

Méthode exacte pour la résolution du problème de collecte et de livraison sélectif avec fenêtres temporelles

Zaher Al Chami¹, Hervé Manier¹, Marie-Ange Manier¹

¹ Univ. Bourgogne Franche -Comté, UTBM, OPERA, F-90010 Belfort, France
{zaher.al-chami, herve.maniem, marie-ange.maniem}@utbm.fr

Mots-clés : *Problème de Tournées de Véhicules Sélectives, PDPTW, méthode exacte.*

1 Introduction

Nous nous intéressons au problème de collecte et de livraison avec fenêtres temporelles (Pickup and Delivery Problem with Time Windows PDPTW) dans lequel les demandes peuvent être appairées, ce qui autorise le transport simultané de différents types de produits. Par ailleurs, chaque site a une fenêtre de temps au cours de laquelle son service (chargement ou déchargement de marchandises) doit être accompli. La flotte de véhicules réalisant les tournées est de capacité limitée.

Dans cette étude, nous nous intéressons plus particulièrement à la résolution de la variante sélective de ce problème (SPDPTW). Elle se rencontre lorsque la capacité est insuffisante pour satisfaire toutes les demandes sur la période considérée. L'enjeu est de concevoir les tournées permettant de servir le plus de clients possible, tout en optimisant un critère donné (maximiser le profit, minimiser le coût de transport qui peut se traduire par minimiser la distance totale parcourue).

Dans le reste de l'article, nous présentons la méthodologie mise en œuvre pour résoudre le SPDPTW sujet à des contraintes de précédence (demandes liées/appairées), autrement dit chaque véhicule doit lier une origine (un fournisseur) et une destination (un client) précises ce qui signifie que chaque unité collectée (au dépôt ou chez un fournisseur donné) ne peut pas être délivrée qu'à un seul client associé. C'est le cas en particulier dans les tournées multi-produits.

2 Méthode de résolution

2.1 Modélisation mathématique

Le problème de collecte et de livraison (PDP) a été largement abordé par les chercheurs, de même que les diverses variantes citées ci-dessus. Toutefois, à notre connaissance, le problème complet SPDPTW avec demandes liées n'a pas été traité dans la littérature. Nous en avons donc proposé une première modélisation mathématique. Notre modèle peut avoir deux fonctions objectif possibles : la maximisation du profit ou la minimisation de la distance nécessaire pour effectuer les tournées. Ce modèle de base peut être résolu en utilisant un solveur tel que Gurobi. Mais la complexité de notre problème ne permet de résoudre que de petites instances de manière optimale et dans un délai raisonnable. Pour améliorer les performances de ce modèle et minimiser le temps de résolution, nous proposons l'ajout de différentes coupes que nous avons validées sur des instances de la littérature.

Ce travail est soutenu par l'ANR (Agence Nationale de la Recherche) dans le cadre du projet TCDU (Transport Collaboratif dans la Distribution Urbaine). Ce projet ANR-14-CE22-0017 est labellisé par le Pôle Véhicule du Futur, et est effectué conjointement par quatre partenaires, les trois universités françaises de technologie (UTT, UTBM, UTC) et la société Share And Move Solutions.

2.2 Coupes valides

Pour améliorer notre modèle de base, nous proposons plusieurs coupes afin de réduire l'espace de recherche dans le but d'accélérer le processus de résolution. Elles traduisent respectivement :

- L'incompatibilité entre deux sites relativement à leurs fenêtres temporelles ;
- Les contraintes de précédence : un site « client » ne peut pas être visité avant son site « fournisseur » ;
- La capacité limitée de chaque véhicule.

2.3 Résultats

Une fois l'implémentation des coupes faite et comme il n'y a pas d'instances de la littérature à notre connaissance qui traitent exactement notre problème, nous avons testé leur efficacité en comparant les résultats obtenus avec le modèle simple (SM) et le modèle avec coupes (SMwC) avec les meilleurs résultats (BS) des instances de la littérature. Bien que ces instances soient connexes au problème traité et peuvent être considérées comme des relaxations de notre problème, ces tests nous ont permis d'une part de valider notre modèle et d'autre part de vérifier l'efficacité de nos coupes. Quelques résultats de cette comparaison sont reportés dans le tableau (1). Ils montrent que nous trouvons les mêmes valeurs de fonction objectif (OBJ) que ceux d'autres chercheurs en un temps raisonnable, parfois plus petit que celui indiqué dans la littérature (R101_m2,...). Nous avons aussi réussi à trouver de meilleurs résultats pour quelques instances (voir Cdp101).

Problème	Instance	SM		SMwC		BS	
		OBJ	CPU (s)	OBJ	CPU (s)	OBJ	CPU (s)
TOPTW [1]	R101_m2	349	3.45	349	3.12	349	13.11
	R101 m1	198	4.51	198	2.11	198	0.59
VRPTW [2]	C201	589.1	61.51	589.1	3.44	589.1	-
	C202.25	214.7	30.49	214.7	11.61	214.7	-
PDPTW [3]	LC101	828.94	≥ 2 heures	828.94	173	828.94	33
	LC201	591.56	58	591.56	4	591.56	27
VRPSPDTW [4]	Cdp101	848.93	≥ 2 heures	848.93	142	992.88	36
	RCdp1001/10	348.98	0.56	348.98	0.56	348.98	1

TOPTW: Team Orienteering Problem with Time Windows / VRPTW: Vehicle Routing Problem with Time Windows
VRPSPDTW: Vehicle Routing Problem and Simultaneous Pick up and Delivery with Time Windows

TAB. 1 – Résultats de la comparaison

3 Conclusions et perspectives

Nous avons élaboré une méthode exacte pour la résolution du SPDPTW. Pour la suite, nous travaillons sur la génération d'instances qui correspondent à notre problème d'un côté et sur l'amélioration de notre modèle dans un contexte multi-objectifs de l'autre côté.

Références

- [1] El-Hajj R. Vehicle Routing problems with profits, exact and heuristic approaches. Thèse de doctorat en Automatique. Université de technologie de Compiègne, 2015.
- [2] Solomon MM. Algorithms for the vehicle routing and scheduling problem with time window constraints. *Operations Research* 1987;35:25465.
- [3] H. Li and A. Lim. A metaheuristic for the pickup and delivery problem with time windows. In *IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, volume 13, pages 160-167, 2001.
- [4] Wang, C., Mu, D., Zhao, F., & Sutherland, J. W. (2015). A parallel simulated annealing method for the vehicle routing problem with simultaneous pickup-delivery and time windows. *Computers & Industrial Engineering*, 83, 111-122.