disposition.

Mots clés : transport, optimisation, heuristique, problème de tournées de véhicules.

Abstract

Reducing transportation costs is a crucial aspect to the effective management of any major distribution brand. This article proposes a solution which consists of the development of a heuristic allowing an optimal allocation of customer orders and respecting the capacity of the available vehicles.

Keywords: transport, optimization, heuristics, Vehicle Routing Problem.

I. Introduction

De nos jours, le problème d'optimisation du transport joue un rôle déterminant dans la vie économique de notre société. Il soulève un nombre important des problèmes difficiles que des méthodes classiques sont incapables de résoudre de façon optimale. Dans ce contexte, nous proposons une méthode approchée pour résoudre un problème d'optimisation du coût du transport utilisé pour la livraison des marchandises clients pour une enseigne de la grande distribution.

II. Etude de l'existant

Le travail que nous avons effectué consiste en l'optimisation du coût du transport utilisé pour la livraison des clients, pour un type de produits, à savoir les produits secs.

Il s'agit d'un travail effectué au sein d'une plateforme logistique d'une enseigne de la grande distribution, un domaine dont le transport routier est indispensable, et la réduction de ce dernier est un défi surmonté par la plupart des enseignes du monde entier.

Dans le cadre de cet article, nous étudions un réseau constitué d'une plateforme logistique et de plusieurs clients (magasins). Les clients de cette entreprise sont situés sur différentes villes marocaines. Ils sont au nombre de 57 magasins. Les jours et les heures de livraison sont fixes en respectant les contraintes du magasin (heure d'ouverture, heure de fermeture, place de stationnement du véhicule, ...).

Quatre types de véhicules sont disponibles au niveau de la plateforme, à savoir :

- camions de 7T : peuvent transporter au maximum 8 palettes ;
- camions de 14T : peuvent transporter au maximum 12 palettes ;
- camions de 19T : peuvent transporter au maximum 16 palettes ;
- camions de 32T : peuvent transporter au maximum 32 palettes.

L'affectation de ces véhicules se fait selon la commande du magasin (le nombre de palettes à expédier). Les camions de grande capacité ne peuvent pas accéder à certains magasins à cause de leur position géographique.

Dès la réception des commandes des magasins, un logiciel est chargé du traitement de ces commandes et de donner une estimation de nombre de palettes à expédier vers ces magasins.

En fonction de cette estimation, le responsable du transport fait une affectation manuelle des différents types de véhicules disponibles au niveau de la plateforme pour satisfaire ces commandes.

Les livraisons peuvent être organisées en voyage simple, comme elles peuvent être organisées en tournées. Tout dépend du volume à transporter et de la possibilité du groupage. Un groupage qui sert à atteindre un taux de remplissage maximal.

Peu importe si la livraison est planifiée ou pas, la facturation du transporteur se fait par voyage, par type de véhicule, par type d'activité et par destination finale.

La réduction du coût de transport étant un vrai défi que l'entreprise cherche à relever, nous sommes chargées d'établir un planning de livraison dynamique, modifiable chaque jour en fonction des besoins et de la variation quotidienne des commandes des magasins. C'est un schéma de transport flexible permettant d'optimiser au maximum possible les coûts du transport.

III. Aperçu théorique

III.1 Définition d'un problème de tournée de véhicules VRP

Le problème général de construction des tournées de véhicules souvent nommé VRP (VehiculeRoutingProblem) est un problème d'optimisation combinatoire et fait l'objet de nombreux travaux et de nombreuses variantes dans la littérature.

Le principe du VRP consiste à optimiser la gestion d'une flotte de véhicules, stationnées en un ou plusieurs dépôts de façon à satisfaire les contraintes des véhicules, des horaires et des quantités du produit demandé par chaque client, il s'agit de déterminer la tournée, visitant un sous-ensemble de clients en débutant et finissant en dépôt.

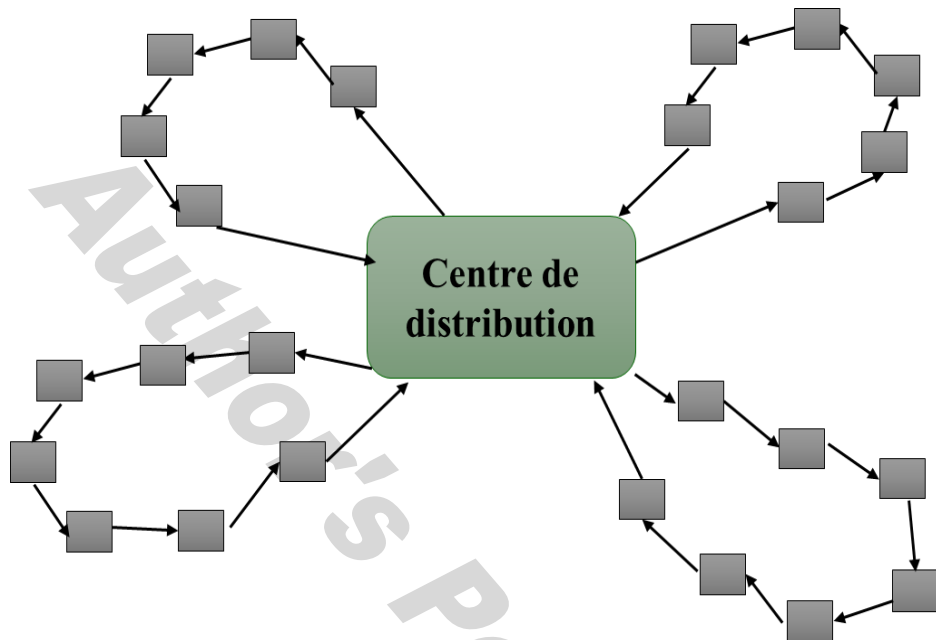


Figure 1: Problème de tournées de véhicules

Pour un problème de tournée de véhicules, l'objectif à optimiser peut-être soit :

- minimiser la distance totale parcourue ;
- minimiser les coûts de la tournée ;
- minimiser le nombre de véhicules à utiliser ;
- maximiser le profit ;
- minimiser la durée de la tournée.

III.2 Approches de résolution

Les approches de résolution d'un problème d'optimisation peuvent être classifiées en deux catégories : les méthodes exactes et les méthodes approchées (heuristiques et métaheuristiques).

Les méthodes exactes : une méthode est dite exacte si elle trouve la solution optimale d'un problème donné. Les méthodes exactes sont basées sur les approches de programmation linéaire en nombres entiers, de programmation dynamique et des méthodes de recherche arborescentes (Branch and Bound).

Les méthodes approchées : ces méthodes fournissent de bonnes solutions sans garantie qu'elles soient optimales. Elles sont composées des heuristiques et des métaheuristiques.

-Les heuristiques : en optimisation combinatoire, une heuristique est un algorithme approché qui permet d'identifier en temps polynomial au moins une solution réalisable rapide, pas obligatoirement optimale. L'usage d'une heuristique est efficace pour calculer une solution approchée d'un problème et ainsi accélérer le processus de résolution exacte. Généralement, une heuristique est conçue pour un problème particulier et ne peut pas être généralisée ou garantir les performances de la solution calculée.

-Les métaheuristiques : les métaheuristiques permettent d'obtenir des meilleurs résultats (pas forcément optimale) sur des problèmes complexes avec des temps de calculs raisonnables.

Il existe deux grandes familles des métaheuristiques. Les métaheuristiques à solution unique et les méthodes à population de solutions. Parmi les méthodes à solution unique les plus connues on peut citer la recherche locale itérative ILS, la procédure de recherche gloutonne randomisée (GRASP) [4], la recherche Tabou, le recuit simulé, etc. L'algorithme de colonies de fourmis, les algorithmes d'optimisation par essaim de particules (PSO), les algorithmes génétiques sont tous des méthodes connues appartenant à la famille des métaheuristiques à population de solutions. Plus de détails sur ces méthodes sont dans [5].

IV. Résolution

Avant de résoudre ce problème et d'entamer notre étude, il est essentiel de préciser sa particularité en citant les contraintes posées par le transporteur de l'enseigne. D'un côté, dans un voyage, le nombre de magasins groupés ne peut dépasser trois magasins, d'un autre côté, la tarification se fait par voyage et non par kilométrage. La particularité de notre problème nous a échappé d'utiliser une méthode classique de tournées de véhicules, d'où la nécessité de développer une heuristique qui permet d'établir un planning de livraison journalier.

En essayant de satisfaire au maximum les exigences des transporteurs et les commandes des magasins en respectant toutes les contraintes qui se posent, nous avons procédé en deux phases.

IV.1 Clustering

La première phase consiste en partitionnement des clients en sous-groupes. Nous avons classifié les clients (magasins) de l'enseigne en 8 zones. Plus précisément, les magasins regroupés en zones sont proches ou se trouvent sur le même itinéraire, pour qu'un véhicule puisse effectuer sa tournée en une journée.

Pour chaque zone, nous avons essayé de savoir quelle est l'affectation optimale des véhicules chargés de la livraison des magasins de cette zone pour un nombre de palettes déterminé. L'étude des coûts des différentes possibilités d'affectation nous permettra de savoir quelle est la meilleure.

Les clients de zones différentes ne peuvent pas être livrés par groupe.

Notre étude est basée sur les tarifs d'expédition des marchandises. En effet, en examinant les trois stratégies de livraison possibles, à savoir les voyages simples, le groupage de deux magasins ou le groupage de trois magasins, et en prenant en considération le nombre de palettes commandées par les magasins, nous essayons de sélectionner la meilleure stratégie de livraison.

IV.2 Planification des tournées

Zone 1 : Marrakech– Agadir– Settât (cette zone regroupe 3 ville)

Soient $q_i, r_i, s_i, t_i \in \mathbb{N}, r_i \in \{0,1\}, s_i \in \{0,1,2\}, t_i < 8, \forall i \in [1,4]$

avec :

q_i : le nombre de camions de 32T nécessaire pour la livraison d'une part de la commande ou bien du total de la commande d'un magasin ;

r_i : le nombre de camions de 19T nécessaire pour la livraison d'une part de la commande ou bien du total de la commande d'un magasin ;

s_i : le nombre de camions de 7T nécessaire pour la livraison d'une part de la commande ou bien du total de la commande d'un magasin ;

t_i : le reste, inférieur strictement à 8, de la commande d'un magasin.

Calculons le total des palettes commandées pour chaque ville :

Chaque ville peut contenir plus qu'un magasin. Ci-dessous les magasins situés à Agadir, Marrakech et Settât.

Agadir	Marrakech	Settât
A1	M1	S
A2	M2	
A3	M3	

Agadir:

$$\begin{aligned} \text{Total1} &= \text{NbrPalettes}(A1) + \text{NbrPalettes}(A2) + \text{NbrPalettes}(A3) \\ &= 32 q_1 + 18 r_1 + 8 s_1 + t_1 \end{aligned}$$

Marrakech:

Le Total2 concerne uniquement les magasins ou les camions de 32T peuvent y accéder :

$$\text{Total2} = \text{NbrPalettes}(M1) + \text{NbrPalettes}(M2) = 32q_2 + 18r_2 + 8s_2 + t_2$$

Un camion de 32T ne peut accéder au magasin M3, d'où le Total3 :

$$\text{Total3} = \text{NbrPalettes}(M3) = 18r_3 + 8s_3 + t_3$$

Settât:

Un camion de 32T ne peut accéder au magasin de la ville Settât, d'où le Total4 :

$$\text{Total4} = \text{NbrPalettes}(S) = 18r_4 + 8s_4 + t_4$$

Nous allons considérer trois stratégies possibles.

Première stratégie : Envoyer à chaque magasin des camions en voyage simple pour satisfaire sa demande.

Les tarifs de livraison de ces magasins sont les suivants :

	7T	19T	32T
Agadir	3456	4212	6435
Marrakech	1836	2448.36	4356
Settat	972	1188	1782

Pour Agadir :

$$\begin{aligned}
 Total1 &= NbrPalettes(A1) + NbrPalettes(A2) + NbrPalettes(A3) \\
 &= 32q_1 + 18r_1 + 8s_1 + t_1 \\
 &= 32(q_{11} + q_{12} + q_{13}) + 18(r_{11} + r_{12} + r_{13}) + 8(s_{11} + s_{12} + s_{13}) \\
 &\quad + (t_{11} + t_{12} + t_{13})
 \end{aligned}$$

Pour chaque magasin, le coût de livraison directe sera donc égal à :

$$\text{Coût} = 6435 * q_{1i} + \text{le cout du reste de la commande} \quad \text{pour } i \in \{1,2,3\},$$

les i sont les magasins.

On a $18r_{1i} + 8s_{1i} + t_{1i} \in [0,32]$, donc r_{1i} doit être égal à 0 ou bien à 1,

Si $r_{1i} = 1$, dans ce cas $18r_{1i} + 8s_{1i} + t_{1i} \in [0,32]$, et cela coûte moins d'envoyer un camion de 32T pour la livraison de la part restante de la commande du magasin d'Agadir, que d'envoyer deux camions de 19T ($6435 < 4212+4212 = 8424$) dans le cas où $18r_{1i} + 8s_{1i} + t_{1i} \in [26,32]$, ou d'envoyer un camion de 19T et un autre de 7T dans le cas où $18r_{1i} + 8s_{1i} + t_{1i} \in [18,26]$.

Dans ce cas nous aurons, $\text{Coût} = 6435 * (q_{1i} + 1)$ Dirhams

Sinon, si $r_{1i} = 0$, $8s_{1i} + t_{1i} \in [0,18]$, et s_{1i} doit être égal à 0,1 ou 2, et t_{1i} est forcément inférieur strictement à 8 ;

Si $s_{1i} = 0$, le service transport a le choix entre envoyer un camion de 7T pour effectuer la livraison du reste de la commande, pour un coût de:

$$\text{Coût} = 6435 * q_{1i} + 3456 \text{ ou bien se contenter d'envoyer la 1}^{\text{ère}} \text{ part et laisser le reste pour une livraison prochaine pour un coût égal à } \text{Coût} = 6435 * q_{1i}.$$

Si $s_{1i} = 1$ ou 2, le service de transport a intérêt à envoyer un camion de 19T pour satisfaire le reste de la livraison, pour un coût de $\text{Coût} = 6435 * q_{1i} + 4212$

Pour Marrakech:

$$\text{On a: } Total2' = NbrPalettes(M1) = 32q_2' + 18r_2' + 8s_2' + t_2'$$

$$Total2'' = NbrPalette(M2) = 32q_2'' + 18r_2'' + 8s_2'' + t_2''$$

Le traitement effectué pour les magasins de la ville Agadir doit être appliqué aux deux magasins M1 et M2 de Marrakech, avec un changement au niveau des tarifs (voir tableau : tarifs de la zone de Agadir-Marrakech-Settat). Le magasin M3 aura un traitement quelque peu différent puisqu'un camion de 32T ne peut y accéder.

On a

$$Total3 = NbrPalettes(M3) = 18r_3 + 8s_3 + t_3$$

Donc $Coût = 2448.36 * r_3 + \text{le cout du reste de la commande}$

On a $8s_3 + t_3 \in [18,32[$, donc s_3 doit être égal à 0,1 ou 2, et t_3 est forcément inférieur strictement à 8 ;

$Sis_3 = 0$, le service transport a le choix entre envoyer un camion de 7T pour effectuer la livraison du reste de la commande, pour un coût de $Coût = 2448.36 * r_3 + 1836$, ou bien se contenter d'envoyer la 1^{ère} part et laisser le reste pour une livraison prochaine pour un coût de $Coût = 2448.36 * r_3$

$Sis_1 = 1$ ou 2, le service transport a intérêt à envoyer un camion de 19T pour satisfaire le reste de la livraison, pour un coût de $Coût = 2448.36 * (r_3 + 1)$

Pour Settat :

Le magasin de la ville de Settat ayant aussi des problèmes d'accessibilité pour les camions de 32T, on a :

$$Total4 = NbrPalettes(S) = 18r_4 + 8s_4 + t_4$$

On lui appliquera donc le même traitement que pour le magasin M3, avec un changement des tarifs.

Deuxième stratégie : Grouper les magasins deux à deux

a. Avec des camions de 19T

En cas de possibilité de grouper les magasins deux à deux, le coût de groupage est le suivant (coût du voyage le plus élevé plus 150 dirhams)

On désigne par M : Marrakech, A : Agadir et S : Settat

19T	M	A	S
M	2598.36	4362	2598.36
A	--	4362	4362

Cherchons la combinaison deux à deux la meilleure que le service peut envisager.

19T	M+M	M+A	M+S	A+A	A+S
M+M	--	6960.36	5196.72	6960.36	6960.36
M+A	6960.36	8724	6960.36	--	8724
M+S	5196.72	6960.36	--	6924.36	--
A+A	6960.36	--	6924.36	--	--
A+S	6960.36	8724	--	--	--

La meilleure combinaison est donc de grouper deux magasins de *Marrakech* entre eux, le 3^{ème} avec le magasin *Settat* et d'envoyer un camion en voyage simple pour *Agadir*.

b. Avec des camions de 32T

Les problèmes d'accessibilité des camions de 32T imposent que les deux magasins *M3* à *Marrakech* et *Sà Settat* doivent être éliminés de ce traitement.

Le coût de groupage est le suivant (coût du voyage le plus élevé plus 150 dirhams)

32T	M	A
M	4506	6585
A	6585	6585

Cherchons la combinaison deux à deux la meilleure que le service peut envisager

32T	M+M	M+A	A+A
M+M	--	11091	11091
M+A	11091	13170	--
A+A	11091	--	--

Grouper les deux magasins de la ville *Marrakech* avec un camion de 32T et envoyer un camion de 19T à *Agadir* coûtera 8718 Dh, alors que grouper un magasin de *Marrakech* et *Agadir* avec un camion de 32T et livrer l'autre magasin de *Marrakech* avec un 19T coûtera 9033.36 Dh.

Troisième stratégie : Grouper 3 magasins

Le groupage de 3 magasins ne peut être fait qu'en utilisant des camions de 32T ; les magasins concernés sont donc les trois magasins de la ville *Agadir* et deux magasins de la ville *Marrakech*.

Grouper les trois magasins de la ville *Agadir* ou les deux magasins de la ville *Marrakech* avec un magasin de la ville *Agadir*, ou encore un magasin de la ville *Marrakech* avec deux magasins de la ville *Agadir* reviendra au même : $6435 + 150 + 150 = 6735$ Dh.

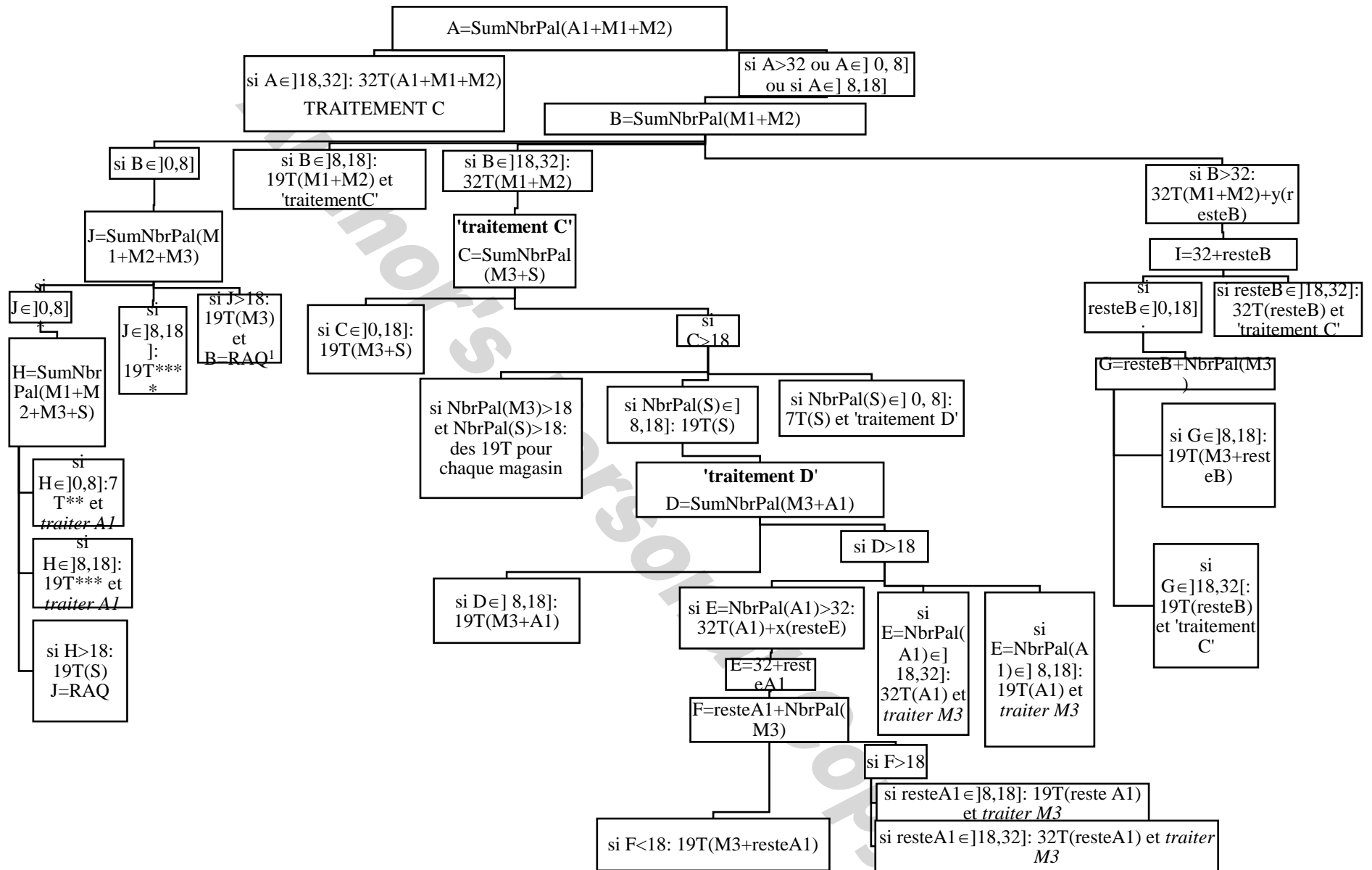
D'après ce qui précède, il apparaît généralement que :

- ✓ livrer les magasins en voyages simples exige un grand nombre de véhicules à utiliser et donc un coût plus élevé ;
- ✓ plus on utilise des camions de grandes capacités pour la livraison, plus le coût diminue ;
- ✓ le groupage de trois magasins est privilégié quand c'est possible, sinon le groupage de deux magasins est privilégié quand c'est possible,
- ✓ éviter au possible d'envoyer des camions de 7T à des destinations lointaines, le coût de livraison à la palette étant plus élevé que de différer la livraison.

Pour cette zone en particulier, il est préférable de regrouper des magasins de la même ville, sinon grouper *Marrakech* et *Settat* est plus bénéfique que grouper *Settat* et *Agadir* ou bien *Marrakech* et *Agadir*.

De la même manière, les autres zones seront traitées.

Heuristique pour la zone 1 (premier sous-groupe des clients)



1 : Reste à Quai, il sera planifié pour une prochaine livraison

V. Simulation et analyse des résultats

Pour tester l'efficacité de notre heuristique, nous allons faire une comparaison entre les résultats des affectations données par notre heuristique et celles qui ont été faites par le responsable des affectations pour le mois de Mai 2014.

Prenons les lundis et les mercredis de ce mois :

Le 05/05/2014

Magasins	Total palettes	Affectation PLF	Types véhicules	Coût Sol PLF	Notre affectation	Types véhicules	Notre Coût en Dh	
M1	14	M1	19T	2448.36	M1(14)+M3(4)	19T	2448.36+150	
S	10	S	19T	1188	S(10)+M3 (6)	19T	2448.36+150	
M3	10	M3	19T	2448.36				
			Total	6084.72			Total	5196.72

Le 07/05/2014 : les deux affectations donnent la même solution

Le 12/05/2014

Magasins	Total palettes	Affectation PLF	Types véhicules	Coût Sol PLF	Notre affectation	Types véhicules	Notre Coût en Dhs	
M1	25	M1	32T	4356	M1(11)+M3(7)	19T	2448.36+150	
S	11	S(7)+M3(11)	19T	2448.36+150	M1(14)	19T	2448.36	
M3	7				S(11)	19T	1188	
			Total	6954			Total	6243.72

Le 14/05/2014

Magasins	Total palettes	Affectation PLF	Types véhicules	Coût Sol PLF	Notre affectation	Types véhicules	Notre Coût en Dh
M1	49	S(18)	19T	1188	M1(32)	32T	4356
S	29	S(11)	19T	1188	M1(17)+M3(1)	19T	2448.36+150
M3	8	M3(8)	7T	1836	S(18)	19T	1188
		M1(32)	32T	4356	S(11)+M3(7)	19T	2448.36+150
		M1(17)	19T	2448.36			
Total				11016		Total	10590.72

Le 19/05/2014

Magasins	Total palettes	Affectation PLF	Types véhicules	Coût Sol PLF	Notre affectation	Types véhicules	Notre Coût en Dh
M1	32	M1(32)	32T	4356	M1(32)	32T	4356
S	19	S(18)	19T	1188	S(18)	19T	1188
M3	8	S(1) +M3(8)	19T	2448.36	S(1) +M3(8)	19T	2448.36
Total				8142		Total	8142

Le 21/05/2014

Magasins	Total palettes	Affectation Plateforme	Types véhicules	Coût Sol Plateforme	Notre affectation	Types véhicules	Notre Coût en Dh
M1	39	M1(32)	32T	4356	M1(32)	32T	4356
S	6	M3(5)+M1(4)	19T	2448.36+150	M3(5)+M1(7)	19T	2448.36+150
M3	5	S(6)+M1(3)	19T	2448.36+150	Se (6)	7T	972
Total				9552.72		Total	7926.36

Le 26/05/2014 et le 28/05/2014 : la même solution

Le coût total dépensé par l'enseigne pour effectuer la livraison de la commande des magasins de cette zone planifiés les lundis et les mercredis est : **41713.44** dirhams

Le coût qu'elle aurait dépensé en suivant notre heuristique est égale à : **37337.52** dirhams

Le gain est de **4375.92** Dirhams sur la période considérée.

Les autres zones sont traitées de la même manière.

CONCLUSION

Il convient de rappeler qu'on s'est donné comme objectif principal la réduction du coût de transport à travers la conception d'un planning de livraison dynamique répondant aux besoins des clients et satisfaisant les contraintes des transporteurs.

A l'aide d'une étude des coûts et une analyse des besoins, nous avons élaboré une heuristique permettant l'affectation des différents types des véhicules en respectant les contraintes de planning et de capacité. Afin de rendre la tâche plus facile et plus pratique, nous avons automatisé l'opération de la planification via la programmation de notre heuristique qui donne en résultat un planning de livraison des différents magasins qui ont des commandes avec une affectation des véhicules adéquate.

REFERENCE :

1. Marie-Claude Bolduc. Planification de charges partielles d'un dépôt : Répartition, livraison et revenu de retour.
2. J-F Cordeau, M.Gendreau, G.laporte, J-Y potvin et F.Semet. A guide to vehiculeroutingheuristics.
3. I-M. Chao, B-L. Golden & E. Wasil. A fast and effective heuristic for the orienteering problem. European Journal of Operational Research.
4. Thomas A. Feo& Mauricio G.C. Resende: Greedy Randomized Adaptive Search Procedures. Journal of Global Optimization.
5. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison Wesley Longman.(1989).