

Combiner une stratégie transport LTL et FTL : les enjeux d'un plan de transport flexible

Gauthier Soleilhac^{1,2}, Fabien Lehuédé², Juliette Médina¹, Olivier Péton²

¹ CRC Services, Rueil-Malmaison, France

² IMT Atlantique, Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N, UMR CNRS 6004), Nantes, France

Mots-clés : *Problème de tournées de véhicules, Flotte hétérogène, VRP avec profits, Large Neighborhood Search, Programmation par contraintes*

1 Description du problème

Nous nous intéressons à l'optimisation du plan de transport d'un chargeur qui sous-traite le transport de ses marchandises à plusieurs entreprises de transport. Cela implique que la flotte utilisée est hétérogène et que plusieurs modes de tarification des transports sont utilisés dans un même plan de transport.

Les commandes à livrer partent d'un entrepôt central et doivent être livrées à un ensemble de clients selon deux modes de transport :

En Full-Truckload (FTL) : l'industriel affrète un véhicule entier à un transporteur pour effectuer un itinéraire donné. L'organisation du transport est alors à la charge de l'industriel, qui peut définir l'itinéraire et les horaires de ce véhicule en respectant les contraintes métier du transporteur et les contraintes logistiques. Ces contraintes incluent entre autres des fenêtres de temps, des temps de chargement et déchargement, des contraintes d'accès aux sites, de durée ou de longueur maximale des tournées. Chaque transporteur dispose d'une flotte hétérogène et a sa propre façon d'évaluer le coût d'un itinéraire en fonction du véhicule sélectionné.

En Less-Than-Truckload (LTL), le transport des marchandises du chargeur est organisé par le transporteur. Le prix du transport est alors fonction de la quantité à livrer et de la destination.

Nous définissons le problème appelé *Vehicle Routing Problem with FTL and LTL carriers* (VRP-LFC), consistant d'une part à déterminer le mode de transport de chaque commande et d'autre part, pour les commandes acheminées en FTL, à déterminer les tournées des véhicules affrétés, de manière à minimiser la somme des coûts de transport. Ce problème peut être modélisé comme une extension du VRP with Private Fleet and Common Carrier (VRPPC) [2] avec des fenêtres horaires et une flotte hétérogène. Nous étudions le cas où la flotte privée est constituée de véhicules affrétés en FTL auprès de plusieurs transporteurs. Chaque transporteur dispose d'une flotte hétérogène avec une contrainte sur le nombre de véhicules disponibles pour chaque type de véhicule mais aussi au global, sur l'ensemble de sa flotte.

2 Méthode de résolution et résultats

Nous proposons une méthode de résolution basée sur la méta-heuristique Large Neighborhood Search (LNS) [7, 5]. Afin d'intégrer les contraintes sur le nombre de véhicules disponibles par transporteur, lors de la reconstruction d'une solution, l'algorithme maintient la liste des types de véhicules compatibles avec chaque tournée. Insérer un sommet dans une tournée peut réduire cette liste de types de véhicules. Lorsque cela arrive, nous proposons une adaptation de l'algorithme de [6] pour filtrer la liste des types de véhicules compatibles en fonction des

contraintes de disponibilité pour chaque type de véhicule et chaque flotte des transporteurs. Cet algorithme est basé sur la recherche d'un flot maximum dans un graphe dont les différentes couches représentent les transporteurs, les véhicules et les routes.

Une fois les commandes réinsérées, on obtient une solution en résolvant un problème d'affectation des tournées aux véhicules avec une heuristique guidée par l'évaluation d'un regret entre les deux véhicules les moins chers disponibles pour chaque tournée. Une borne inférieure consistant à affecter à chaque tournée le type de véhicule le moins cher compatible, sans tenir compte des contraintes de la flotte est vérifiée avant de résoudre l'affectation. L'affectation des tournées aux véhicules en fonction des capacités de flottes est obtenue en résolvant un problème d'affectation généralisée.

Les tests numériques consistent en une évaluation des performances de notre algorithme sur des instances de la littérature de problèmes proches : le VRPTW avec flotte fixe hétérogène [4]), et le VRPPC([2], [1]). Selon l'objectif considéré (minimisation de la distance totale ou de la durée totale), notre méthode améliore respectivement 9 et 14 meilleures solutions connues sur les 24 instances résolues par [3]. Elle parvient à trouver la solution optimale sur 174 des 200 instances proposées par [2].

Nous présentons également un cas d'étude réalisé sur des données réalistes, et comparons plusieurs stratégies d'expédition : tout expédier en LTL, en FTL ou en combinant ces deux modes d'expédition. Ce travail, décrit dans [8], a été réalisé dans le cadre d'une thèse CIFRE financée par CRC Services, en collaboration avec IMT Atlantique (laboratoire LS2N). CRC Services est l'éditeur de la plateforme web CoLivRi, qui propose à ses clients une optimisation de la performance transport grâce à des algorithmes d'optimisation et des solutions de transport mutualisé. Nous montrons comment l'algorithme proposé a été intégré sur la plateforme web CoLivRi, et son utilisation pour des missions de conseil ou par les clients de CRC Services.

Références

- [1] Annelieke C. Baller, Said Dabia, Wout E. H. Dullaert, and Daniele Vigo. The Vehicle Routing Problem with Partial Outsourcing. *Transportation Science*, 54(4) :1034–1052, August 2020.
- [2] Said Dabia, David Lai, and Daniele Vigo. An Exact Algorithm for a Rich Vehicle Routing Problem with Private Fleet and Common Carrier. *Transportation Science*, 53(4) :986–1000, August 2019.
- [3] Çağrı Koç, Tolga Bektaş, Ola Jabali, and Gilbert Laporte. A hybrid evolutionary algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problems with time windows. *Computers & Operations Research*, 64 :11–27, December 2015.
- [4] D. C. Paraskevopoulos, P. P. Repoussis, C. D. Tarantilis, G. Ioannou, and G. P. Prastacos. A reactive variable neighborhood tabu search for the heterogeneous fleet vehicle routing problem with time windows. *Journal of Heuristics*, 14(5) :425–455, October 2008.
- [5] Stefan Ropke and David Pisinger. A unified heuristic for a large class of vehicle routing problems with backhauls. *European Journal of Operational Research*, 171(3) :750–775, 2006.
- [6] Jean-Charles Régim. Generalized arc consistency for global cardinality constraint. *American Association for Artificial Intelligence (AAAI'96)*, pages 209–215, 1996.
- [7] Paul Shaw. Using constraint programming and local search methods to solve vehicle routing problems. In *International conference on principles and practice of constraint programming*, pages 417–431. Springer, 1998.
- [8] Gauthier Soleilhac, Fabien Lehuédé, Juliette Médina, and Olivier Péton. The vehicle routing problem with FTL and LTL carriers. *Available at SSRN 4110444*, 2022.