

Redistribution par usagers pour les véhicules en libre-service: le potentiel du co-voiturage et du remorquage

Barzola Thomas¹, Cung Van-Dat¹, Jost Vincent¹

Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP*, G-SCOP, 38000 Grenoble, France

*Institute of Engineering Univ. Grenoble Alpes

thomas.barzola@grenoble-inp.fr

Mots-clés : *Bicycle and car sharing, Shared mobility systems, Vehicle repositioning, trip-splitting, trip-joining*

1 Introduction

Pour répondre à la demande de moyen de transport flexible et ancré dans le développement durable, les systèmes de véhicules en libre service se développent tant par l'utilisation croissante de système implantés, que par l'implantation de nouveaux systèmes [3]. Sans intervention, du fait de la forte nature pendulaire de la demande (trajets domicile-travail entre des zones résidentielles et des zones d'activités en particulier), un tel système se déséquilibre. Des zones à fortes demandes se retrouvent sans véhicule tandis que les véhicules s'accumulent dans d'autres zones sans demande.

Afin de résoudre ce problème de déséquilibre, différentes approches ont été proposées. Elles peuvent être divisées en deux grandes catégories. La première consiste à déplacer les véhicules de manière indépendante des utilisateurs grâce à des "opérateurs", les problèmes sous-jacent sont alors ceux des tournées de véhicules avec des contraintes temporelles. La seconde catégorie consiste à profiter des déplacements des usagers pour le repositionnement des véhicules vers des zones déficitaires en véhicules ayant une forte demande. Bien qu'économiquement plus rentable, cette solution est souvent limitée par le fait qu'un usager ne peut déplacer qu'un véhicule à la fois. Plusieurs études ont porté sur d'autres méthodes comme détourner un usager de son trajet initial afin d'optimiser le fonctionnement du système. Mais peu ont étudié la possibilité de déplacer plus d'un véhicule par usager [1].

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés uniquement à l'optimisation offline, c'est-à-dire d'un scénario où les demandes sont connues à l'avance. Dans un premier temps nous avons modélisé deux mécanismes du repositionnement par usagers. Puis nous avons étendu le modèle pour y intégrer le repositionnement par opérateurs.

2 Systèmes auto-partage et problèmes sous-jacents

Pour traiter le problème de repositionnement de véhicules, deux sous-problèmes sont généralement identifiés lorsque les demandes sont connues au fur et à mesure. Etant donnée une flotte de véhicules le premier consiste à déterminer le nombre de véhicules à déployer dans chaque station. Ce problème a été traité par Raviv et al. [4], qui proposent une méthode pour déterminer le remplissage initial afin de minimiser l'insatisfaction des utilisateurs. Le second problème consiste à (re)positionner les véhicules dans les stations par des tournées de véhicules avec des opérateurs, en dehors ou pendant les heures de fonctionnement du système. Pour ce problème de tournées de véhicules Raviv et al. [4] proposent une approche déterministe tandis que Chemla et al. [2] proposent une approche stochastique. Vogel et al. [5] considèrent quant à eux les deux problèmes simultanément.

Parallèlement Waserhole et al. [6] proposent une méthode de pricing afin de maximiser les temps d'utilisation des véhicules. Il est à noter que leur travail considère le repositionnement par usager.

Dans notre cas où les demandes sont connues à l'avance, déterminer le taux de remplissage se fait naturellement pendant la phase d'optimisation.

2.1 Repositionnement par usagers

Nous considérons deux mécanismes de repositionnement par usagers dans ce problème :

- *Trip-joining* : équivalent du covoiturage, deux usagers ayant les mêmes stations de départ et d'arrivée avec des horaires de départ proches sont invités à partager un même véhicule.
- *Trip-splitting* : introduit par Barth et al.[1], un usager est invité à tracter un second véhicule pendant son trajet.

L'objectif est de maximiser le nombre de demandes satisfaites.

Nous modélisons ce problème par un flot dans un graphe espace-temps avec une contrainte *First Come First Serve* [6] forçant l'attribution d'un véhicule à un client se présentant à une station non vide. Cette contrainte rend le modèle plus réaliste.

2.2 Repositionnement par opérateurs

Dans ce cas un double objectif apparaît : minimiser le nombre d'opérateurs déployés tout en maximisant le nombre de demandes satisfaites.

Le problème de flot précédent est alors élargi en deux flots couplés où l'on cherche à minimiser le nombre d'opérateurs déployés, le nombre de demandes satisfaites étant placé en contrainte.

2.3 Experimentations

Pour cette étude, nous avons accès sur une durée de 90 minutes à tous les trajets demandés au système. Nous avons étudié l'impact de la contrainte de *First Come First Served* sur la qualité des solutions. Nous avons aussi proposé deux méthodes de simplification pour la résolution du double flot couplé.

Références

- [1] Matthew J. Barth, Michael D. Todd, and Lei Xue. User-Based Vehicle Relocation Techniques for Multiple-Station Shared-Use Vehicle Systems. 2004.
- [2] Daniel Chemla, Frédéric Meunier, and Roberto Wolfler Calvo. Bike sharing systems : Solving the static rebalancing problem. *Discrete Optimization*, 10(2) :120–146, May 2013.
- [3] Gilbert Laporte, Frédéric Meunier, and Roberto Wolfler Calvo. Shared mobility systems : an updated survey. *Annals of Operations Research*, 271(1) :105–126, 2018.
- [4] Tal Raviv, Michal Tzur, and Iris A. Forma. Static repositioning in a bike-sharing system : models and solution approaches. *EURO Journal on Transportation and Logistics*, 2(3) :187–229, August 2013.
- [5] Patrick Vogel, Bruno A. Neumann Saavedra, and Dirk C. Mattfeld. A Hybrid Metaheuristic to Solve the Resource Allocation Problem in Bike Sharing Systems. In Maria J. Blesa, Christian Blum, and Stefan Voß, editors, *Hybrid Metaheuristics*, Lecture Notes in Computer Science, pages 16–29. Springer International Publishing, 2014.
- [6] Ariel Waserhole. *Vehicle Sharing Systems Pricing Optimization*. Theses, Université de Grenoble, November 2013.