

Méthodes de résolution pour les problèmes de tournées de véhicules appliqués aux services de soins à domicile

Syrine Roufaïda Ait Haddadene, Nacima Labadie et Caroline Prodhon

ICD-LOSI, Université de Technologie de Troyes, France

{syrine_roufaïda.ait_haddadene, nacima.labadie, caroline.prodhon}@utt.fr

Mots-clés : *Problèmes de tournées, Méta-heuristiques, Optimisation multi-objectifs, Contraintes de synchronisation, Contraintes de de précedence*

1 Introduction

Depuis une cinquantaine d'années, le secteur de la santé est en pleine mutation. Le nombre de lits dans les établissements hospitaliers ne cesse de baisser entraînant de nouveaux besoins et de nouvelles demandes des patients. Ces besoins n'exigent pas tous une lourde prise en charge à l'hôpital. Également, il arrive que des patients souffrant de pathologies chroniques préfèrent éviter le séjour à l'hôpital, d'où l'intérêt de l'apparition des structures de prise en charge aux domiciles des patients.

En associant les patients aux clients et les soignants aux véhicules, le problème introduit peut être défini comme une variante du problème de tournées de véhicules où les soins demandés doivent être réalisés à des horaires spécifiques nécessitant l'intervention de plusieurs soignants. Cette variante est appelée *VRPTW-SP Vehicle Routing Problem With Time Window, Synchronization and Precedence constraints* où certains patients demandent plusieurs services simultanément (Synchronisation) ou dans un ordre de priorité (Précédence). Ce problème a été modélisé pour la première dans [2] où seules les contraintes de synchronisation ont été considérées. Plus récemment, dans [3] les auteurs ont proposé une modélisation évitant la duplication des nœuds correspondants aux clients à synchroniser. Par ailleurs, plusieurs méthodes ont été proposées telles que les méthodes exactes [2] ou encore les méthodes approchées [3].

Dans cet article nous proposons un bilan des différentes méthodes de résolution que nous avons développées pour le *VRPTW-SP* dont l'objectif est de minimiser les coûts de déplacement et de non-préférences des clients envers les soignants.

2 Méthodes de résolution

Pour résoudre notre variante dont la particularité réside dans la combinaison des contraintes de synchronisation et de précédence, nous avons d'abord proposé une modélisation mathématique mono-objectif en se basant sur les travaux réalisés dans [3], en généralisant les contraintes de synchronisation de manière à tenir en compte des cas des précédences. Les résultats expérimentaux nous ont permis de déduire l'adéquation du modèle proposé permettant d'obtenir des solutions optimales pour des instances comportant jusqu'à 45 clients [1]. Néanmoins, les observations faites sur les temps d'exécution dévoilent les limites du modèle mathématique, ceci nous a incité à développer des méthodes approchées.

Trois méthodes à savoir, *GRASP*, *ILS* et *MSILS*, ont été testées et comparées aux bornes inférieures et supérieures. Ces méthodes combinent les heuristiques de construction, les mouvements d'amélioration et/ou les stratégies de perturbation permettant d'échapper aux minimums locaux. Ces méthodes peuvent donner d'excellents résultats sur des problèmes de grande taille, en temps raisonnable, quand les solveurs linéaires tel que *Cplex*, demandent un temps prohibitif. Un résumé des résultats de comparaison est donné dans le tableau 2 en considérant

comme indicateur de performance les écarts relatifs en pourcentage par rapport aux meilleures solutions trouvées par *Cplex*. Les résultats obtenus ont permis de voir la nature conflictuelle des critères d’optimisation considérés, d’où l’intérêt d’envisager des approches d’optimisation multicritère.

Indicateurs	<i>MILP</i>	<i>MS – ILS</i>	<i>ILS</i>	<i>GRASP</i>
Gap_{B-Inf}	28.44	4.37	5.75	6.79
Gap_{B-Sup}	-	-0.22	1.37	0.83
$Gap_{Déplacement}$	-	0.02	0.31	0.49
$Gap_{Non-préférence}$	-	0.27	0.55	-0.02
Avg_{Temps}	1582.13	306.56	216.08	446.22

TAB. 1 – Résultats des méthodes mono-objectif pour 37 instances sur 10 exécutions

Nous nous sommes intéressées par la suite, au développement de l’algorithme génétique *NSGAII*, qui a prouvé sa performance sur plusieurs problèmes combinatoires. 9 versions ont été comparées dont une sans recherche locale, les autres se diffèrent dans la fréquence d’appels à la recherche locale et le critère d’acceptation qui est la dominance ou la mesure de distance introduite dans [4]. Un résumé des résultats obtenus par ces méthodes est donné dans le Tableau 2 en considérant 4 indicateurs de performance (Hyper-Volume *HV*, Espacement *SP*, le nombre de solutions dans le front des solutions non dominées $|F0|$ et le *Temps*). Ces résultats montrent à la fois l’efficacité de cet algorithme pour le VRPTW-SP et l’impact de la recherche locale sur les résultats de l’hyper-volume.

	Critère d’acceptation / fréquence d’appels à la Recherche Locale	$ F0 _{max}$	HV_{max}	SP_{min}	$Temps_{min}$
<i>NSGAII</i> – 1	Sans RL	26.95	0.92	0.04	15.10
<i>NSGAII</i> – 2	Dominance /Périodique chaque 10 itérations sur 50% des solutions aléatoires	23.95	0.97	0.05	20.90
<i>NSGAII</i> – 3	Distance /Périodique chaque 10 itérations sur 50% des solutions aléatoires	22.51	0.97	0.05	17.11
<i>NSGAII</i> – 4	Dominance/Périodique chaque 10 itérations sur toutes les solutions	25.24	0.97	0.05	25.22
<i>NSGAII</i> – 5	Distance/Périodique chaque 10 itérations sur toutes les solutions	21.92	0.97	0.05	15.16
<i>NSGAII</i> – 6	Dominance/Systématique sur 10% des solutions aléatoires	25.57	0.97	0.05	24.58
<i>NSGAII</i> – 7	Distance/Systématique sur 10% des solutions aléatoires	22.35	0.97	0.05	15.20
<i>NSGAII</i> – 8	Dominance/Systématique sur 10% des solutions triées	26.86	0.97	0.05	23.89
<i>NSGAII</i> – 9	Distance/Systématique sur 10% des solutions triées	22.46	0.97	0.05	34.25

TAB. 2 – Résultats des méthodes multi-objectifs pour 37 instances sur 8 exécutions

3 Conclusion

Un bilan des méthodes proposées pour résoudre le *VRPTW-SP* est exposé dans cet article. Les résultats obtenus ont permis de discerner la difficulté du problème. Néanmoins, les méthodes envisagées en mono/multi objectif semblent efficaces et offrent un bon compromis entre efficacité, simplicité d’implémentation et le temps d’exécution.

Références

- [1] SR. Ait Haddadene, N. Labadie, and C. Prodhon. GRASP for the Vehicle Routing Problem With Time Windows, Synchronization and Precedence Constraints. In *10th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (Wi-Mob)*, pages 72–76. IEEE, 2014a.
- [2] D. Bredström and M. Rönnqvist. Combined vehicle routing and scheduling with temporal precedence and synchronization constraints. *European Journal of Operational Research*, 191(1) :19–31, 2008.
- [3] N. Labadie, C. Prins, and Y. Yang. Iterated local search for a vehicle routing problem with synchronization constraints. In *ICORES 2014-Proceedings of the 3rd International Conference on Operations Research and Enterprise Systems, Angers, Loire Valley, France*, pages 257–263, 2014.
- [4] T. Murata, H. Nozawa, H. Ishibuchi, and M. Gen. Modification of local search directions for non-dominated solutions in cellular multiobjective genetic algorithms for pattern classification problems. In *Evolutionary Multi-Criterion Optimization*, pages 593–607. Springer, 2003.