

Une métaheuristique hybride de type GRASP x ELS pour le 3L-CVRP

Hélène Toussaint¹, Christophe Duhamel¹, Philippe Lacomme¹

LIMOS, Université Clermont-Ferrand II, Campus des Cézeaux, 63173 Aubière, France

{toussain, christophe.duhamel, lacomme}@isima.fr

Mots-Clés : *Tournées de véhicule, placement 3D, GRASP, ELS*

1 Introduction

Dans l'industrie du transport de fret, la confection d'un système de routage efficace est un enjeu stratégique. Au cœur de la problématique, on retrouve le Problème de Tournées de Véhicules (Vehicle Routing Problem, VRP), bien traité depuis une décennie. Cependant, il ne peut pas exprimer complètement la complexité des situations réelles, en particulier lorsque la demande des clients consiste en un ensemble de colis à transporter. Dans ce cas, la prise en compte du placement des colis dans le conteneur devient un problème à part entière. Ainsi le Problème de Tournées de Véhicules avec contraintes de Placement 3D (Three-Dimensional Loading Capacitated VRP, 3L-CVRP) combine à la fois la problématique du transport et celle du chargement dans les conteneurs. De ce fait, c'est un problème NP-difficile, introduit pour la première fois par Gendreau *et al.* [3]. Récemment, Fuellerer *et al.* [2] ont proposé une approche de type colonie de fourmis pour résoudre le 3L-CVRP dans laquelle ils sont aussi capables de traiter plusieurs variantes, en particulier la possibilité de rotation des boîtes, la fragilité de certaines boîtes ou encore la gestion de l'ordre de chargement / déchargement. Le 3L-CVRP est aussi une généralisation du 2L-CVRP dans lequel on ne considère que le placement en 2D. Ce problème est sensiblement plus simple et, depuis son introduction [5], plusieurs travaux [4, 6, 1] ont permis d'améliorer significativement la qualité des résultats.

Dans ce problème, on considère un ensemble de n clients à desservir. Chaque client correspond à un sommet dans le réseau de transport. Le dépôt correspond traditionnellement au sommet 0 et on connaît la distance entre chaque paire de sommets. La demande du client i consiste en un ensemble de n_i boîtes (parallélépipèdes rectangles) $k = 1 \dots n_i$ dont les dimensions (dx_k, dy_k, dz_k) et le poids p_k sont connus. On dispose d'une flotte de K véhicules homogènes de dimension (X, Y, Z) et de capacité C connues. Les véhicules sont initialement situés sur le dépôt et doivent y retourner à la fin de leur service. Nous considérons ici la version basique du 3L-CVRP, sans les extensions proposées par [2].

2 Métaheuristique hybride GRASP × ELS

L'utilisation de l'ELS comme recherche locale au sein de GRASP permet de combiner les avantages des deux approches : la capacité à explorer globalement l'espace des solutions de GRASP avec la qualité de la recherche locale de l'ELS. Cette approche a été utilisée récemment avec succès sur le

2L-CVRP [1]. La méthode travaille également sur deux représentations de l'espace des solutions : l'espace des tournées sur lequel travaille ELS et l'espace des tours géants. Le passage du premier vers le second se fait par une méthode de type Split et le retour se fait par simple concaténation des tournées. Les structures de voisinage utilisées dans ELS sont de type 2-Opt et échanges (*swap*) pour des raisons de compromis entre complexité et performance.

Un des points critiques pour l'efficacité de notre approche est la vérification de la compatibilité d'un ensemble de clients dans une tournée. Ceci nécessite la résolution d'un problème de placement 3D, outre la vérification du respect de la capacité du conteneur.

2.1 Heuristique de résolution du bin packing 3D

On cherche à savoir si la tournée envisagée respecte les contraintes de placement 3D auquel cas on calcule les positions des boîtes dans le véhicule. Nous proposons une heuristique originale en deux phases pour résoudre ce problème. Dans la phase 1, on résout une relaxation dans laquelle on autorise la préemption des boîtes. Une boîte i est alors considérée comme une surface i à placer dans le plan (x, y) . Elle possède un coût dz_i égal à la hauteur de la boîte associée. Les surfaces sont placées de sorte qu'en chaque point du plan (x, y) la somme des coûts des surfaces présentes en ce point ne dépasse pas un seuil $S \leq Z_v$ (S est calculé en fonction des caractéristiques des instances). Cette étape permet de fixer les positions (x_i, y_i) pour chaque boîte i . Dans la phase 2, les positions (x_i, y_i) de chaque boîte i ayant été fixées par la phase 1, on résout le problème initial. Cette heuristique permet d'éliminer très rapidement des tournées non réalisables du point de vue du placement 3D : en effet dès qu'une tournée échoue à la phase 1 (ou à l'étape préliminaire) il est inutile de continuer l'algorithme. On effectue également un prétraitement destiné à identifier les clients incompatibles (dont les boîtes ne peuvent être placées dans un même véhicule).

Nous présentons des résultats sur les instances traitées par [3, 2]. Elles confirment le potentiel de notre approche.

Références

- [1] Christophe Duhamel, Philippe Lacomme, Alain Quilliot, and Hélène Toussaint. A multi-start evolutionary local search for the two-dimensional loading capacitated vehicle routing problem. *Computers and Operations Research*, 38(3) :617–640, 2011.
- [2] Guenther Fuellerer, Karl F. Doerner, Richard F. Hartl, and Manuel Iori. Metaheuristics for vehicle routing problems with three-dimensional loading constraints. *European Journal of Operational Research*, 201(3) :751–759, 2010.
- [3] Michel Gendreau, Manuel Iori, Gilbert Laporte, and Silvano Martello. A tabu search algorithm for a routing and container loading problem. *Transportation Science*, 40(3) :342–350, 2006.
- [4] Michel Gendreau, Manuel Iori, Gilbert Laporte, and Silvano Martello. A tabu search heuristic for the vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. *Networks*, 51(1) :4–18, 2008.
- [5] Manuel Iori, Juan José Salazar González, and Daniele Vigo. An exact approach for the vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. *Transportation Science*, 41(2) :253–264, 2007.
- [6] Emmanouil E. Zachariadis, Christos D. Tarantilis, and Chris T. Kiranoudis. A guided tabu search for the vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints. *European Journal of Operational Research*, 195(3) :729–743, 2009.