

Différentes approches pour la résolution d'un problème multi-périodes de collecte et de livraison

Zaher Al Chami¹, Hervé Manier¹, Marie-Ange Manier¹

¹ Univ. Bourgogne Franche-Comté, UTBM, OPERA, F-90010 Belfort, France

{zaher.al-chami, herve.manier, marie-ange.manier}@utbm.fr

Mots-clés : *PDPTW, Multi-périodes, Méthodes exactes, Méthodes approchées.*

1. Introduction :

Le problème de collecte et de livraison PDP (Pickup and Delivery Problem) consiste à planifier un ensemble des tournées de véhicules, initialement basés au dépôt, afin de satisfaire toutes les demandes de transport des marchandises entre les points de collecte et ceux de livraison.

Dans cette étude, nous nous intéressons à la résolution d'une variante avec fenêtres temporelles dans lesquelles les visites doivent être accomplies. De plus, les demandes sont appairées ce qui donne la possibilité de transporter simultanément différents types de produits. Ainsi, chaque demande lie une origine à sa destination précise.

Chaque origine peut être un site fournisseur ou le dépôt et chaque destination peut être associé à un site client ou encore au dépôt. Dans un contexte urbain, cela génère trois types de flux : le premier relie le dépôt et un client (flux entrant), le deuxième relie un fournisseur et le dépôt (flux sortant) et le dernier fait le lien entre un fournisseur et un client (flux intra-urbain). La satisfaction de toutes les demandes de transport sur une période donnée est parfois impossible à cause de la capacité limitée des véhicules, de l'existence de fenêtres temporelles et des contraintes de précédence. Dans ce cas, il y aura des sites non-visités pendant cette période. L'enjeu de notre travail est de résoudre une variante multi-périodes dans laquelle chaque site peut accepter d'être servi pendant une ou plusieurs périodes. L'objectif est de satisfaire toutes les demandes en minimisant la distance totale parcourue.

Nous avons développé quatre approches différentes pour résoudre la variante « Mu-PDPTWPD » (Multi-periods PDP with Time Windows and Paired Demands). La première méthode est de traiter la globalité du problème afin d'obtenir des solutions optimales. Par contre, les trois autres approches consistent à résoudre le problème multi-périodes en tant qu'une séquence de Mo-SPDPTWPDs (Mono-period Selective PDPTWPDs). L'aspect sélectif est traduit par le fait que la visite de tous les sites n'est pas obligatoire.

2. Méthodes de résolution :

2.1 MILP global :

Dans une étude précédente, nous avons élaboré le premier modèle mathématique qui résout la variante « Mu-PDPTWPD » [1]. Cette méthode exacte nous donne les solutions optimales mais son inconvénient est le temps de résolution très long.

2.2 MILP séquentiel :

Cette deuxième méthode consiste à utiliser une méthode exacte pour la résolution du Mo-SPDPTWPD introduite dans [2] basée sur un MILP. Cette méthode sera lancée autant de fois que le nombre de périodes. L'objectif de ce MILP est de maximiser le profit collecté puisque dans un problème sélectif, un profit est associé à chaque site. Du coup, nous pouvons dire que cette méthode peut nous donner une solution faisable rapidement mais un peu loin de l'optimale puisque la minimisation de la distance n'est pas un critère dans le choix de la solution finale.

2.3 Approche lexicographique séquentielle :

Pour pallier le point négatif de l'approche précédente, nous avons décidé d'utiliser une approche lexicographique d'une manière séquentielle. Cette approche consiste à maximiser le profit puis à minimiser la distance en fixant la valeur du profit à sa valeur optimale [3]. Donc, le MILP sera lancé

deux fois par période. Cette méthode peut générer de très bonnes solutions mais le temps de résolution nécessaire pour obtenir de telles solutions représente un inconvénient.

2.4 HGA séquentiel :

Compte tenu des inconvénients de deux premières méthodes séquentielles, nous avons développé une troisième approche basée sur l'algorithme génétique hybride introduit dans [4]. Cette méthode nous a donné de bonnes solutions en un temps très court.

3. Résultats :

A notre connaissance, il n'y a pas d'instances dans la littérature qui traitent exactement notre variante. Pour cela, nous avons généré nos propres instances afin de tester nos méthodes de résolution. Le tableau 1 présente les résultats des différentes approches sur quelques instances.

Instance	Nombre de périodes	MILP global		MILP séquentiel		Lexicographique séquentiel		HGA séquentiel	
		Distance	CPU time (s)	Distance	CPU time (s)	Distance	CPU time (s)	Distance	CPU time (s)
S1-R-10-1	10	910,659	3,2	991,456	1,34	910,659	2,21	910,659	0,96
S2-C-10-1	1	58,7243	3,16	58,7243	1,19	58,7243	2,53	58,7243	1,1
S1-R-20-1	10	1814,512	10,73	1986,65	7,23	1934,25	9,13	1903,12	9,53
S2-C-20-2	2	212,947	42,12	232,838	21,88	221,31	41,75	249,7233	16,23
S1-R-50-9	10	2996,748	4259,32	4267,47	129,265	3627,01	467,68	3686,43	58,721
S2-R-50-2	2	Time limit	Time limit	Time limit	Time limit	Time limit	Time limit	1208.04	81,08

Tableau 1 – Résultats obtenus

Nous pouvons remarquer que « MILP global » fournit les solutions optimales. En revanche, cette méthode n'arrive à trouver les solutions optimales en un temps raisonnable (2 heures) que pour 36 instances sur 48 générées. L'approche « MILP séquentiel » génère des solutions avec un gap moyen de 21.60% par rapport à la distance optimale et un gain moyen de 58.19% au niveau du temps de résolution. En plus, la méthode « Lexicographique séquentiel » donne des bonnes solutions avec un gap moyen de 13.4% par rapport à la distance mais avec un gain de temps de résolution moyen de 26.77% seulement. Ces deux premières méthodes séquentielles ont permis de trouver des solutions pour 44 instances en un temps raisonnable. Avec la dernière approche « HGA séquentiel », nous trouvons des solutions pour les 48 instances avec un gain moyen en temps de 66.12% et avec un gap moyen en distance de 13.74% par rapport à la méthode globale.

4. Conclusion et perspectives :

Dans cette étude, nous avons élaboré une nouvelle façon d'aborder le Mu-PDPTWPD en le considérant comme une séquence de Mo-SPDPTWPDs. De plus, nous avons généré les premières instances de cette variante dans la littérature. Plusieurs tests ont été menés afin de valider les avantages et les inconvénients d'une telle décomposition. Pour la suite, nous allons travailler à développer une méthode approchée qui peut résoudre notre variante dans sa globalité dans un temps de résolution acceptable.

Références

- [1] Manier, H., Manier, M. A., & Al Chami, Z. (2016). Shippers' collaboration in city logistics. *IFAC-PapersOnLine*, 49(12), 1880-1885.
- [2] Al Chami, Z., Manier, H., and Manier, M.A. (2016). New model for a variant of pick up and delivery problem. In *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 1708–1713. IEEE.
- [3] Al Chami, Z., Manier, H., & Manier, M. A. (2017). A lexicographic approach for the bi-objective selective pickup and delivery problem with time windows and paired demands. *Annals of Operations Research*, 1-19.
- [4] Al Chami, Z., Manier, H., Manier, M. A., & Fitouri, C. (2017). A hybrid genetic algorithm to solve a multi-objective Pickup and Delivery Problem. *IFAC-PapersOnLine*, Volume 50, Issue 1, Pages 14656-14661.