

Un problème riche de tournées avec inventaire pour la collecte des déchets : analyse et approche ALNS de résolution

Quentin Tonneau^{1,3}, Nathalie Bostel², Pierre Dejax¹,
Romain Hospital³, Valérie Mülhaupt³, Thomas Yeung¹

¹ IRCCyN – École des Mines de Nantes – 1, rue de la Noë BP92101 44321 Nantes Cedex 03, France
{quentin.tonneau,pierre.dejax,thomas.yeung}@mines-nantes.fr

² IRCCyN – Université de Nantes – 58 rue Michel Ange, BP420 44606 Saint Nazaire Cedex, France
nathalie.bostel@univ-nantes.fr

³ Brangeon Services – route de Montjean 49620 Mauges sur Loire, La Pommeraye
{quentin.tonneau,romain.hospital,valerie.mulhaupt}@brangeon.fr

Mots-clés : *tournées de véhicules, inventaire, collecte de déchets, flotte hétérogène, ALNS*

1 Introduction

La collecte des déchets ménagers et industriels devient de plus en plus complexe avec la multiplication des consignes de tri et filières de recyclage. Cette augmentation du nombre de produits et des techniques de collecte entraîne l'apparition de nouveaux problèmes d'optimisation des réseaux et des tournées de véhicules. Nous nous intéressons dans ce papier à la gestion du remplissage et la planification des tournées de collecte de points d'apport volontaire (colonne de verre et de papier, petits conteneurs dans les entreprises). Chaque véhicule de ramassage ne peut contenir qu'un type de produit à la fois et doit vider son contenu dans l'un des exutoires intermédiaires compatibles (centre de tri, chaîne de recyclage) avant de continuer sa tournée. Nous proposons de résoudre ce problème de tournées avec inventaire (*Inventory Routing Problem*) riche de par un algorithme à voisinage large (ALNS) dans le cadre d'un remplissage déterministe des points à collecter.

2 Présentation du problème

Les habitants d'une zone apportent leurs déchets dans une série de points d'apport volontaire comme des colonnes de verre et papier ou des points de regroupement de déchets. Le responsable de collecte dispose d'une flotte hétérogène fixe de véhicules et doit vider entièrement ces conteneurs avant qu'ils ne débordent. L'objectif est d'assurer cette prestation avec un coût minimum. Chaque véhicule possède des coûts de fonctionnement (fixes, horaires et kilométriques) ainsi que des capacités différentes. Ces véhicules débutent et terminent leur tournée dans un dépôt central, mais peuvent vider leur contenu dans des exutoires intermédiaires tout au long de leur journée. Un véhicule ne peut emporter qu'un seul type de produit à la fois, l'obligeant à passer par l'un des exutoires compatibles avec son chargement s'il veut ensuite collecter un autre déchet. La Figure (1) représente un exemple de tournée avec vidages intermédiaires. Aucun véhicule ou conteneur ne doit déborder sur l'horizon étudié et chaque point du réseau (dépôt central, exutoires intermédiaires, points de collecte) possède une ou plusieurs fenêtre(s) d'ouverture ainsi qu'un temps de service (vidage du conteneur, vidage du véhicule).

Des travaux d'optimisation des tournées de collecte mono-produit avec dépôts intermédiaires (*Waste Collection Vehicle Routing Problem* ou *Vehicle Routing Problem with Intermediate Facilities*) ont été proposés par Kim et al. [2] et par Buhkal et al. [1] dans le cadre mono-périodique ainsi que plus récemment par Markov et al. [3] dans un contexte de tournées d'inventaire stochastique.

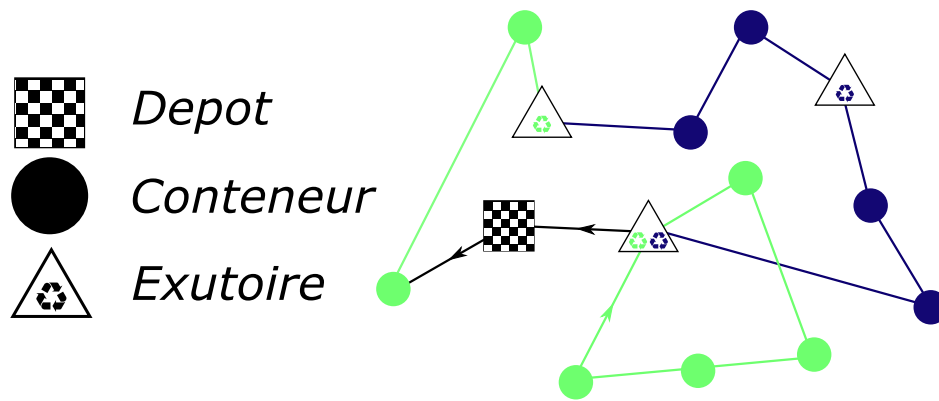


FIG. 1 – Exemple de route

3 Approche proposée

Nous proposons de résoudre le problème décrit ci-dessus par un algorithme adaptatif à voisinages larges (ALNS) dans un environnement déterministe. Les apports dans les points de collecte par les utilisateurs sont connus sur l'horizon étudié. Nous acceptons durant notre résolution une partie des solutions partiellement réalisables en pénalisant le débordement des points de collecte dans la fonction objectif. Cette approche permet également de résoudre les problèmes dans lesquels la flotte disponible est insuffisante pour assurer l'entièreté de la prestation. Dans le cadre de la procédure, nous proposons également un algorithme de test d'insertion d'un nœud en temps constant malgré la présence de multiples fenêtres de temps sur chaque point.

Après avoir présenté le problème dans son contexte industriel et un état de l'art des travaux scientifiques sur le sujet, nous décrivons la procédure de résolution utilisée et les résultats obtenus sur des instances de la littérature et des données réelles d'une entreprise de collecte et transport de déchets.

Références

- [1] K. Buhrkal, A. Larsen, and S. Ropke, The Waste Collection Vehicle Routing Problem with Time Windows in a City Logistics Context, *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 39, 2012.
- [2] B.-I. Kim, S. Kim, and S. Sahoo, Waste collection vehicle routing problem with time windows, *Comput. Oper. Res.*, vol. 33, no. 12, Dec. 2006.
- [3] I. Markov, M. Bierlaire, J.-F. Cordeau, Y. Maknoon, and S. Varone, Inventory routing with non-stationary stochastic demands, 2016.