

Un ALNS pour le Team Orienteering Problem appliqué à des problèmes industriels de très grandes tailles

Charly Chaigneau¹, Nathalie Bostel², Axel Grimault³

¹ Université de Nantes, LS2N, SLP, France
charly.chaigneau@etu.univ-nantes.fr

² Université de Nantes, LS2N, SLP, France
Nathalie.Bostel@univ-nantes.fr

³ Université d'Angers, LARIS, SDO, France
axel.grimault@univ-angers.fr

Mots-clés : *Team Orienteering, ALNS, Large scale Instances*

1 Introduction

Les problèmes de tournées de véhicules sont très largement étudiés dans la littérature et les avancées algorithmiques permettent aux algorithmes de traiter de problèmes composés d'un nombre de points de plus en plus grand. Pour autant, seuls quelques auteurs [1, 2] se sont intéressés aux problèmes de très grandes tailles (*i.e.* plusieurs milliers de points) que l'on peut rencontrer dans certains problèmes industriels. Le besoin est notamment présent dans le domaine de l'exploration des sous-sols, où de très larges zones doivent être couvertes afin de permettre une analyse efficace de leur composition. Ces analyses peuvent alors être utilisées de différentes façons, que ce soit pour la géothermie, l'analyse structurelle (prévention des risques, détermination de zones appropriées à l'implantation d'éoliennes), ou afin de déterminer des zones de stockage de CO_2 dans le but de réduire les émissions de gaz à effet de serre. C'est dans ce contexte que nous nous intéressons à la résolution d'un problème de Team Orienteering à contraintes particulières. Après avoir caractérisé le problème, nous développons une métaheuristique adaptée à la résolution de problèmes de très grande taille.

2 Description du problème

L'analyse des sous-sols est un problème de tournées de véhicules très spécifique puisque les missions d'analyse ont une très longue durée alors même que plusieurs centaines voire milliers de points sont visités chaque jour. Il n'est donc pas envisageable de déployer le matériel permettant de capter les données (les capteurs) sur l'entièreté de la zone à analyser. Cette limitation, qui dépend de la quantité de matériel disponible, a pour conséquence la nécessité de redéployer le matériel tout au long de la mission. Lorsque l'une des zones équipées est terminée, les capteurs sont donc redéployés sur les zones suivantes. Ainsi, la disponibilité des points à visiter (correspondant à la zone de déploiement des capteurs) dépendra de la période traitée. Le problème peut donc se modéliser comme un Team Orienteering Problem, avec des points obligatoires et des points optionnels à visiter. Quand tous les points obligatoires d'une zone ont été visités, les capteurs sont déplacés et les ensembles de points obligatoires et optionnels évoluent. L'objectif du problème est donc la maximisation du nombre de points visités tout en respectant les contraintes opérationnelles du problème. Nous retrouvons entre autres la classique limite temporelle sur la durée des tournées, une contrainte sur la distance minimum entre les différents véhicules, la présence de points obligatoires ou encore l'absence de dépôt final.

3 Méthode de résolution

Le nombre de points à visiter étant considérable, nous proposons une métaheuristique de type ALNS que nous couplons à une recherche locale. Introduit en 2006[4], l'ALNS a depuis été utilisé de nombreuses fois dans la résolution des problèmes de tournées de véhicules et ses variantes. Toutefois, il a été peu appliqué au Team Orienteering Problem, variante dans laquelle on maximise le profit. Le principe de l'ALNS consiste en l'application répétée d'opérateurs de destruction et de réparation sur une solution initiale. Les opérateurs sont sélectionnés parmi une banque d'opérateurs en fonction de leur score basé sur leur efficacité passée dans l'optimisation. Ainsi, un opérateur ayant été efficace aura plus de chance d'être sélectionné qu'un opérateur n'ayant pas amélioré la solution. Afin de garantir l'obtention de solutions de bonne qualité en un temps raisonnable, l'ALNS proposé est associé à des mécanismes de structures de données tels que les listes de voisinages[3] ou encore les listes de candidats. Enfin, nous apposons sur les points obligatoires un profit suffisamment élevé par rapport aux points optionnels dans le but de garantir leur insertion dans la solution.

4 Résultats

Nous avons, dans un premier temps, testé notre algorithme sur des instances de la littérature. Les premiers résultats confortent la pertinence de l'algorithme : si les solutions proposées ne sont pas toujours les meilleures sur toutes les instances testées, le gap par rapport aux meilleures solutions connues (0.25% en moyenne) reste très raisonnable pour un temps de calcul bien meilleur que ce qui existe dans la littérature actuellement (27 fois plus rapide en moyenne). Nous avons également réalisé des expérimentations sur des instances développées à partir de données industrielles. Ces instances, proches des instances de type Drilling que l'on peut retrouver dans des problèmes de TSP, sont composées de plusieurs milliers de points.

5 Conclusion

Dans cette recherche, nous proposons une formulation pour un problème industriel de très grande taille. Le problème est résolu par le biais d'une métaheuristique de type ALNS couplée à des mécanismes permettant de réduire les temps de calculs tout en conservant des solutions de très bonnes qualités. Les premiers résultats expérimentaux sont encourageants.

Références

- [1] Luca Accorsi, Daniele Vigo *A Fast and Scalable Heuristic for the Solution of Large-Scale Capacitated Vehicle Routing Problems*. *Transportation Science*, 55(4) :832–856, 2021.
- [2] Florian Arnold, Michel Gendreau, Kenneth Sörensen *Efficiently solving very large scale routing problems* 2017.
- [3] Paolo Toth, Daniele Vigo *The Granular Tabu Search and Its Application to the Vehicle-Routing Problem*. *INFORMS Journal on Computing*, 15(4) :333–346, 2003.
- [4] Stefan Ropke, David Pisinger *An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows* *Transportation Science*, 40 :455–472, 2021.