

Un algorithme génétique hybride pour des problèmes de tournées de véhicules multi-attributs

Thibaut Vidal¹, Teodor Gabriel Crainic², Michel Gendreau³, Nadia Lahrichi², Walter Rei²

¹ Département d'informatique et de recherche opérationnelle; Université de Montréal
C.P. 6128, Succ. Centre-ville, Montréal, Canada H3C 3J7
Thibaut.Vidal@cirreлт.ca

² Département de management et technologie; École des sciences de la gestion, U.Q.A.M.
C.P. 8888, Succ. Centre-ville, Montréal, Canada H3C 3P8
{TeodorGabriel.Crainic,Nadia.Lahrichi,Walter.Rei}@cirreлт.ca

³ CIRRELT et Département de mathématiques et génie industriel; École Polytechnique
C.P. 6079, Succ. Centre-ville, Montréal, Canada H3C 3A7
Michel.Gendreau@cirreлт.ca

Mots-Clés : *tournées de véhicules, multi-attributs, multi-dépôts, périodique, algorithme génétique hybride, problèmes riches*

1 Introduction

Suivant les différents cas d'application pratiques, un certain nombre d'extensions du problème de tournées de véhicules (VRP) comportant différents attributs ont été formulées. Ainsi, certains problèmes impliquent plusieurs dépôts (MDVRP), des fenêtres de temps associées aux clients (VRPTW), ou bien une résolution sur un horizon temporel où chaque client a des exigences en termes de jours de visite (PVRP). Généralement, la difficulté de résolution est fortement accrue lorsque ces attributs sont combinés (Hartl et al. [3]), et très peu d'algorithmes publiés traitent efficacement de problèmes réunissant plus de trois attributs, appelés problèmes *riches*.

2 Le problème de tournées de véhicules multi-dépôts périodique

Le problème de tournées de véhicules multi-dépôts périodique (MDPVRP) généralise à la fois le PVRP et le MDVRP. Pour chaque client l'on définit une ou plusieurs séquences de visites acceptables; le MDPVRP consiste alors à choisir pour chaque client une affectation à un dépôt ainsi qu'une séquence de visites, tout en construisant un ensemble de routes de livraison à coût minimum, de telle manière que le nombre de camions associé à chaque dépôt, les limites de chargement, ainsi que les limites de temps de route soient respectées. Le MDPVRP est crucial dans de nombreux secteurs comme la grande distribution, la collecte des déchets ou les opérations de maintenance.

La plupart des méthodes de résolution publiées traitent ce problème en plusieurs étapes tout en s'autorisant d'éventuels retours sur les décisions. Ainsi, les clients peuvent-être associés aux dépôts

dans un premier temps, pour ensuite résoudre des sous-problèmes de PVRP plus simples (cf. Hadjiconstantinou et Baldacci [2]). Cependant, ce type de décomposition du problème peut conduire à des solutions sous-optimales, car il est généralement impossible de déterminer une bonne affectation des clients aux dépôts sans avoir connaissance des routes ou des séquences de visites.

3 Un nouvel algorithme génétique hybride

Un nouvel algorithme génétique hybride est proposé, qui résout le MDPVRP tout en conservant les liens forts présents entre les attributs. Les opérateurs génétiques habituels (sélection, crossover et mutation) y sont associés à une *éducation* des solutions par recherche locale, qui remplace ici la mutation. La représentation de solutions de Prins [4] sans délimiteurs de routes est adaptée aux problèmes considérés, et de nouveaux opérateurs de crossover et d'éducation sont proposés.

Notre méthode s'appuie aussi sur une relaxation particulière du problème, où des solutions pénalisées enfreignant les limites de charge ou de temps de route des camions sont maintenues dans une population secondaire. Ainsi en effectuant des croisements entre individus réalisables et irréalisables, nous cherchons à placer la recherche près des frontières de faisabilité. D'autre part, nous constatons durant la recherche que de nombreuses routes possèdent une charge (ou un temps de route) très proche de la limite autorisée. Relaxer ces contraintes et pénaliser leur violation permet de considérer un plus grand nombre de mouvements de recherche locale lors de l'éducation, et conduit à une meilleure exploration de l'espace de recherche.

Enfin, notre algorithme se démarque du concept de *survie du plus fort* car l'évaluation d'une solution elle-même est liée à une mesure de contribution à la diversité dans la population. Par analogie avec les mécanismes naturels, nous simulons l'émergence de niches écologiques, qui amènent différentes espèces à coexister sans liens de domination. Notre stratégie permet alors de réduire les risques de convergence prématurée, et résulte en des performances accrues en comparaison à plusieurs méthodes antérieures, qui géraient la diversité durant l'inclusion d'une nouvelle solution dans la population.

Des expérimentations sur les instances de Cordeau et al. [1] couramment utilisées pour le PVRP et le MDVRP montrent que notre algorithme génétique est performant et rapide. Un certain nombre de résultats sont fournis sur de nouvelles instances MDPVRP dérivées des problèmes cités précédemment. Nous envisageons par la suite d'étendre notre approche à d'autres attributs comme les fenêtres de temps et la flotte hétérogène, dans le but d'enrichir la classe de problèmes traités et de progresser vers la résolution de problèmes riches.

Références

- [1] J. F. Cordeau, M. Gendreau, and G. Laporte. A tabu search heuristic for periodic and multi-depot vehicle routing problems. *Networks*, 30 :105–119, 1997.
- [2] E. Hadjiconstantinou and R. Baldacci. A multi-depot period vehicle routing problem arising in the utilities sector. *Journal of the Operational Research Society*, 49(12) :1239–1248, 1998.
- [3] R.F Hartl, G. Hasle, and G.K. Janssens. Special issue on rich vehicle routing problems. *Central European Journal of Operations Research*, 2006.
- [4] C. Prins. A simple and effective evolutionary algorithm for the vehicle routing problem. *Computers & Operations Research*, 31(12) :1985–2002, 2004.