

Méthode en trois phases pour la résolution du Team Orienteering Problem appliqué à des problèmes industriels de très grande taille

Charly Chaigneau¹, Nathalie Bostel¹, Axel Grimault²

¹ Nantes Université, LS2N, France

{charly.chaigneau,nathalie.bostel}@univ-nantes.fr

² Université d'Angers, LARIS, 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 de traiter des 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 grande taille (*i.e.* plusieurs milliers de points) que l'on peut rencontrer dans certains problèmes industriels. C'est notamment le cas dans le domaine de l'exploration des sous-sols où l'objectif est d'analyser la composition du sous-sol afin d'en comprendre ses propriétés. 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 méthode de résolution en trois phases adaptée à la résolution du problème industriel.

2 Description du problème

Les opérations d'exploration des sous-sols couvrent de très larges zones afin de garantir une analyse efficace de leur composition. Ces opérations peuvent donc avoir de très longue durée alors même que plusieurs centaines voire milliers de points sont visités chaque jour. Il n'est pas envisageable de disposer les capteurs nécessaires aux mesures sur l'ensemble de la zone à étudier. Le matériel sera déployé progressivement en fonction de l'avancement de la mission : lorsque l'une des zones équipées est terminée, les capteurs sont alors 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 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. Entres autres, celles-ci comportent une contrainte de séparation géographique des véhicules ainsi que la nécessité de rapidement couvrir la zone de points obligatoires traitée.

3 Méthode de résolution

Afin de répondre à la problématique, nous développons une méthode en trois phases. Premièrement, nous réalisons un clustering basé sur l'algorithme k-medoids. Ce clustering, en plus du critère traditionnel, optimise le nombre de points associés à chacun des clusters ainsi

que l'éventuel coût de déplacement du véhicule au cluster qui lui est associé. Cela permet une gestion implicite de certaines contraintes de la problématique. Plusieurs sous-problèmes indépendants se basant sur les clusters obtenus sont alors construits puis résolus en parallèle.

Afin d'optimiser chacun des sous-problèmes et puisque le nombre de points présents dans chacun des sous-problèmes reste considérable, nous proposons une métaheuristique de type ALNS que nous couplons à une recherche locale. Introduit en 2006[3], l'ALNS est historiquement efficace sur les problèmes de tournées de véhicules et ses variantes. Son principe consiste en l'application répétée d'opérateurs de destruction et de réparation sur une solution initiale. Notre ALNS est associé à des mécanismes de structures de données tels que les listes de voisinages[4] ou encore les listes de candidats afin de garantir l'obtention de solutions de bonne qualité en un temps raisonnable.

Enfin, lorsque tous les sous-problèmes sont optimisés, une recherche locale est appliquée sur les zones frontières. Ces zones frontières correspondent à l'ensemble des points proches des zones de découpe des clusters. La recherche locale permet donc de remettre en cause le découpage initial et de réoptimiser les routes proches n'appartenant pas à un même sous-problème.

4 Résultats

Dans un premier temps, l'ALNS est testé sur des instances de la littérature. Sur ces instances, l'algorithme proposé semble pertinent puisqu'il obtient des solutions de très bonne qualité en des temps de calcul très courts. N'ayant pas trouvé d'instances de très grande taille dans la littérature pour le TOP, nous avons adapté des instances de l'OP de très grande taille présentes dans TSPLib afin de tester notre ALNS. Ce nouveau jeu de données comprend 288 instances allant de 1002 à 5935 points.

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. Sur ces instances, la méthode en trois phases trouve rapidement des solutions de meilleures qualités que les solutions actuellement utilisées par l'industriel.

5 Conclusion

Nous proposons une formulation pour des problèmes industriels de tournées de véhicules de très grande taille. Une méthode en trois phases est développée afin de traiter la problématique. Cette méthode propose entre autres une adaptation de l'algorithme de clustering k-medoids ainsi que la résolution parallèle de plusieurs sous-problèmes par le biais d'une métaheuristique de type ALNS. Les premiers résultats confortent la pertinence de la méthodologie proposée pour le problème industriel traité.

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] Stefan Ropke, David Pisinger *An Adaptive Large Neighborhood Search Heuristic for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows* *Transportation Science*, 40 :455–472, 2006.
- [4] 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.