

Résolution de problèmes de tournées de véhicules à visites optionnelles avec Hexaly

Maxime Rougier

Hexaly, 251 boulevard Pereire, 75017 Paris, France
mrougier@hexaly.com

Mots-clés : *tournées de véhicules, prize-collecting*

1 Introduction

L'objectif des problèmes de tournées de véhicules est de déterminer un trajet efficace avec un ou plusieurs véhicules pour visiter un ensemble de points. Dans les problèmes les plus classiques comme le CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*), on considère que chaque point doit être visité exactement une fois. Il existe dans la littérature et chez nos clients des variantes du problème pour lesquelles il n'est pas obligatoire de rendre visite à tous les clients. Pour ces cas il est nécessaire de mettre en place une nouvelle approche qui autorise de ne visiter qu'un sous-ensemble de points. On associe un bénéfice à chaque point. Le choix des points à visiter ajoute un nouveau niveau de décision au modèle.

Cet exposé s'intéressera à deux problèmes de la littérature qui appartiennent à cette catégorie, le TOP [1] (*Team Orienteering Problem*) et le PCVRP [4] (*Prize-Collecting Vehicle Routing Problem*). Le TOP a pour objectif la maximisation des bénéfices collectés avec une distance contrainte. Il n'existe pas de solutions qui visite tous les points. Le PCVRP quant à lui cherche à trouver un compromis dans le choix des points visités. L'objectif est de minimiser une somme pondérée entre la distance parcourue et les bénéfices non collectés. Nous décrirons comment les modéliser et les résoudre à l'aide d'Hexaly.

Hexaly est un solveur d'optimisation mathématique de type "*modél&run*". Il est basé sur différentes techniques de recherche opérationnelle, combinant des méthodes exactes, telles que la programmation linéaire, non linéaire et par contraintes, et heuristiques, comme la recherche locale [3].

2 Modélisation

Les problèmes de tournées de véhicules peuvent s'écrire naturellement avec les variables ensemblistes d'Hexaly. Chaque véhicule est modélisé par une variable liste dont la valeur est égale à l'ensemble ordonné des points que le véhicule visite. Hexaly possède des opérateurs ensemblistes qui permettent de manipuler les listes. On ajoute ici une contrainte *disjoint* qui impose que chaque point soit visité au plus une fois. Le bénéfice et la distance de chaque liste sont modélisés à l'aide d'une fonction lambda. Pour le bénéfice, la fonction lambda calcule la somme des bénéfices de chaque élément contenu dans la liste. Ce formalisme permet une écriture naturelle, avec un modèle de taille linéaire dans le nombre de points et qui peut facilement être étendue selon les besoins. Nous donnons ici le modèle du TOP :

```
1 function model() {  
2   routes[k in 0...nbTrucks] <- list(nbCustomers);  
3   constraint disjoint[k in 0...nbTrucks] (routes[k]);  
4   for [k in 0...nbTrucks] {  
5     local seq <- routes[k];
```

```

6     local c <- count(seq);
7
8     // Profit collecte par la route
9     routeProfit[k] <- sum(0...c, i => profit[seq[i]]);
10
11    // Distance parcourue par la route
12    routeDistances[k] <- sum(1...c, i => distance[seq[i - 1]][seq[i]])
13        + distStart[seq[0]] + distEnd[seq[c - 1]];
14    constraint routeDistances[k] <= maxRouteDuration;
15  }
16  maximize sum[k in 0...nbTrucks] (routeProfit[k]);
17 }

```

3 Résultats

Nous comparons ici les objectifs des solutions retournées par Hexaly au bout de 60s d'exécution aux meilleures solutions de la littérature sur les instances de TOP proposées par Chao [1] et Dang [2]. La métrique utilisée est la différence relative $(z_{hexaly} - z_{bks})/z_{bks}$ moyenne sur le jeu d'instances. Hexaly 13.5 offre des performances proches de l'état de l'art tout en gardant un modèle générique et extensible à d'autres variantes comme le PCVRP.

instances	nombre de points	Hexaly 13.5
Chao (157 instances)	64-102	0.35%
Dang (82 instances)	102-401	1.30%

TAB. 1 – Comparaison des performances de Hexaly en 60s par rapport aux résultats de la littérature

Le formalisme de modélisation ensembliste d'Hexaly (avec ses variables de listes bien adaptées aux problèmes de tournées de véhicules) permet d'obtenir des solutions à moins de 1.3% des meilleures solutions connues pour les instances académiques de TOP. Il peut également passer à l'échelle en traitant des instances industrielles jusqu'à 9000 points et des contraintes métiers additionnelles. Lors de la présentation nous introduirons également la modélisation du PCVRP et les performances d'Hexaly sur celui-ci.

Références

- [1] I.-M. Chao, B. L. Golden, and E. A. Wasil. The team orienteering problem. *European Journal of Operational Research*, 88(3) :464–474, 1996.
- [2] D.-C. Dang, R. N. Guibadj, and A. Moukrim. An effective PSO-inspired algorithm for the team orienteering problem. *European Journal of Operational Research*, 229(2) :332–344, 2013.
- [3] F. Gardi, T. Benoist, J. Darlay, B. Estellon, and R. Megel. Mathematical programming solver based on local search. *Wiley*, 2014.
- [4] J. Long, Z. Sun, P. M. Pardalos, Y. Hong, S. Zhang, and C. Li. A hybrid multi-objective genetic local search algorithm for the prize-collecting vehicle routing problem. *Information Sciences*, 478 :40–61, 2019.