

Méthode exacte pour la résolution du problème de tournées de véhicules avec profits et sélection d'hôtels

Youcef Amarouche^{1,2}, Rym Guibadj³, Aziz Moukrim²

¹ Agence de l'environnement et de la Maîtrise de l'Energie 20, avenue du Grésillé - BP 90406, 49004, Angers Cedex 01, France

² 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

³ Université du Littoral Côte d'Opale, laboratoire LISIC EA 4491, F-62228 Calais Cedex
rym.guibadj@univ-littoral.fr

Mots-clés : *optimisation combinatoire, problème de tournées avec profits, méthode exacte.*

1 Présentation du problème

Dans le problème de tournées de véhicules avec profits et sélection d'hôtels (*OPHS*) [2], un représentant commercial doit visiter un ensemble de clients sur plusieurs jours. A la fin de chaque jour, le représentant a la possibilité de passer la nuit dans un hôtel de son choix, afin de faciliter les visites du lendemain. L'objectif du problème est de (1) déterminer une répartition des visites sur une ou plusieurs journées, (2) choisir un hôtel adéquat pour chaque nuit et (3) ordonnancer les visites de sorte à pouvoir visiter le plus de clients.

Ce problème modélise plusieurs applications réelles telles que la planification des itinéraires de routiers, dont les temps de conduite sont réglementés, en choisissant les aires de repos ou les parkings adéquats; ou encore la planification de parcours touristiques personnalisés pour des personnes qui souhaitent visiter une vaste région en tenant compte de leurs préférences pour le choix des attractions et en leur proposant des hôtels où séjourner.

2 Modélisation et résolution

Étant donné un ensemble non vide $V_h = \{0, \dots, H-1\}$ de $H \geq 2$ hôtels et un ensemble $V_c = \{H, \dots, H+n-1\}$ de n points d'intérêt (POIs), l'OPHS est défini sur un digraphe complet $G = (V, A)$ où $V = V_h \cup V_c$ et $A = \{(i, j) : i \neq j, i, j \in V\}$. On associe à chaque POI $i \in V_c$ un profit positif p_i et à chaque arc $(i, j) \in A$ un coût de parcours positif $c_{i,j}$. On suppose que les coûts vérifient les inégalités triangulaires. Les points de départ et d'arrivée sont respectivement l'hôtel 0 et l'hôtel 1. Les hôtels restants, appelés "*extra hotels*", peuvent être utilisés comme hôtels intermédiaires. On appelle "*trip*" une séquence

de visites à des POIs qui commence et se termine par l'un des hôtels disponibles. La durée de chaque *trip* d doit être inférieure à une limite donnée L_d . La solution d'un OPHS est un "tour" constitué de D *trips* connectés (i.e. chaque *trip* commence à l'hôtel où se termine le précédent), le premier *trip* du tour commençant à l'hôtel 0 et le dernier se terminant à l'hôtel 1. Les hôtels de départ et d'arrivée peuvent être utilisés comme intermédiaires lors du *tour* et chaque hôtel peut être utilisé plusieurs fois. L'objectif de l'OPHS est de déterminer un *tour* qui maximise le profit total collecté, où chaque POI est visité au plus une fois et où la limite de temps de chaque *trip* est respectée.

Dans ce travail, nous proposons une nouvelle formulation de l'OPHS sous forme de programme linéaire en nombre entiers qui se base sur trois groupes de variables de décision. Des variables binaires w_h^d indiquent si l'hôtel h est utilisé comme point d'arrivée pour le *trip* d et point de départ pour le *trip* $d + 1$. Des variables binaires y_i^d indiquent quel POI est visité durant chaque *trip* d . Enfin, des variables binaires x_{ij}^d permettent d'obtenir l'ordonnancement des visites de chaque *trip* en indiquant si l'arc (i, j) est utilisé dans la solution. Le problème est résolu avec un algorithme de Branch-&Cut qui fait appel, entre autres, à une heuristique pour la génération de bornes inférieures ainsi qu'à plusieurs inégalités valides dédiées à l'OPHS, dont : des bornes sur le profit collecté pendant chaque *trip*, ainsi que des bornes sur le nombre de POIs pour chaque ensemble de *trip*, des coupes exploitant les incompatibilités entre nœuds.

3 Résultats

Nous avons testé notre algorithme sur les 5 ensembles d'instances de test pour l'OPHS introduits par [1, 2]. L'algorithme est implémenté en C++ en utilisant les bibliothèques CPLEX d'IBM, puis compilé avec GCC 8.0 de GNU sous un environnement Linux. Les premiers résultats obtenus sont prometteurs : nous arrivons à résoudre 48% des instances de benchmark à l'optimalité en moins d'une heure, au lieu des 21% résolues par le modèle proposé dans [1].

Remerciements Ces travaux sont financés par l'Agence de Développement de l'Environnement et de Maîtrise de l'Énergie (ADEME), la Région Hauts-de-France et le Fond Européen de Développement Économique Régional (FEDER).

Références

- [1] A. Divsalar, P. Vansteenwegen, and D. Cattrysse. A variable neighborhood search method for the orienteering problem with hotel selection. *International Journal of Production Economics*, 145(1) :150 – 160, 2013.
- [2] A. Divsalar, P. Vansteenwegen, K. Sörensen, and D. Cattrysse. A memetic algorithm for the orienteering problem with hotel selection. *European Journal of Operational Research*, 237(1) :29 – 49, 2014.