

Algorithme de Branch-Cut-and-Price pour un problème de tournées de véhicules avec drones

Sylvain Lichau¹, Rémy Dupas¹, Ruslan Sadykov², Julien François¹

¹ Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, IMS, UMR 5218, F-33400 Talence, France
{sylvain.lichau, remy.dupas, julien.francois}@u-bordeaux.fr

² Univ. Bordeaux, CNRS, INRIA, Bordeaux INP, IMB, UMR 5251, F-33400 Talence, France
ruslan.sadykov@inria.fr

Mots-clés : recherche opérationnelle, optimisation, méthodes exactes, problème de routage de véhicules, drones

1 Introduction

Le développement de nouvelles technologies permet de simplifier notre quotidien. Les livraisons à domicile de biens et de nourritures se sont considérablement développées ces dernières années, et si le problème de tournées de véhicules (VRP) est maintenant considéré comme un problème d'optimisation classique, le développement des drones dans le domaine civil laisse percevoir de nouvelles variantes du VRP. L'intégration de drones dans les livraisons à domicile ne va pas seulement diminuer la durée des livraisons, mais va également limiter l'impact écologique de ces dernières et diminuer la congestion des réseaux routiers en réduisant le trafic de camions en ville. Dans la variante que nous traitons, issue de [4], le nombre de drones transportés par un camion est une variable de décision. Les drones peuvent être lancés uniquement à partir des clients ou du dépôt, et chaque camion doit attendre le retour de tous ses drones avant de repartir. Un seul client peut être visité par sortie de drone. Les clients ont des dates d'échéance à partir desquels la livraison n'est plus possible. Cette variante semble être la plus réaliste pour la mise en production, en raison des limites physiques des drones.

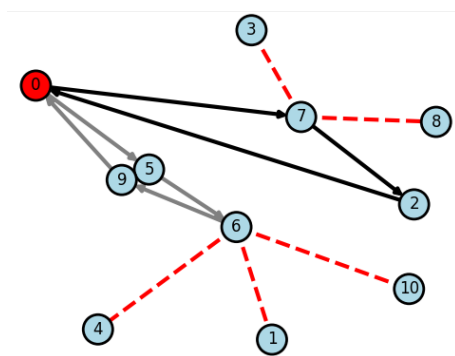


FIG. 1 – Exemple de solution réalisable du problème de tournées de véhicules avec drones

Dans la figure 1, deux camions effectuent leurs routes à partir du dépôt (rouge). Le premier camion s'arrête au sommet 6 pour envoyer des drones aux sommets 1, 4 et 10, et le second camion s'arrête au sommet 7 pour envoyer des drones aux sommets 8 et 3.

2 Méthode de résolution

Nous appliquerons l'algorithme générique de branch and price introduit dans [2] pour résoudre le problème. La problématique principale étant de modéliser la route d'un véhicule et de ses drones comme un chemin contraint par des ressources dans un graphe [3]. Soit v un client où le camion s'arrête et N_v l'ensemble des clients visitables par drone depuis v . Attribuer les drones à un sous-ensemble de N_v est équivalent à résoudre un problème d'ordonnancement de type $P|\bar{d}_j|C_{\max}$, où l'aller-retour vers un client est une tâche et chaque drone est une machine. Pour modéliser cela, deux méthodes sont envisagées. Pour les deux, on commence par séparer chaque sommet v du graphe en deux, le premier ayant tout les arcs entrant dans v et le second tous les arcs sortants de v . On modélise les routes de drones partant du sommet v comme un ensemble de chemins entre les deux nouveaux sommets.

La première méthode est l'énumération des sous-ensembles visitables par drone à partir de chaque sommet, en fonction de la date d'arrivée du camion. La combinatoire de cette modélisation explose très rapidement, mais dans les instances de l'article [4] les voisinages de drones sont très petits.

La seconde méthode consiste à modéliser le problème d'ordonnancement des drones à l'intérieur de la modélisation de la route. Pour cela, il faut cependant ajouter k nouvelles ressources, représentant le temps de retour au camion de chaque drone après un déplacement.

Une fois cette modélisation implémentée, on peut appliquer le solveur [2] et obtenir une performance au niveau de l'état de l'art actuel. Les résultats préliminaires seront présentés lors de la conférence.

Références

1. KANG, M. & LEE, C. An Exact Algorithm for Heterogeneous Drone-Truck Routing Problem. en. *Transportation Science* **55**, 1088-1112. ISSN : 0041-1655, 1526-5447. <http://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/trsc.2021.1055> (2022) (sept. 2021).
2. PESSOA, A., SADYKOV, R., UCHOA, E. & VANDERBECK, F. A generic exact solver for vehicle routing and related problems. en. *Mathematical Programming* **183**, 483-523. ISSN : 0025-5610, 1436-4646. <https://link.springer.com/10.1007/s10107-020-01523-z> (2022) (sept. 2020).
3. SADYKOV, R., UCHOA, E. & PESSOA, A. A Bucket Graph-Based Labeling Algorithm with Application to Vehicle Routing. en. *Transportation Science* **55**, 4-28. ISSN : 0041-1655, 1526-5447. <http://pubsonline.informs.org/doi/10.1287/trsc.2020.0985> (2022) (jan. 2021).
4. ZHOU, H., QIN, H., CHENG, C. & ROUSSEAU, L.-M. A Branch-and-Price Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Drones. en, 34. <https://optimization-online.org/2022/02/8801/>.