

Modélisation des contraintes de groupes pour les problèmes de tournées avec LocalSolver

Olivier Rigal¹

LocalSolver, 24 Avenue Hoche, Paris, France
origal@localsolver.com

Mots-clés : recherche opérationnelle, optimisation, tournées de véhicule

1 Introduction

LocalSolver[1] est un solveur d'optimisation mathématique de type *model and run*. Il est particulièrement performant sur les problèmes de tournées de véhicules.

Les problèmes de tournées de véhicules constituent l'une des grandes familles de problèmes de la recherche opérationnelle. Parmi les variantes les plus classiques, on peut citer par exemple le TSP (*Traveling Salesman Problem*), le CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*) ou le PDPTW (*Pickup and Delivery Problem with Time Windows*). L'objectif de cet exposé sera de décrire différents types de contraintes portant sur l'appartenance de certains clients à différentes tournées. On s'intéressera particulièrement aux problèmes industriels comportant ce type de contraintes et la façon dont on peut les modéliser avec LocalSolver.

2 Contraintes de groupement et d'exclusion

Le problème le plus classique utilisant des contraintes regroupant des clients dans une tournée est le PDPTW. En effet, dans celui-ci, la présence de la tâche de *pickup* dans une tournée implique que la tâche de *delivery* correspondante soit dans la même liste. En plus de cette contrainte de groupement de clients dans les tournées, une contrainte sur l'ordre de ces 2 tâches dans la route doit être ajoutée. Le problème du PDPTW peut être étendu dans certaines applications industrielles où l'on trouve plusieurs points de *pickup* qui doivent être présents dans la tournée avant de passer par un seul point de *delivery*. La généralisation opposée avec un seul point de *pickup* pour plusieurs points de *delivery* peut également être rencontrée.

Dans d'autres problèmes de tournées de véhicules, on peut rencontrer des contraintes d'exclusion entre les visites à différents clients au sein d'une même tournée. Dans ce cas, nous aurons une liste de paires de clients ne devant pas être livrés durant la même tournée. Ces contraintes peuvent être rencontrées dans des applications industrielles où pour des raisons d'hygiène ou de sécurité certains produits ne peuvent pas être présents dans le même camion.

3 Contraintes d'implication

On appellera contrainte d'implication pour les problèmes de tournées toute contrainte pouvant s'écrire sous la forme suivante :

$$\text{contains}(F_1, c_1) \implies \text{contains}(F_2, c_2) \quad (1)$$

Où F_1 et F_2 sont des ensembles de tournées et c_1 et c_2 des clients. Autrement dit cette implication représente le fait que si c_1 est présent dans l'une des tournées de F_1 alors c_2 doit être présent dans l'une des tournées de F_2 .

4 Problèmes utilisant des contraintes d'implication

Les problèmes industriels de tournées de véhicules utilisent fréquemment des contraintes d'implication comme l'illustrent les 2 exemples suivants :

Livraison périodique de clients Ce problème a été rencontré dans le contexte de l'approvisionnement de magasin agro-alimentaire. Il est du type *prize-collecting* : la livraison des clients est donc optionnelle et effectuée uniquement si celle-ci est rentable. On a 2 types de clients : les clients devant être livrés chaque jour et ceux devant être livrés tous les 2 jours. Pour ce problème, on divise l'ensemble des tournées entre l'ensemble des tournées effectuées le premier jour F_1 et celles effectuées le deuxième jour F_2 . Les clients devant être livrés tous les 2 jours peuvent donc être placés dans des tournées quelconques. Ceux devant être livrés chaque jour doivent être soit absents de toutes les tournées soit présents dans 2 tournées correspondant à des jours différents. Cette contrainte se traduit ainsi :

$$\text{contains}(F_1, c) \iff \text{contains}(F_2, c) \quad (2)$$

Où c est un client devant être livré chaque jour.

Intervention multi-journées de techniciens Dans ce problème, des techniciens doivent effectuer un ensemble de tâches dont certaines doivent être effectuées des jours consécutifs. Par exemple on peut avoir un groupe de 3 tâches $\{t_1, t_2, t_3\}$ où t_2 doit être effectué le lendemain de t_1 et t_3 le lendemain de t_2 . Dans ce problème, on notera F_i l'ensemble des tournées effectuées le jour i . Avec ces notations, un groupe de tâches $\{t_1, \dots, t_n\}$ devra respecter les contraintes suivantes :

$$\text{contains}(F_i, t_j) \iff \text{contains}(F_{i+1}, t_{j+1}) \quad \forall i \in \{1, \dots, H-1\} \quad \forall j \in \{1, \dots, n-1\} \quad (3)$$

Où H est la durée en jours de la période optimisée.

5 Résultats numériques

Les mécanismes permettant d'améliorer la gestion des contraintes d'implication ont été ajoutés dans la version 11.5 de LocalSolver. Ceux-ci ont permis d'apporter des gains significatifs sur ce genre de problèmes. Par exemple, pour le problème de livraison périodique de clients, on observe une amélioration moyenne de 8.7% sur des instances réelles ayant de 130 à 450 livraisons à effectuer.

Références

- [1] F. Gardi, T. Benoist, J. Darlay, B. Estellon, and R. Megel. *Mathematical Programming Solver Based on Local Search*, Wiley, 2014.