

Tournées efficaces bi-objectif obtenues par un couplage de deux véhicules autonomes

Owein Thuillier, Xavier Gandibleux

Université de Nantes, France

Owein.Thuillier@etu-univ-nantes.fr

Xavier.Gandibleux@univ-nantes.fr

Mots-clés : *optimisation discrète, optimisation multi-objectif, véhicules autonomes, TSP-D*

1 Problème étudié

Des systèmes de pickup/delivery automatisés sont aujourd’hui une réalité, notamment avec le concours de la technologie des véhicules autonomes. Des services opérationnels sont expérimentés tant avec des droïdes terrestres qu’avec des drones aériens. Dans la présente étude, on considère un dépôt et un ensemble de clients à visiter (dans le cadre d’un service soit de pickup, soit de delivery) et on s’intéresse à l’élaboration de tournée dépôt-clients-dépôt. Pour assurer la mission, on dispose d’un véhicule routier (que l’on considère conventionnel, tel un van, mais qui pourrait être une navette terrestre autonome) et d’un véhicule aérien automatique (tel un drone volant). Un tel système est usuellement identifié dans la littérature scientifique depuis 2015 sous le nom de “problème de voyageur de commerce avec drone (TSP-D)” [4].

Dans ce problème, chaque client est visité une et une seule fois, soit par le van, soit par le drone. On désigne par “une mission du drone”, une opération qui comporte trois temps : (1) découplage drone-van, (2) visite d’un client par le drone, (3) recouplage drone-van. Avec ce fonctionnement, le drone visite un seul client par opération. Durant ces temps, le van est en capacité de se déplacer pour visiter en parallèle d’autres clients. Plusieurs hypothèses régissent l’articulation van-drone :

- le drone quitte et rejoint le van uniquement lorsque ce dernier est stationnaire chez un client ;
- le drone ou le van peuvent s’attendre de manière stationnaire sur un lieu de rendez-vous de manière à réaliser le recouplage ;
- aucune contrainte n’est exprimée sur (1) la distance de vol du drone (batterie avec autonomie infinie) ou (2) sur la capacité de transport du drone.

Les questions qui se posent sont au nombre de trois et concernent la manière dont les clients sont visités : (1) quels clients sont visités ensembles par le drone et le van ; (2) quels clients sont visités par le drone seul ; (3) quels clients sont visités par le van seul. Deux objectifs à optimiser simultanément sont retenus : f_1 , minimiser le temps total requis pour réaliser la tournée (problème abordé dans [1, 5]) et f_2 , minimiser le temps d’attente (van + drone) total (objectif posé dans [3]). A notre connaissance, ce problème n’a pas été étudié avant [6, 7] dans un contexte de résolution exacte bi-objectif. Cette communication présente un algorithme calculant X_E , l’ensemble complet des solutions efficaces (voir [2] pour la définition de solutions efficaces) de ce problème et des résultats numériques.

2 Résultats

La figure 1 rapporte une tournée optimale pour l’objectif f_1 . Dans cet exemple, le drone se déplace 6 fois plus vite que le van. Le trait plein et pointillé donnent respectivement la tournée du van et les opérations assurées par le drone.

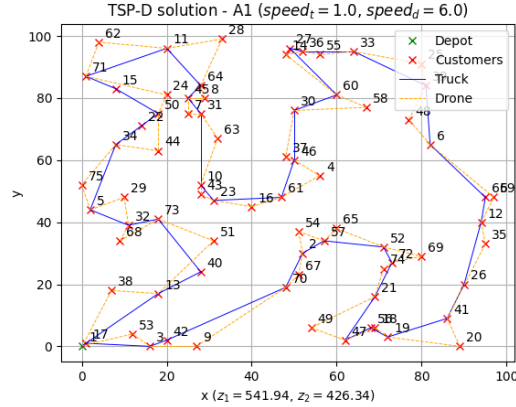


FIG. 1 – Exemple d’une tournée optimale sur un problème pour l’objectif f_1 .

n	$\#Y_N$	$\#Y_{SN}$	$\#Y_{NN}$	Time(s)
10	9.6	5.5	4.1	0.002405
20	24.0	10.0	14.0	0.060915
30	51.2	14.5	36.7	0.635835

TAB. 1 – Exemples de résultats en moyenne sur 20 instances numériques pour (f_1, f_2) .

Le tableau 1 rapporte pour (f_1, f_2) les résultats obtenus en moyenne sur 20 instances de 10, 20 et 30 clients à visiter et dans lequel le drone se déplace 3 fois plus vite que le van. Le nombre de points non-dominés moyen (Y_N) observés ainsi que la ventilation non-dominés supportés (Y_{SN}) et non-supportés (Y_{NN}) sont rapportés, de même que le temps de calcul moyen observé sur un ordinateur portable standard. La communication présentera en détail l’algorithme de résolution élaboré, les variantes du problème investiguées et des résultats complets analysés.

Références

- [1] Niels Agatz, Paul Bouman, and Marie Schmidt. Optimization approaches for the traveling salesman problem with drone. *Transportation Science*, 52(4) :965–981, 2018.
- [2] Matthias Ehrgott. *Multicriteria Optimization*. Springer-Verlag New York, Inc., Secaucus, NJ, USA, 2 edition, 2005.
- [3] Quang Minh Ha, Yves Deville, Quang Dung Pham, and Minh Hoàng Hà. On the min-cost traveling salesman problem with drone. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, 86 :597 – 621, 2018.
- [4] Chase C. Murray and Amanda G. Chu. The flying sidekick traveling salesman problem : Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, 54 :86 – 109, 2015.
- [5] Stefan Poikonen, Bruce Golden, and Edward A. Wasil. A branch-and-bound approach to the traveling salesman problem with a drone. *INFORMS Journal on Computing*, 31(2) :335–346, 2019.
- [6] Owein Thuillier and Théo Le Colleter. Etude et contributions à la résolution du TSP-D. Travail d’étude et de recherche (année 1 du master informatique parcours Optimisation en Recherche Opérationnelle), Université de Nantes, Mai 2020. Défendu en 2020. 223 pages.
- [7] Owein Thuillier, Théo Le Colleter, and Xavier Gandibleux. Bi-Objective Traveling Salesman Problem with Drone (TSP-D). International Workshop Recent Advances in Multi-Objective Optimization, Johannes Kepler University Linz, Austria. 17 September 2020.