

Problème d'optimisation de disponibilité des véhicules partagés

L. Ren, C. Duhamel, A. Quilliot

LIMOS, Université Clermont-Ferrand II, Campus des Cézeaux , 63173 Aubière Cedex France.
{ren, duhamel, quilliot}@isima.fr

Mots-Clés : *Tournées de Véhicules, livraison et collecte, véhicule partagé, heuristique*

1 Introduction

Le problème auquel nous nous intéressons ici concerne l'organisation de la disponibilité sur des sites dans un système de véhicules partagés. Ce problème se pose dans le cadre de la gestion correspond de systèmes du type location en libre service dans lesquels les véhicules sont loués par des clients ou par des abonnés sur des sites de partage implantés généralement dans le tissu urbain. Les véhicules sont réservés et déposés de manière non déterministe sur des aires de garage. Ceci regroupe par exemple les dispositifs Vélib à Paris ou Vélo'v à Lyon dans le cadre de location de vélos. On retrouve ce même type de problème pour des projets de mise en partage de voitures électriques, par exemple Autolib à Paris. Dans un tel système locatif, un ensemble de clients, souvent abonnés, peut emprunter un véhicule sur un point de service, puis l'utiliser, avant de le rendre sur un point de service (pas forcément le même que lors de l'emprunt). En l'absence de politique de gestion proactive, un tel système conduit presque inévitablement à des déséquilibres entre l'offre et la demande. De tels phénomènes, dits de "rupture", apparaissent dans deux cas. Le premier cas correspond au fait qu'un client souhaite louer un véhicule sur un site vide. Il est alors obligé d'attendre le retour d'un véhicule ou d'aller sur un autre site. On a ainsi une "rupture de disponibilité". De même, le deuxième cas apparaît lorsqu'un client souhaite rendre un véhicule sur un site qui n'a plus d'espace libre, le client est obligé d'attendre la prise d'un véhicule ou alors d'aller sur un autre site. On appelle cet événement "rupture de capacité". Ces situations sont perçues négativement par les utilisateurs. Elles peuvent réduire le taux d'utilisation du système et, par conséquent, réduire son impact sur le transport urbain. De ce fait, des agents sont déployés sur le réseau afin de corriger les déséquilibres.

Nous nous intéressons, dans ce contexte, à la mise en place de stratégies efficaces d'anticipation et de correction de ces déséquilibres. En particulier, nous focalisant sur le problème de redéploiement, nous cherchons une planification des activités des agents de manière à optimiser l'offre sur les sites par rapport à la demande prévue avec un coût de transport minimal. Ceci passe par le redéploiement d'un certain nombre de véhicules entre les sites. Ce redéploiement peut se faire de manière différente selon le type de véhicule : dans le cas de vélos, chaque agent dispose d'une camionnette pour réaliser le transport. Dans le cas de véhicules électriques autonomes, ceux-ci seront assemblés et déplacés à l'aide de convois sans fil. Chaque mode induit ses contraintes spécifiques.

2 Modélisation et résolution

On considère un graphe orienté $G = (V, E)$ où $V = \{0, \dots, n + 1\}$ est l'ensemble des sommets et où $E = \{(i, j) | \forall i, j \in V, i \neq j\}$ contient les arcs. L'ensemble des sommets est composé du dépôt (numéroté 0 pour la *source* et $n + 1$ pour le *puits*) et des sites de service (numérotés de 1 à n). Chaque site i possède une demande $D_i \in \mathbb{Z}$ qui traduit son besoin pour atteindre la situation d'équilibre : D_i est positive si le site possède trop de véhicules, D_i est négative s'il a besoin de véhicules et D_i est nulle si le site est déjà en situation d'équilibre. Cette demande est dérivée d'une analyse probabiliste des déplacements dans le temps et dans l'espace des usagers, et de l'état de chaque sites. Chaque arc (i, j) représente le plus court chemin pour se rendre de i à j . On lui associe un coût $T_{i,j} > 0$ qui correspond à la durée pour aller de i à j . Les agents sont considérés homogènes et en nombre K (numérotés de 1 à K). Ils sont initialement situés sur le dépôt *source*. La capacité A des agents correspond à la capacité de la camionnette dans le cas de transport de vélos et au nombre maximal de véhicules dans un convoi dans le cas des véhicules électriques autonomes. Dans un schéma de redéploiement, chaque agent part du dépôt *source*, effectue une opération de collecte ou de livraison sur chaque site qu'il visite, avant de revenir sur le sommet *puits*. L'objectif est alors de déterminer les trajectoires des agents et des véhicules de façon à redéployer de façon satisfaisante les demandes de l'ensemble des sites pour un coût total minimal.

Ce problème peut s'apparenter au problème de livraison et collecte [1] de type M-M (Many-to-Many) selon la classification de Berbeglia *et al.* [2]. Dans ce problème, les objets (les vélos ou les véhicules électrique autonomes) collectés sur un site de service ($D_i > 0$) peuvent être utilisés pour répondre à la demande de plusieurs sites de livraison ($D_i < 0$). Ce problème possède ainsi une caractéristique d'Open VRP, si l'on considère que le dépôt *puits* correspond en fait à la fin logique du trajet des agents. Dans ce cas, les agents terminent leur activité sur un site de service, en attendant le prochain redéploiement. Le dernier sommet visité par chaque agent est donc son sommet final. Ce problème est NP-difficile dans le cas général.

Nous proposons une formulation mathématique prenant en compte le fait que les objets à transporter sont indifférenciés et qu'ils peuvent ainsi être déposés sur n'importe quel site *a priori*. Nous présentons une méthode heuristique d'insertion pour construire une solution initiale. Cette solution est ensuite améliorée dans un schéma métaheuristique de type LNS (Large Neighborhood Search) [3]. Les structures de voisinage utilisées travaillent chacune sur un élément descriptif de l'ensemble des tournées : la liste des sites visités, l'ordre de passage sur les sites et les quantités livrées ou collectées. L'heuristique et la métaheuristique sont évaluées d'abord sur des instances de 1-PDTSP [4] et ensuite sur des instances réalistes construites à partir du réseau Velo'v de Lyon. Sur les instances les plus petites, nous mesurons la qualité des résultats avec la valeur optimale produite par CPLEX sur le modèle que nous proposons.

Références

- [1] P. Toth and D. Vigo. *The Vehicle Routing Problem*, Siam, 2002.
- [2] G. Berbeglia, J.-F. Cordeau, I. Gribkovskaia and G. Laporte. *Static pickup and delivery problems : a classification scheme and survey*, TOP, Vol. 15, pp. 1-31, 2007.
- [3] S. Ropke and D. Pisinger. *An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows*, Transportation Science, Vol. 40, pp. 455-472, 2006.
- [4] H. Hernández-Pérez and J. J. Salazar-González. *The one-commodity pickup-and-delivery traveling salesman problem : inequalities and algorithms*, Networks, Vol. 4, pp. 258-272, 2007.