

Un vaste voisinage pour le problème de tournées de véhicules

Guillaume Pinot

Kardinal, Paris, France

`guillaume.pinot@kardinal.ai`

Mots-clés : *tournées de véhicules, recherche locale, voisinage, regroupement hiérarchique*

1 Introduction

Le problème de tournées de véhicules est un problème d'optimisation combinatoire NP-difficile classique aux nombreuses variantes et aux nombreuses applications industrielles. Le but est de générer les tournées d'une flotte de véhicules afin de réaliser des visites de clients.

Les approches de résolution les plus répandues pour ces problèmes sont des méthodes de recherche locale. À partir d'une solution réalisable, un voisinage est défini, modélisant un ensemble de solutions réalisables semblables à la première. Dans ce voisinage, une solution est choisie, souvent de bonne qualité, parfois simplement la meilleure.

Chez Kardinal, nous traitons des problèmes de tournées de véhicules très riches et très différents. La richesse des contraintes rend l'utilisation des méthodes exactes très complexes, c'est pourquoi nous nous sommes tournés vers les méthodes de recherche locale. Bien que rapides et efficaces dans la plupart des cas, elles ont leurs limites : elles sont rarement efficaces pour la minimisation du nombre de véhicules. C'est pourquoi nous nous sommes penchés sur la génération de voisinages plus vastes, afin de pouvoir répondre, entre autres, à cette problématique.

2 Problème de partitionnement

Le problème de tournées de véhicules se découpe naturellement en deux : le problème des tournées isolées (que l'on peut voir comme un problème de voyageur de commerce) et le problème de partitionnement des clients sur les véhicules. Cette modélisation est au cœur de la modélisation en programmation linéaire, mais est également très présente dans les algorithmes de recherche locale.

Dans le reste de cet article, nous nous focaliserons sur le problème de partitionnement. Nous supposons que nous avons à notre disposition un algorithme permettant de valider l'affectation d'un ensemble de clients à un véhicule et de donner les caractéristiques de la tournée correspondante (distance parcourue, somme des retards, *etc.*). Un tel algorithme est facile à obtenir en utilisant de simples tests pour valider les contraintes et des heuristiques pour trouver une tournée de bonne qualité, comme une procédure 2-opt.

3 Problématique

Les mouvements très simples sur le problème de partitionnement, comme le déplacement d'un client d'une tournée à une autre, permettent d'obtenir rapidement et facilement une solution de qualité correcte. Le minimum local ainsi trouvé peut souvent être grandement amélioré. Au regard d'une telle solution, déplacer les clients par groupe plutôt que un à un semble judicieux.

Faire de tels mouvements complexifie grandement la procédure. La difficulté est de trouver un voisinage suffisamment large pour sortir des minima locaux, suffisamment cohérent pour décrire un grand ensemble de solutions et suffisamment petit pour être exploitable.

4 Le voisinage

Le voisinage est décrit par un ensemble de tournées candidates. Un programme linéaire est ensuite généré sur ces tournées (chaque client doit être visité exactement une fois). Le programme linéaire est ensuite résolu par un solveur linéaire, après injection de la solution courante comme solution initiale.

Les tournées candidates sont toutes les tournées réalisables tel qu'un groupe de clients a été enlevé et/ou ajouté à une tournée existante.

Les groupes de clients sont générés en se basant sur la solution courante. Pour chaque tournée de la solution courante, un regroupement hiérarchique est généré sur l'échelle temporelle des visites des clients. La distance utilisée correspond à la durée nécessaire pour réaliser le groupe de clients dans la tournée. Chaque nœud de l'arbre représente un groupe de clients. Ainsi, nous avons une grande diversité de tailles de groupes, allant des groupes d'un client au groupe composé de tous les clients de la tournée. La structure arborescente générée par le regroupement hiérarchique permet également les recombinaisons complexes, comme chaque groupe peut être découpé en deux groupes de manière hiérarchique.

Le voisinage ainsi décrit est très grand, mais sa structure rend la résolution relativement facile pour les solveurs linéaires modernes. La structure hiérarchique des groupes permet des recombinaisons complexes, permettant de supprimer des véhicules. La figure 1 permet de visualiser le chemin d'une solution obtenue avec un algorithme glouton à 9 véhicules jusqu'à la solution optimale en 3 véhicules en effectuant seulement 5 mouvements.

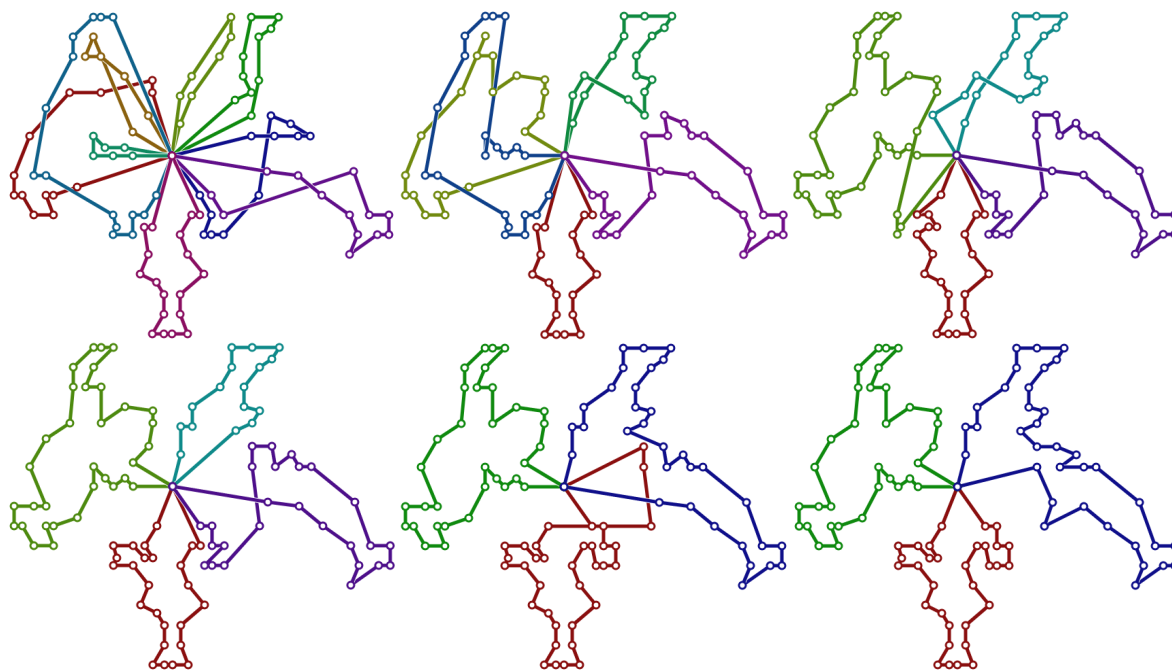


FIG. 1 – D'un minimum local à l'optimal en 5 mouvements sur une instance VRPTW de la littérature

5 Conclusions et perspectives

Cet article présente un grand voisinage pour le problème de tournées de véhicules. Les premières expérimentations sur des instances de la littérature ainsi que sur des instances réelles sont prometteuses, particulièrement en support d'une recherche locale simple.

Le critère utilisé dans le regroupement hiérarchique doit pouvoir être amélioré pour mieux prendre en compte les différents objectifs et contraintes du problème.