

Optimisation de systèmes de livraison urbaine par drones

Raïssa Saleu¹, Laurent Deroussi¹, Dominique Feillet²,
Nathalie Grangeon¹, Alain Quilliot¹

¹ Université Blaise Pascal, LIMOS, UMR CNRS 6158 Aubière, France
{raïssa.saleu, alain.quilliot}@isima.fr

{nathalie.grangeon, laurent.deroussi}@univ-bpclermont.fr

² École des Mines de Saint-Étienne et LIMOS, UMR CNRS 6158, F-13541 Gardanne, France
feillet@emse.fr

Mots-clés : *livraison, drones, optimisation.*

1 Introduction

Aujourd'hui la «logistique du dernier kilomètre» est un concept ayant gagné une ampleur sans précédent. Pour livrer des marchandises en milieu urbain, les entreprises cherchent des stratégies leur permettant d'améliorer la satisfaction des clients tout en réduisant les coûts de livraison. C'est dans cette optique qu'en 2013, le directeur général du numéro 1 de la vente en ligne Amazon a révélé une idée révolutionnaire de la société consistant à utiliser les drones pour la distribution des petits colis. Précédemment utilisés uniquement à des fins militaires, ces petits engins volant possèdent en effet des caractéristiques intéressantes qui permettraient d'améliorer le processus de livraison des marchandises en milieu urbain. Ils sont légers, faiblement énergivores et insensibles au trafic urbain. Par contre, ils sont limités en matière d'endurance, de capacité et de charge utile.

Malgré les réticences de plusieurs municipalités dues à de nombreuses entraves réglementaires, plusieurs autres entreprises telles que UPS, Google, DHL Express, Abibaba, la Poste d'Australie, Domino's Pizza se sont lancées dans des projets similaires. Comment optimiser le processus de livraison des colis en combinant camions et drones pour servir les clients ? Répondre à cette question est le principal objectif de notre travail.

2 Etat de l'art

Ces deux dernières années, plusieurs auteurs se sont penchés sur la même question que nous. Deux grandes approches du problème sont envisageables :

- Avec synchronisation : le camion transporte le drone. Quand il sert un client à un point donné, le drone est lancé pour servir un autre client. Puis le camion récupère le drone.
- Sans synchronisation : le camion fait son tour normalement et le drone fait des aller-retour entre le dépôt et la localisation des clients pour les servir.

Le tableau 2 présente les papiers récents sur la livraison des colis par les drones. Pour chaque article est précisé le nombre de camions et de drones considérés, la présence ou non de synchronisation ainsi que les méthodes de résolutions proposées.

3 Notre travail

Pour se rapprocher du scénario le plus facilement réalisable dans la réalité, nous avons décidé de partir du PDSTSP (Parallel Drone Scheduling Traveling Salesman Problem) initié par Murray et Chu [4] qui ne nécessite pas de synchronisation entre camion et drone. Nous avons identifié 4 variantes intéressantes possibles du PDSTSP :

Article	Acronyme	Nbre de camions	Nbre de drones	Synchronisation	Méthode de résolution
Agatz et al. [1]	TSP-D	1	1	Oui	IP; Route first - Cluster second
Dorling et al. [2]	DDPs	0	n	Non	MILP; SA
Ha et al. [3]	TSP-D(FSTSP)	1	1	Oui	Culster first - Route second; Route first - Cluster second
Ha et al. (2015)	min-cost TSP-D	1	1	Oui	MILP; GRASP; TSP-LS
Murray and Chu [4]	FSTSP	1	1	Oui	MILP, Heuristics
	PDSTSP	1	n	Non	

TAB. 1 – Articles récents sur la livraison des colis par les drones

- Variante 1 : 1 camion, 1 drone, 1 dépôt ;
- Variante 2 : 1 camion, m drones, 1 dépôt ;
- Variante 3 : k camions, m drones, 1 dépôt ;
- Variante 4 : k camions, m drones, p dépôts.

Dans un premier temps, nous avons décidé de nous concentrer sur les trois premières variantes dont les descriptions sont illustrées par les figures (1a), (1b) et (1c) respectivement. Chaque client est servi soit par un camion soit par un drone. Tout camion part du dépôt au plus une fois et revient au dépôt après son tour. L’objectif est de minimiser le temps de retour de tous les véhicules au dépôt. Pour chacune de ces trois variantes, nous avons proposé un modèle mathématique. Le nœud de notre problème est de trouver un moyen pour partitionner de façon optimale l’ensemble des clients en deux groupes : ceux servis par le(s) camion(s) et ceux servis par le(s) drone(s). En effet, une fois ce partitionnement effectué, le problème se décompose en deux sous-problèmes déjà largement étudiés : le TSP (Travelling Salesman Problem) et le PMS (Parallel Machine Scheduling). À la conférence, nous présenterons des premiers résultats d’une méthode heuristique exploitant cette décomposition.

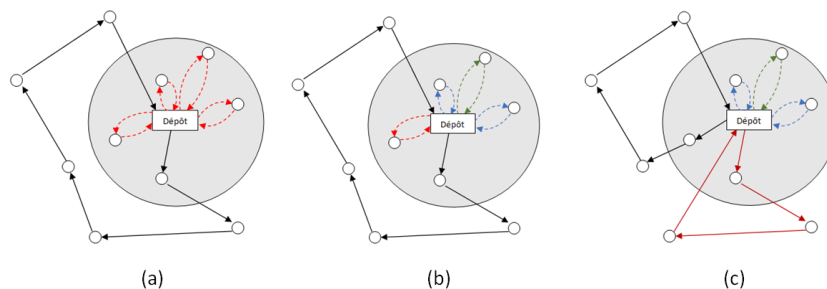


FIG. 1 – Variantes du PDSTSP. Le cercle gris représente la portée de vol d’un drone. l’itinéraire d’un camion est représenté par des traits pleins fléchés tandis que celui d’un drone est représenté par des traits interrompus fléchés

Références

- [1] Agatz, N., Bouman, P., and Schmidt, M., 2015. “Optimization approaches for the traveling salesman problem with drone”. *ERIM Report Series Reference No. ERS-2015-011-LIS*.
- [2] Dorling, K., Heinrichs, J., Messier, G. G., and Magierowski, S., 2016. “Vehicle routing problems for drone delivery”. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics : Systems*.
- [3] Ha, Q. M., Deville, Y., Pham, Q. D., and Hà, M. H., 2015. “Heuristic methods for the traveling salesman problem with drone”. *arXiv preprint arXiv :1509.08764*.
- [4] Murray, C. C., and Chu, A. G., 2015. “The flying sidekick traveling salesman problem : Optimization of drone-assisted parcel delivery”. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, **54**, pp. 86–109.