

Méthode de résolution en deux phases pour le problème de tournées de véhicules à deux-échelons

Youcef Amarouche¹, Rym Nesrine Guibadj², Aziz Moukrim¹

¹ Sorbonne universités, Université de technologie de Compiègne, CNRS, Heudiasyc UMR 7253, CS 60 319, 60 203 Compiègne cedex

{youcef.amarouche, aziz.moukrim}@hds.utc.fr

² Laboratoire LISIC EA 4491, ULCO, F-62228 CALAIS Cedex
guibadj@univ-littoral.fr

Mots-clés : *problème de tournées de véhicules à deux échelons, heuristique itérée, post-optimisation.*

1 Introduction

Les problèmes de tournées de véhicules, ou *Vehicle Routing Problems* (VRP) [6], figurent parmi les problèmes d'optimisation combinatoire les plus étudiés. Le VRP modélise une situation où une flotte de véhicules, se trouvant dans un dépôt, doit servir un ensemble de clients géographiquement dispersés. Le but est alors de déterminer quels clients doit visiter chaque véhicule et dans quel ordre de sorte que l'activité soit effectuée le plus efficacement possible.

Il existe dans la littérature plusieurs variantes de ce problème. Nous nous intéressons au problème de tournées de véhicules à deux échelons (2E-VRP) [4], une variante du VRP qui s'est développée dans le contexte de la logistique urbaine. Cette variante tire avantage de l'utilisation de centres de distribution urbains et d'une flotte de grands et petits véhicules pour la conception d'une chaîne de distribution efficace en milieu urbain. La distribution des marchandises est organisée en deux niveaux (échelons). Au premier échelon, une flotte de gros véhicules transporte les marchandises depuis un centre de distribution, en grande périphérie, vers des centres de distribution urbains proches de la ville appelés *satellites*. Au niveau de ces satellites, les produits sont transférés vers de petits véhicules qui se chargent ensuite de livrer les clients finaux, situés généralement à l'intérieur de la ville.

Le 2E-VRP est un problème qui a été peu étudié par rapport à d'autres variantes du problème de tournées de véhicules. Nous proposons une heuristique en deux phases pour résoudre le 2E-VRP. Lors de la première phase, on cherche à construire des solutions de bonne qualité en utilisant des mouvements de recherche locale adaptés. Par la suite, une phase de post-optimisation est appliquée pour améliorer la qualité des solutions obtenues. Les différents tests effectués sur les benchmarks de référence ont permis d'obtenir des résultats prometteurs. De plus, notre méthode a réussi à améliorer plusieurs solutions de la littérature.

2 L'algorithme

L'algorithme commence par l'application d'une heuristique de recherche locale itérée. On procède à la résolution du problème en alternant plusieurs phases de destruction et de réparation jusqu'à l'obtention d'un optimum local. La destruction est effectuée à l'aide de différents opérateurs à l'image d'une recherche adaptative à voisinages larges [5] en utilisant un mécanisme de sélection simplifié et rapide. La réparation se fait quant à elle en utilisant une heuristique constructive de type *meilleure insertion*. Après chaque phase de réparation, une recherche locale avec les opérateurs *2opt*, *2opt**, *relocate* et *swap* est ensuite utilisée pour améliorer les solutions obtenues.

Par la suite, une méthode de post-optimisation est appliquée aux solutions collectées lors de la première phase. Ces solutions sont décomposées en tournées et sont stockées dans une mémoire adaptative qui permet, au fil des itérations, de ne garder que les tournées propices à appartenir à une solution optimale. Lors de la phase de post-optimisation, ces tournées sont recombinaisonnées pour créer de nouvelles solutions grâce à la résolution d'un problème de couverture par ensembles. L'idée est qu'à partir d'un ensemble de routes découvertes, il existe une meilleure combinaison qui est toujours égale ou meilleure que la meilleure des solutions explorées.

3 Résultats

Il existe actuellement dans la littérature 6 ensembles d'instances de test pour le 2E-VRP. Les instances les plus petites sont constituées de 12 clients et 2 satellites, les plus grandes de 200 clients et 10 satellites. Nos tests ont été effectués sur les instances utilisées par [3, 1, 2]. L'algorithme est codé en C++ et compilé avec GCC 4.8 de GNU sous un environnement Linux. Pour la méthode de post-optimisation, nous avons utilisé les bibliothèques CPLEX d'IBM. Les tests ont été réalisés en suivant le même protocole que [3, 2].

Notre méthode a pu atteindre des résultats comparables à ceux de la littérature. De plus, la procédure de post-optimisation couplée à notre heuristique a permis d'améliorer les meilleures solutions connues pour 10 instances sur 41 pour lesquelles on ne connaît pas encore de solution optimale.

Ces premiers résultats sont très encourageants et montrent que la voie que nous avons prise mérite d'être explorée, en particulier l'utilisation de la mémoire adaptative pour l'amélioration de la qualité des solutions.

Remerciements. Ce travail est soutenu par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) dans le cadre du projet TCDU (Transport Collaboratif dans la Distribution Urbaine ANR-14-CE22-0017). Il est également effectué dans le cadre du Labex MS2T soutenu par le gouvernement français, à travers le programme "Investissements d'avenir" géré par l'Agence Nationale de la Recherche (Référence ANR-11-IDEX-0004-02).

Références

- [1] Roberto Baldacci, Aristide Mingozzi, Roberto Roberti, and Roberto Wolfler Calvo. An exact algorithm for the two-echelon capacitated vehicle routing problem. *Operations research*, 61(2) :298–314, 2013.
- [2] Ulrich Breunig, Verena Schmid, Richard F. Hartl, and Thibaut Vidal. A fast large neighborhood based heuristic for the two-echelon vehicle routing problem. *arXiv preprint arXiv :1505.08003*, 2015.
- [3] Vera C. Hemmelmayr, Jean-François Cordeau, and Teodor Gabriel Crainic. An adaptive large neighborhood search heuristic for two-echelon vehicle routing problems arising in city logistics. *Computers and Operations Research*, 39(12) :3215–3228, 2012.
- [4] Guido Perboli, Roberto Tadei, and Daniele Vigo. The two-echelon capacitated vehicle routing problem : Models and math-based heuristics. *Transportation Science*, 45(3) :364–380, 2011.
- [5] Stefan Ropke and David Pisinger. An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows. *Transportation science*, 40(4) :455–472, 2006.
- [6] Paolo Toth and Daniele Vigo. The vehicle routing problem, society for industrial and applied mathematics. *SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications*, 2002.