

Une recherche locale itérée pour le problème de tournées de techniciens

Ala Eddine Yahiaoui^{1,2,3}, Sohaib Affi¹, Hamid Allaoui¹

¹ Univ. Artois, UR 3926, Laboratoire de Génie Informatique et d'Automatique de l'Artois (LGI2A), Béthune, F-62400, France, e-mail : {sohaib.affi,hamid.allaoui}@univ-artois.fr

² Université Laval, Faculté des sciences et de génie, 1065 Avenue de la Médecine, QC G1V 0A6, e-mail : ala-eddine.yahiaoui.1@ulaval.ca

³ Interuniversity Research Centre on Enterprise Networks, Logistics and Transportation (CIRRELT)

Mots-clés : *Problème de tournées de véhicules, tournées de techniciens, fenêtres de temps, ressources renouvelables et non renouvelables, compétences, recherche locale itérée, perturbation, intensification.*

1 Introduction

Le problème d'optimisation de la gestion des effectifs trouve ses applications dans plusieurs secteurs tels que la maintenance, les soins à domicile, et plus généralement la gestion des ressources humaines. Ce problème est également pertinent quand il s'agit d'assurer un service après-vente fiable et efficace, permettant ainsi de consolider les parts de marché. L'application à laquelle nous nous intéressons dans cet article est la planification des interventions de maintenance menées par des équipes de techniciens. On suppose que les tâches de maintenances sont réparties sur des sites distants et que les temps des trajets sont non négligeables. Dans ce contexte, nous étudions une variante de problèmes de tournées de véhicules qui s'appelle *The technician routing and scheduling problem* proposée dans Pillac et al. (2013) [2] avec applications dans le secteur de maintenance.

Dans ce problème, nous considérons un ensemble de tâches de maintenance à réaliser sur des sites géographiques distants, où chaque tâche requiert des outillages et des pièces de rechange spécifiques. En plus, chaque tâche doit impérativement commencer à l'intérieur d'un intervalle de temps prédéfini. La réalisation de ces tâches est menée par un équipage de techniciens. Chaque technicien se distingue par un ensemble de compétences, alors que chaque tâche nécessite pour être réalisée des compétences spécifiques. Chaque technicien se voit attribuer un véhicule disposant d'un stock initial d'outillages et de pièces de rechange et partant d'un dépôt associé. Le technicien pourrait ravitailler son stock en visitant un dépôt central au plus une fois durant son trajet. On suppose dans ce problème qu'il y a un stock illimité au niveau du dépôt central. L'objectif du TRSP est d'abord l'affectation des tâches aux techniciens selon leurs compétences et leurs stocks d'outillages et de pièces de rechange. Ensuite, la construction des tournées de véhicules de façon à ce que la durée totale soit minimisée. Le TRSP est un VRP avec des attributs supplémentaires, tels que le *site-dependent*, le multi-dépôts, et les fenêtres de temps. Le TRSP a été traité dans Pillac et al. (2013) [2]. Les auteurs ont proposé une méthode ALNS parallélisée (pALNS) combinée avec une phase de post-optimisation basée sur un problème de couverture par ensembles.

2 Contribution

Pour résoudre le TRSP, nous proposons une recherche locale itérée plus élaborée. La phase d'intensification comporte une heuristique de construction/destruction itérative ainsi que des opérateurs de recherche locale adaptés au cas du TRSP. Les opérateurs inter-routes sont $2 - opt^*$, *Swap - Sequence* et *Swap - Relocate*, et les opérateurs intra-route sont $R - opt$,

Shift et *Exchange*. La phase de perturbation utilise deux (02) approches. La première approche est basée sur des opérateurs de construction/destruction, alors que la deuxième est basée sur l’opérateur de recherche locale *Swap – Sequence* [4]. Chaque approche utilise deux fonctions objectif, la durée ou bien la distance. Au total, nous aurons quatre (04) méthodes de perturbation.

l’ILS conserve en mémoire une population de solutions, appelées *solutions élites*, qu’elle met à jour au fur et à mesure qu’elle progresse dans la résolution. Au lieu que l’ILS commence la recherche à partir d’une solution vide, elle choisit plutôt un élément à partir des *solutions élites* et essaye de l’améliorer. Ce mécanisme permet d’un côté une meilleure intensification. Dans un autre côté, en maintenant une population de solutions assez diversifiée [3], ce mécanisme renforce considérablement la diversification et améliore la couverture de l’espace de recherche.

Pour accélérer la résolution, une liste de voisins les plus proches (*nearest neighbors*) est utilisée au niveau des opérateurs de recherche locale [1]. En plus, une version parallèle d’insertion est utilisée dans l’heuristique de construction.

3 Expérimentation

Pour évaluer les performances de l’ILS, nous l’avons comparée avec pALNS proposée dans [2]. Le benchmark utilisé est composé de 56 instances réparties sur trois classes selon la distribution des *tâches* : aléatoire (R), en clusters (C), et un mixte des deux distributions (RC).

Les résultats dans TAB. 1 montrent l’apport de l’ILS par rapport à pALNS sur toutes les classes d’instances, que ce soit en termes de gap avec la meilleure solution (GAP (%)) ou bien en termes de déviation de la moyenne (DEV (%)). Concrètement, le gap est divisé par un facteur supérieur à trois (03). Concernant les temps de calculs (CPU (s)), on remarque un léger avantage pour le pALNS, à l’exception de la classe *R*, où l’ILS atteint une meilleure performance.

TAB. 1 – Comparaison avec la littérature

Classes	pALNS			ILS		
	CPU (%)	GAP (%)	DEV (%)	CPU(s)	GAP (%)	DEV (%)
<i>C</i>	413.45	0.281	0.375	492.7	0.024	0.136
<i>R</i>	510.75	1.016	1.14	471.23	0.1785	0.834
<i>RC</i>	323.9	0.805	1.055	466.83	0.307	0.943
<i>Mean</i>	434.9	0.619	0.86	477.97	0.172	0.673

Remerciements Ce travail a été mené dans le cadre du projet ELSAT220. Le projet ELSAT2020 est cofinancé par la Région Hauts-de-France et Fond Européen de Développement Economique et Régional (FEDER) de l’UE.

Références

- [1] Brandão, J. (2020). A memory-based iterated local search algorithm for the multi-depot open vehicle routing problem. *European Journal of Operational Research*, 284(2), 559-571.
- [2] Pillac, V., Gueret, C., & Medaglia, A. L. (2013). A parallel matheuristic for the technician routing and scheduling problem. *Optimization Letters*, 7(7), 1525-1535.
- [3] Vidal, T., Crainic, T. G., Gendreau, M., & Prins, C. (2013). A hybrid genetic algorithm with adaptive diversity management for a large class of vehicle routing problems with time-windows. *Computers & operations research*, 40(1), 475-489.
- [4] Xie, F., Potts, C. N., & Bektaş, T. (2017). Iterated local search for workforce scheduling and routing problems. *Journal of Heuristics*, 23(6), 471-500.