

Définition d'un Split en profondeur pour les problèmes de tournées

Christophe Duhamel¹, Philippe Lacomme¹, Caroline Prodhon²

¹ LIMOS ; Université de Clermont-Ferrand II ; campus des Cézeaux, 63177 Aubière Cedex, France
`{duhamel,placomme}@isima.fr`

² Institut Charles Delaunay ; Université de Technologie de Troyes, BP 2060, 10010 Troyes Cedex, France
`caroline.prodhon@utt.fr`

Mots-Clés : *problèmes de tournées, Split, métaheuristiques*

1 Introduction

Les problèmes de tournées sont très répandus dans les systèmes logistiques et consistent dans la plupart des cas à déterminer un plus court chemin soumis à certaines contraintes dans le but de servir un ensemble de clients. Pour cela, il est possible d'avoir recours à une représentation quasi-directe de la solution en définissant une séquence reprenant tous les clients (tour géant ou permutation λ des n clients). Il suffit ensuite de la découper en tournées tenant compte des contraintes spécifiques au problème traité.

Dans cette optique, la méthode Split a été proposée par Beasley [1] en tant que seconde phase d'une approche "*route-first, cluster-second*" pour le Problème de Tournée de Véhicules (VRP - Vehicle Routing Problem). La première phase génère un tour géant visitant tous les clients (par résolution d'un Problème de Voyageur de Commerce, TSP - Traveling Salesman Problem). Puis un découpage de cette séquence, tenant compte des contraintes de capacité et de longueur maximale de tournée, conduit à une solution du problème de tournées initial. Ce principe a été repris en 2001 dans un algorithme mémétique pour la résolution du problème de tournées sur arcs (CARP - Capacitated Arc Routing Problem) [2]. En 2004 apparaît une des meilleures méthode pour le VRP, utilisant elle-aussi une procédure Split [3]. Cette approche a été reprise depuis pour plusieurs problèmes connexes, en particulier les problèmes avec : périodicité, split-delivery, multi-compartiments, chargement en 2D, fenêtres de temps, flotte hétérogène, mais aussi problème de dial-a-ride, de localisation-routage, ou de tournées de camion avec remorque.

Split utilise un algorithme de plus court chemin appliqué sur un graphe ordonné par niveaux dans lequel les marques sur les différents sommets sont propagées en largeur d'abord. Cette technique ne nécessite qu'un seul parcours du graphe mais est coûteuse en temps de calcul car il faut propager toutes les marques jusqu'au sommet final. Dans cet article, nous proposons une nouvelle classe d'algorithmes parcourant le graphe en profondeur d'abord. Ceci permet d'atteindre le sommet final très rapidement et ainsi d'obtenir rapidement une estimation de la valeur optimale du découpage.

2 Split et son application au problème de localisation-routage

Étant donné un tour géant λ , on définit dans Split un graphe auxiliaire acyclique H comprenant $n + 1$ nœuds numérotés de 0 à n . Le nœud i correspond au sommet λ_i et un arc (i, j) représente une tournée réalisable (respectant toutes les contraintes) partant du dépôt, visitant tous les clients de la sous séquence allant de i à j puis retournant au dépôt. Le découpage optimal de λ correspond au chemin de coût minimal du nœud 0 au nœud n dans H .

Un label sur le nœud j représente une évaluation de la solution partielle considérant les tâches de λ_i à λ_j . Il est composé d'un vecteur coût (donnant sa valeur pour chaque critère optimisé), d'un vecteur ressource (indiquant les quantités de ressources encore disponibles à ce niveau de construction de la solution), d'un couple définissant le label père et d'un booléen indiquant le statut de propagation de ce label. S'il existe des contraintes de ressources, plusieurs labels par nœud sont développés et seuls les labels non dominés sont conservés. Afin d'éviter trop de labels par nœud, on peut paramétrer le nombre maximal de labels sauvegardés sur chaque nœud i (N_i) et le nombre maximal total de labels générés par l'algorithme Split (N_T).

Dans la version classique du Split, l'algorithme parcourt H en largeur d'abord. Il s'arrête donc lorsque le nœud final est atteint (ou lorsque N_T labels ont été générés). Dans le Split en profondeur, le parcours de H se fait en profondeur d'abord et l'on utilise une pile pour gérer les labels à propager. On stoppe lorsque la pile est vide (ou lorsque N_T labels ont été générés). L'avantage de cette approche est de disposer rapidement d'une estimation sur le sommet final. Couplé au calcul de bornes inférieures sur chaque sommet, ceci nous permet d'élaguer les labels plus efficacement.

Nous comparons les deux approches sur le problème de localisation-routage (LRP). Il consiste à déterminer simultanément la localisation des dépôts à ouvrir et les tournées à réaliser à partir d'eux'. La meilleure méthode publiée sur le LRP à ce jour (LRGTS) a été développée par Prins *et al.* en 2007 [5]. En 2009, Duhamel *et al.* [4] propose un GRASP \times ELS compétitif avec le LRGTS, améliorant quelques-unes des meilleures solutions connues. Le GRASP \times ELS utilise le Split classique avec contraintes de ressources pour affecter les tournées aux dépôts.

Nos tests montrent que l'utilisation de Split en profondeur permet d'obtenir de meilleurs résultats de manière consistante : GRASP \times ELS basé sur Split en profondeur est plus performant que les méthodes publiées et fournit une déviation de 0,23% par rapport au BKS sur les instances de Prodhon.

Références

- [1] JE.Beasley. Route-first cluster-second methods for vehicle routing. *Omega*, 11:403–408, 1983.
- [2] P. Lacomme, C. Prins and W. Ramdane-Cherif. Competitive genetic algorithms for the Capacitated Arc Routing Problem and its extensions. *Lecture Notes in Computer Science*, 2037:473–483, 2001.
- [3] C. Prins. A simple and effective evolutionary algorithm for the Vehicle Routing Problem. *Computers & Operations Research*, 31(12):1985–2002, 2004.
- [4] C. Duhamel, P. Lacomme, C. Prins and C. Prodhon. A GRASP \times ELS Approach for the Capacitated Location-Routing Problem. Accepté dans *Computers & Operations Research*.
- [5] C. Prins, C. Prodhon, P. Soriano, A. Ruiz and R. Wolfler-Calvo. Solving the capacitated location-routing problem by a cooperative Lagrangean relaxation-granular tabu search heuristic. *Transportation Science*, 41(4): 470–483, 2007.