

# RO06 - Tournée de véhicule sélective

## Team Orienteering Problem

Pascal Quach, Antoine Marquis

23 décembre 2022

Le problème de la "course d'orientation"—Team Orienteering Problem (TOP)—est un problème de tournées de véhicules sélectives. C'est une généralisation du problème d'orientation, dont les applications relèvent du recrutement d'athlètes (CHAO, GOLDEN et WASIL 1996), acheminement de techniciens (BOULY, MOUKRIM et al. 2008 ; TANG et MILLER-HOOKS 2005) et planification de voyage touristiques (VANSTEENWEGEN, SOUFFRIAUX, BERGHE et al. 2009 ; VANSTEENWEGEN, SOUFFRIAUX et OUDHEUSDEN 2011).

Nous rappelons en section 1 la description du problème. En section 2, nous citons diverses méthodes exactes, et en section 3 quelques heuristiques. En section 4, nous proposons diverses implémentations et les testons sur des instances disponibles en ligne (CENTRE FOR INDUSTRIAL MANAGEMENT / TRAFFIC AND INFRASTRUCTURE 2022 ; CHAO 1993 ; CHAO, GOLDEN et WASIL 1996 ; TSILIGIRIDES 1984).

## 1 Description du problème

Soit une flotte de  $m$  véhicules, auxquels est associé un temps de parcours maximal  $T_{\max}$ , dont le but est de visiter des clients parmi les  $n$  disponibles, en empruntant un itinéraire  $r$  sans redondance. Les véhicules sont associés à deux dépôts spéciaux, le dépôt de départ  $d$ , et celui d'arrivée  $a$ .

Chaque client  $i$  est associé à un montant  $p_i$  correspondant au profit pouvant être récolté une et une seule fois par un véhicule.

L'objectif est de fournir un ensemble d'itinéraires à emprunter pour les  $m$  véhicules de telle sorte que le profit soit maximisé, sachant que tous les clients n'ont pas à être visité, soit par contrainte, soit par préférence.

## 2 Méthodes exactes

Nous listons dans la section suivante les méthodes exactes, algorithmes garantissant l'optimalité, dans la littérature.

La contrainte d'hétérogénéité sur la flotte de véhicules est la suivante : la flotte est dite **hétérogène** si la contrainte de temps de parcours s'applique différemment pour  $q$  ensembles de véhicules formant une partition de l'ensemble des véhicules.

1. BUTT et RYAN 1999 proposent une méthode utilisant la génération de colonnes et résout le problème hétérogène
2. BOUSSIER, FEILLET et GENDREAU 2007 proposent une méthode dite Branch and Price et résout le problème par programmation dynamique
3. POGGI, VIANA et UCHOA 2010 proposent une formulation permettant de résoudre le problème en temps pseudo-polynomial
4. DANG, EL-HAJJ et MOUKRIM 2013 proposent une méthode polynomiale dite Branch and Cut basée sur des familles d'inégalités valides et de relations de dominance
5. KESHTKARAN et al. 2016 proposent deux méthodes Branch and Price et Branch, Cut and Price en apportant un nombre de nouvelles contributions aux précédentes méthodes.

### 3 Heuristiques

On recense une multitude d'heuristiques, et métaheuristiques. Les plus notables d'après (ibid.) sont :

1. Une méthode utilisant le Variable Neighbourhood Search (VNS) (ARCHETTI, HERTZ et SPERANZA 2007)
2. Une approche dite Path Relinking (SOUFFRIAU et al. 2010)
3. Un algorithme mémétique (BOULY, DANG et MOUKRIM 2010 ; DANG, GUIBADJ et MOUKRIM 2011)
4. une méthode inspirée d'optimisation par essaims particulaires (DANG, GUIBADJ et MOUKRIM 2013)
5. Une méthode augmentée dite de Augmented Large Neighbourhood Search (KIM, LI et JOHNSON 2013)

### 4 Implémentation

#### 4.1 Augmented Large Neighbourhood Search

Nous présentons dans ces travaux une implémentation partielle des travaux de ibid., en se limitant à l'algorithme de construction d'une solution initiale.

Le code est disponible sur le dépôt de code<sup>1</sup>.

Ci-dessous, un exemple de solution pour l'instance de problème « p4.3.t ». La meilleure solution affichée correspond à celles trouvées dans ibid.

### Acronymes

**TOP** Team Orienteering Problem. 1

---

1. <https://gitlab.utc.fr/quachpas/ro06-top-solver/-/blob/main/src/ALNS.ipynb>

The graph consists of 100 nodes, each labeled with a number from 0 to 99. The nodes are arranged in a complex, non-linear fashion. The edges are color-coded: blue, red, and green. The graph shows several cycles and paths. Key nodes include 0 (red square), 99 (red square), and 13 (blue square). The graph is divided into several clusters of nodes connected by edges of different colors.

3

## Références

- ARCHETTI, Claudia, Alain HERTZ et Maria Grazia SPERANZA (1<sup>er</sup> fév. 2007). « Metaheuristics for the Team Orienteering Problem ». In : *Journal of Heuristics* 13.1, p. 49-76. DOI : 10.1007/s10732-006-9004-0.
- BOULY, Hermann, Duc-Cuong DANG et Aziz MOUKRIM (1<sup>er</sup> mars 2010). « A Memetic Algorithm for the Team Orienteering Problem ». In : *JOR* 8.1, p. 49-70. DOI : 10.1007/s10288-008-0094-4.
- BOULY, Hermann, Aziz MOUKRIM et al. (mars 2008). « Un Algorithme de Destruction/Construction Itératif Pour La Résolution d'un Problème de Tournées de Véhicules Spécifique ». In : *7ème Conférence Internationale de Modélisation, Optimisation et Simulation Des Systèmes, MOSIM 08*. Paris, France.
- BOUSSIER, Sylvain, Dominique FEILLET et Michel GENDREAU (1<sup>er</sup> sept. 2007). « An Exact Algorithm for Team Orienteering Problems ». In : *JOR* 5.3, p. 211-230. DOI : 10.1007/s10288-006-0009-1.
- BUTT, Steven E. et David M. RYAN (1<sup>er</sup> avr. 1999). « An Optimal Solution Procedure for the Multiple Tour Maximum Collection Problem Using Column Generation ». In : *Computers & Operations Research* 26.4, p. 427-441. DOI : 10.1016/S0305-0548(98)00071-9.
- CENTRE FOR INDUSTRIAL MANAGEMENT / TRAFFIC AND INFRASTRUCTURE (18 nov. 2022). *The Orienteering Problem : Test Instances*. URL : <https://www.mech.kuleuven.be/en/cib/op/opmainpage> (visité le 18/11/2022).
- CHAO, I-Ming (1993). « Algorithms and Solutions to Multi-Level Vehicle Routing Problems ». Thèse de doct. USA : University of Maryland at College Park. 1217 p.
- CHAO, I-Ming, Bruce L. GOLDEN et Edward A. WASIL (8 fév. 1996). « The Team Orienteering Problem ». In : *European Journal of Operational Research* 88.3, p. 464-474. DOI : 10.1016/0377-2217(94)00289-4.
- DANG, Duc-Cuong, Rym Nesrine GUIBADJ et Aziz MOUKRIM (2011). « A PSO-Based Memetic Algorithm for the Team Orienteering Problem ». In : *Applications of Evolutionary Computation*. Sous la dir. de Cecilia DI CHIO et al. Lecture Notes in Computer Science. Berlin, Heidelberg : Springer, p. 471-480. DOI : 10.1007/978-3-642-20520-0\_48.
- (1<sup>er</sup> sept. 2013). « An Effective PSO-inspired Algorithm for the Team Orienteering Problem ». In : *European Journal of Operational Research* 229.2, p. 332-344. DOI : 10.1016/j.ejor.2013.02.049.
- DANG, Duc-Cuong, Racha EL-HAJJ et Aziz MOUKRIM (mai 2013). « A Branch-and-Cut Algorithm for Solving the Team Orienteering Problem ». In : *The Tenth International Conference on Integration of Artificial Intelligence (AI) and Operations Research (OR) Techniques in Constraint Programming (CPAIOR2013)*. Sous la dir. de Carla GOMES et Meinolf SELLMANN. T. 7874. Lecture Notes in Computer Science. York Height, United States, p. 332-339. DOI : 10.1007/978-3-642-38171-3\_23.
- KESHTKARAN, Morteza et al. (17 jan. 2016). « Enhanced Exact Solution Methods for the Team Orienteering Problem ». In : *International Journal of Production Research* 54.2, p. 591-601. DOI : 10.1080/00207543.2015.1058982.

- KIM, Byung-In, Hong LI et Andrew L. JOHNSON (15 juin 2013). « An Augmented Large Neighborhood Search Method for Solving the Team Orienteering Problem ». In : *Expert Systems with Applications* 40.8, p. 3065-3072. DOI : 10.1016/j.eswa.2012.12.022.
- POGGI, Marcus, Henrique VIANA et Eduardo UCHOA (2010). « The Team Orienteering Problem : Formulations and Branch-Cut and Price ». In : *10th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS'10)*. Sous la dir. de Thomas ERLEBACH et Marco LÜBBECKE. T. 14. OpenAccess Series in Informatics (OASICS). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl–Leibniz-Zentrum fuer Informatik, p. 142-155. DOI : 10.4230/OASICS.ATMOS.2010.142.
- SOUFFRIAU, Wouter et al. (1<sup>er</sup> nov. 2010). « A Path Relinking Approach for the Team Orienteering Problem ». In : *Computers & Operations Research*. Metaheuristics for Logistics and Vehicle Routing 37.11, p. 1853-1859. DOI : 10.1016/j.cor.2009.05.002.
- TANG, Hao et Elise MILLER-HOOKS (1<sup>er</sup> juin 2005). « A TABU Search Heuristic for the Team Orienteering Problem ». In : *Computers & Operations Research* 32.6, p. 1379-1407. DOI : 10.1016/j.cor.2003.11.008.
- TSILIGIRIDES, T. (1<sup>er</sup> sept. 1984). « Heuristic Methods Applied to Orienteering ». In : *Journal of the Operational Research Society* 35.9, p. 797-809. DOI : 10.1057/jors.1984.162.
- VANSTEENWEGEN, Pieter, Wouter SOUFFRIAU, Greet Vanden BERGHE et al. (2009). « Metaheuristics for Tourist Trip Planning ». In : *Metaheuristics in the Service Industry*. Sous la dir. de Kenneth SÖRENSEN et al. Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems. Berlin, Heidelberg : Springer, p. 15-31. DOI : 10.1007/978-3-642-00939-6\_2.
- VANSTEENWEGEN, Pieter, Wouter SOUFFRIAU et Dirk Van OUDHEUSDEN (16 fév. 2011). « The Orienteering Problem : A Survey ». In : *European Journal of Operational Research* 209.1, p. 1-10. DOI : 10.1016/j.ejor.2010.03.045.