

Le problème de tournées de véhicules multi-zones multi-périodes avec fenêtres de temps

Michel Gendreau¹, Teodor Gabriel Crainic¹, Yuvraj Gajpal²

¹ CIRRELT, Université de Montréal, C.P. 6128, succ. Centre-ville, Montréal (Québec), Canada H3C 3J7
{michel.gendreau,teodorgabriel.crainic}@cirreлт.ca

² DeGroot School of Business, McMaster University, Hamilton (Ontario), Canada
gajpaly@gmail.com

Mots-Clés : *tournées de véhicules, logistique urbaine, transport scolaire.*

1 Introduction

Depuis la parution du premier article traitant du sujet en 1959 [1], des centaines de publications ont abordé le problème de la confection de tournées de véhicules et proposé de nombreux algorithmes, exacts ou approchés, pour résoudre le problème (voir, par exemple, l'ouvrage de Toth et Vigo [2]). De plus, de très nombreuses variations et extensions du problème de base ont été étudiées au fil des ans. Dans cette communication, nous nous intéressons au *Problème de tournées de véhicules multi-zones multi-périodes avec fenêtres de temps* (PTVMZMPFT), dont la première application se situe dans le contexte de la logistique urbaine, notamment dans le cadre du modèle proposé dans [3]. Ce problème ne se limite cependant pas uniquement à cette situation, car il permet d'aborder aussi certains problèmes rencontrés dans l'organisation du transport scolaire (voir [4] pour un survol des travaux pertinents).

2 Application en logistique urbaine

Dans un article récent, Crainic et al. [3] décrivent un système de logistique urbaine à deux niveaux qui repose sur l'utilisation de deux types de véhicules (poids lourds et *véhicules urbains légers* – VUL) et de deux types de points d'entreposage et de consolidation (*Centres de distribution urbains* et *Points de ravitaillement*). Au premier niveau, les biens à distribuer sont transportés par des poids lourds des centres de distribution vers les points de ravitaillement où ils sont transférés à des véhicules urbains. Au second niveau du système, les VULs effectuent des tournées pour déplacer les marchandises des points de ravitaillement vers les clients auxquelles elles sont destinées. Après avoir complété sa tournée pour un point de ravitaillement donné, un VUL peut se diriger vers un autre de ces points pour y réaliser une nouvelle tournée, et ainsi de suite. À la fin de la journée, le VUL rentre à son dépôt. Le PTVMZMPFT auquel nous nous intéressons a pour objet la confection du plan global de distribution des marchandises par les VULs, une fois connues les livraisons réalisées au premier niveau des centres de distribution vers les points de ravitaillement, ainsi que leur horaire.

3 Définition du problème

Nous supposons que le territoire à desservir est divisé en un ensemble de zones, chacune possédant un unique point de ravitaillement. Nous dénotons par S l'ensemble qui réfère indifféremment aux zones ou aux points de ravitaillement. Soit C_s l'ensemble des clients de la zone s . À chaque client d de $D = \cup C_s$ est associé une fenêtre de temps souple $[a(s), b(s)]$. Soit $t(s)$ le moment d'ouverture du point de ravitaillement s . La journée typique d'un VUL commence au dépôt g d'où il se dirige vers un premier point de ravitaillement s_1 où il est chargé à partir de l'instant $t(s_1)$ avec les marchandises destinées à un sous-ensemble de clients de la zone s_1 . Après avoir complété sa tournée dans la zone s_1 , le véhicule se déplace vers une nouvelle zone s_2 pour y réaliser une tournée desservant un groupe de clients de cette zone. Il ne peut cependant se présenter au point de ravitaillement s_2 avant l'instant $t(s_2) - \delta$, où δ représente une durée de quelques minutes, car on veut éviter que les VULs encombrant inutilement les abords des points de ravitaillement. On permet cependant aux VULs d'attendre pour de plus longues périodes dans un ensemble de "points d'attente" W . En quittant la zone s_1 , un VUL peut donc rejoindre un point d'attente $w \in W$, y attendre un certain temps, puis se diriger vers s_2 pour y arriver "juste à temps". Éventuellement, les VULs retournent au dépôt g pour y compléter leur journée. Le problème que nous voulons résoudre consiste à déterminer un ensemble de journées de travail admissibles pour une flotte de VULs qui minimise une fonction objective qui est la somme des coûts de transport encourus par les VULs et de coûts fixes associés à ceux-ci.

4 Méthode de résolution

Nous proposons une méthode de résolution en trois phases pour traiter le problème. Dans un premier temps, nous résolvons pour chaque zone $s \in S$ considérée isolément un problème de tournées de véhicules avec fenêtres de temps (PTVFT). Les solutions obtenues de ces PTVFTs nous indiquent le dernier client visité par chaque véhicule desservant chaque zone, ainsi que le moment exact où ce client est desservi. À partir de ces solutions, nous contruisons un graphe auxiliaire permettant de modéliser les mouvements des VULs du dépôt vers les points de ravitaillement, du dernier client de chaque tournée vers les points de ravitaillement dont l'ouverture est ultérieure, ainsi que vers les points d'attente et le dépôt. Nous résolvons sur ce graphe auxiliaire un problème de circulation à coût minimal dont la solution est fusionnée avec celles des PTVFTs pour former une première solution réalisable du problème complet. Finalement, nous appliquons à cette solution une heuristique d'amélioration qui déplace un client à la fois d'une route vers une autre route issue du même point de ravitaillement. Nous rapportons les résultats d'expérimentations numériques sur des instances possédant jusqu'à 72 zones et 3600 clients.

Références

- [1] G.B. Dantzig et J.H. Ramser. The truck dispatching problem. *Management Science*, 6:80–91, 1959.
- [2] P. Toth et D. Vigo (éd.). *The Vehicle Routing Problem*, SIAM Monography on Discrete Mathematics and Applications, 2002.
- [3] T.G. Crainic, M. Gendreau et J.-Y. Potvin. Intelligent freight-transportation systems : Assessment and the contribution of operations research. *Transportation Research Part C*, 17:541–557, 2009.
- [4] J. Park, B.-I. Kim. The school bus routing problem : A review. *European Journal of Operational Research*, 202:311–319, 2010.