

Mutualisation de taxis avec partage de coût : complexité paramétrée et heuristique par un problème de stables

Alain Faye^{2,3}, Dimitri Watel^{1,3}

¹ SAMOVAR, Evry, France

² Laboratoire CEDRIC, équipe OC, 292 Rue Saint-Martin, 75003 Paris, FRANCE

³ ENSIIE, 1 square de la Résistance 91025 Evry, FRANCE
{alain.faye}@ensiie.fr {dimitri.watel}@ensiie.fr

Mots-clés : *Transports mutualisés, Dial-A-Ride Problem, Complexité paramétrée, Stable de poids maximum.*

1 Présentation du problème étudié

On se propose dans cette présentation d'étudier une variante du problème Dial-A-Ride (DARP). Dans le problème original, on cherche à optimiser les routes de véhicules chargés de transporter des personnes depuis leurs origines respectives vers leurs destinations respectives. Ce modèle est généralement utilisé pour optimiser des chemins pour des taxis ou des transports de personnes à mobilité réduite en ambulance depuis leur résidence jusqu'à l'hôpital.

Plus formellement : il existe un nombre m de véhicules disponibles, tous présents dans un dépôt. Chaque véhicule a une certaine capacité : le nombre de personnes qu'il peut transporter en même temps (*contrainte de capacité*). Il y a n clients à transporter (*contrainte de tournée*) de leurs points de départ à leurs points d'arrivée (*contrainte de précédence*), tout en respectant des contraintes de fenêtres de temps : le véhicule doit rejoindre l'origine et/ou la destination du client entre deux instants donnés (*contrainte de temps*).

Le problème DARP a été grandement étudié ces quinze dernières années. Un état de l'art récent sur ce problème et les problèmes proches peut être trouvé dans [1]. On se propose d'étudier dans cette présentation une version de DARP adaptée à un problème de partage de taxis. On souhaite que les différents clients qui se partagent un taxi puissent se partager le coût de la course. Ce partage est effectué au prorata du temps passé dans le taxi : chaque client paie seul les parties du trajet qu'il a effectuées seul dans le taxi, mais il partage équitablement avec d'autres clients les parties du trajet qu'il a effectuées avec ces derniers.

On s'intéresse au rapport entre le coût payé par chaque client et le coût qu'il aurait payé s'il avait été seul, c'est-à-dire le coût qu'il aurait payé dans un taxi qui serait allé directement de son origine à son arrivée, sans effectuer de détour pour récupérer ou déposer d'autres clients. On dit que ce client est *satisfait* si le rapport ne dépasse pas un facteur $\alpha \in]0; 1[$ donné en entrée. Tous les clients partageant un taxi doivent être satisfaits sans quoi ils préféreront prendre un taxi seul. La question est de trouver, connaissant les n requêtes des clients, le facteur α et la capacité $capa$ des taxis, une solution réalisable respectant les contraintes de tournée, de précédence, de capacité et de temps, et maximisant le nombre de clients satisfaits.

Ce problème, nommé *Dial-A-Ride Problem with Money as an incentive*, a été introduit par [2, 3]. Dans ces articles, l'accent est mis sur une version dynamique du problème, où chaque requête peut survenir à tout instant et doit être intégrée aux routes précédemment définies. Cette version est résolue par une heuristique de recherche locale gloutonne et probabiliste (GRASP). Pour palier au problème de la version dynamique, les entrées sont figées à chaque pas de temps et l'heuristique résout la version statique avec ces données.

On peut remarquer qu'il n'est pas fait mention du gain des chauffeurs de taxis. Étant donnée la manière dont est partagé le prix de la course, un chauffeur gagne ici exactement la somme

qu'il aurait gagnée si un client seul avait effectué et payé l'ensemble du trajet. Cependant le taxi roule rarement à vide si de nombreux clients se partagent le taxi continuellement. Ce gain n'est pas pris en compte car l'accent est mis sur la difficulté apportée par la contrainte de coût.

2 Contribution

La contribution est double. Après avoir défini formellement le problème, nous nous intéressons dans la première partie à la complexité paramétrée du problème vis-à-vis de trois paramètres naturels du problème : le facteur α , la capacité $capa$ des taxis et la variable de décision S du problème d'optimisation (le nombre de clients que l'on souhaite satisfaire). Nous montrons en particulier que même si le graphe routier est planaire et si α et $capa$ sont fixés, le problème est NP-Complet et ne peut être approché en temps polynomial avec un rapport polynomial; que même si le graphe routier est sans circuit et si α , $capa$ et S sont fixés, le problème est $W[1]$ -difficile; et que si le graphe est sans circuit et que $capa$ est fixé, le problème peut être approché en temps polynomial avec un rapport $O(\sqrt{n})$ où n est le nombre de clients.

La seconde partie se penche sur une méthode heuristique de résolution. Cet algorithme énumère intelligemment un ensemble de taxis réalisables. Cette énumération se base sur la compatibilité possible de requêtes de clients compte tenu de leur éloignement géographique et temporel. On déduit ensuite un problème de stable de poids maximum où chaque nœud est un taxi et chaque arête relie deux taxis satisfaisant le ou les mêmes clients. La résolution de ce problème est laissée à un solveur de programmation linéaire. Cet algorithme a été testé sur des données réelles [4]. Un aperçu des résultats est donné en Figure 1.

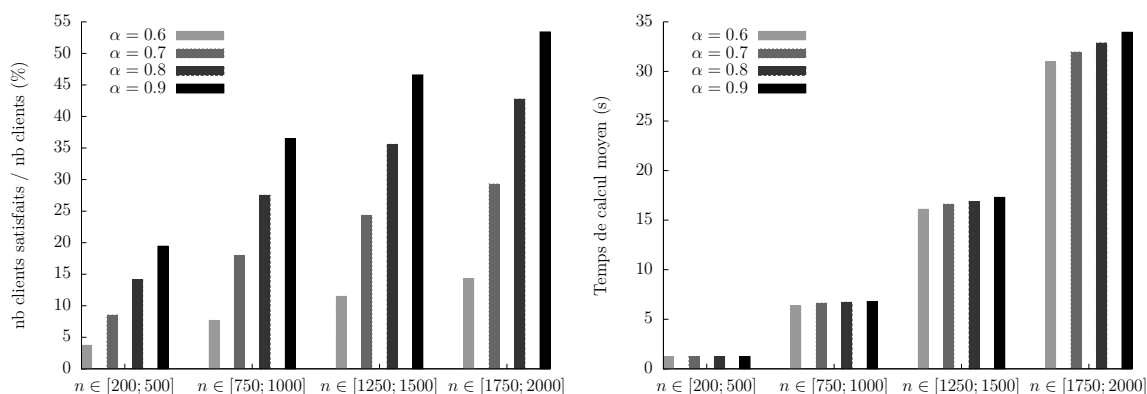


FIG. 1 – Moyennes des pourcentages de clients satisfaits (à gauche) et du temps de calcul en fonction du nombre de clients n en entrée et de α . Chaque test a été effectué sur 100 tirages aléatoires de n clients de la liste de [4].

Références

- [1] Ida Nedregård. *The Integrated Dial-a-Ride Problem-Balancing Costs and Convenience*. PhD thesis, NTNU, Trondheim, 2015.
- [2] Douglas O. Santos and Eduardo C. Xavier. Dynamic taxi and ridesharing : A framework and heuristics for the optimization problem. *IJCAI International Joint Conference on Artificial Intelligence*, pages 2885–2891, 2013.
- [3] Douglas O. Santos and Eduardo C. Xavier. Taxi and Ride Sharing : A Dynamic Dial-a-Ride Problem with Money as an Incentive. *Expert Systems with Applications*, 42(19) :6728–6737, 2015.
- [4] Todd Schneider. Unified New York City Taxi and Uber data. <https://github.com/toddschneider/nyc-taxi-data>, 2007.