

Calcul de bornes inférieures pour les problèmes de tournées avec fenêtre de temps dans LocalSolver

Daphné Kany
LocalSolver, 24 avenue Hoche 75008 Paris, France
dkany@localsolver.com

Mots-clés : *Routing, bornes inférieures, programmation mathématique.*

1 Introduction

LocalSolver est un solveur d'optimisation mathématique de type « model & run ». Il intègre à la fois des méthodes heuristiques et des méthodes exactes afin d'obtenir de bonnes solutions rapidement et d'assurer leur qualité. Sur un même problème, plusieurs méthodes se lancent en parallèle pour exploiter les points forts de chaque algorithme.

Dans le cas des problèmes de tournées, des heuristiques diversifiées cherchent à déterminer les tournées de coût total minimal, et parallèlement, un algorithme calcule une borne inférieure sur ce coût. Cet algorithme se base en grande partie sur de la programmation linéaire, plus particulièrement sur la formulation flot de Dantzig-Fulkerson-Johnson [2] des *Capacitated Vehicle Routing Problem*. Dans ce modèle, des variables de décision binaires correspondent au choix des arcs formant les tournées, et un nombre exponentiel de contraintes élimine les sous-tours sans ajouter de variables. LocalSolver résout une relaxation de ce modèle, grâce à un mécanisme de génération de colonnes quand le problème a grand nombre de variables, et de génération de coupes pour traiter l'élimination des sous-tours.

2 Prise en compte des contraintes temporelles

Lorsque les clients disposent d'une fenêtre de temps pour leur livraison, de nouvelles contraintes peuvent être ajoutées au modèle sous forme de coupes ou de variables interdites. Les arcs qui induisent nécessairement un retard étant contraints à être nuls, ils peuvent donc être retirés du modèle. Dans LocalSolver 11.5, trois familles majeures de coupes temporelles sont ajoutées lorsque le problème détecté est un *Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows – CVRPTW*. Elles ont été choisies pour leur efficacité et leur facilité d'implémentation au logiciel. Les coupes tournois de N. Ascheuer, M. Fischetti et M. Grottschel [1] interdisent les chemins entraînant un retard, en majorant la somme des arcs les constituant. Les coupes de capacité temporelle approchées de Marshall L. Fisher [3] bornent inférieurement la somme des arcs entrant dans un ensemble de points, en se basant sur des incompatibilités temporelles. Enfin les coupes d'atteignabilité de Jens Lysgaard [4] ciblent les clients qui doivent être servis en début ou au contraire en toute fin de tournée.

3 Résultats

Ces nouvelles fonctionnalités ont permis d'améliorer significativement l'écart relatif entre la meilleure solution trouvée par les heuristiques primales de LocalSolver, et la meilleure borne inférieure calculée par le logiciel. Dans la version LocalSolver 11.0, le gap moyen après 30s d'exécution sur les instances de Solomon (moins de 150 clients) était de 22%, et il est de 10% dans la version LocalSolver 11.5. Sur les instances de la CVRPLib qui comptent entre 200 et 1000 clients, le gap moyen après 60s d'exécution passe de 39% à 22% entre les deux versions du logiciel.

Références

- [1] Norbert Ascheuer, Matteo Fischetti, and Martin Grötschel. *Solving the asymmetric travelling salesman problem with time windows by branch-and-cut*. Mathematical Programming, 90(3) :475-506, May 2001
- [2] George Bernard Dantzig, D. R. Fulkerson, and Selmer Martin Johnson. *Solution of a Large-Scale Traveling-Salesman Problem*. RAND Corporation, Santa Monica, CA, 1954.
- [3] Marshall L. Fischer. *Optimal solution of vehicle routing problems using minimum k-trees*. Oper. Res., 42 :626-642, 1994.
- [4] Jens Lygaard. *Reachability cuts for the vehicle routing problem with time windows*. European Journal of Operational Research., 175 :210-223, 2006.