

Problèmes de tournées de véhicules avec capacité (CVRP)

Imene Benchetta, Laurent Moalic, Mathieu Bréwilliers,
Abdenacer Makhoulouf, Lhassane Idoumghar.

Université de Haute Alsace, IRIMAS UR 7499, F-68100 Mulhouse, France
{prénom.nom}@uha.fr

Mots-clés : *Tournées de véhicules, Algorithme génétique, Recherche locale, Hybridation.*

1 Introduction

Le problème de tournées de véhicules (VRP) est un problème d'optimisation combinatoire. Les difficultés de résolution du VRP et son importance pratique sont les principales raisons pour lesquelles les chercheurs s'intéressent à son étude. Dans cette étude nous nous intéressons à une variante du VRP classique qui est le problème de tournées de véhicules avec capacité (CVRP). De nombreuses approches ont été proposées pour résoudre cette variante du VRP, que ce soit des méthodes exactes aussi bien que des méthodes approchées de type métaheuristiques.

En 2020, Vidal [5] a proposé une nouvelle hybridation d'un algorithme génétique et d'une recherche locale qui est basée sur un nouvel opérateur appelé (SWAP*). Christiaens et Vanden Berghe (2020) [3] ont intégré une approche pour explorer l'espace de recherche appelée «ruin method and recreate method» et une procédure de minimisation de flotte dans l'algorithme recuit simulé (SA). L'approche la plus récente est celle proposée par Máximo et Nascimento (2021) [6]. Cette méthode est une hybridation d'une recherche locale itérée adaptative (AILS) et de la procédure Path ReLinKing (PR). Dans cette approche, ils ont intégré un mécanisme de contrôle de la diversité et un critère d'acceptation par des stratégies adaptatives.

2 Définition du problème

Le problème de tournées de véhicules avec capacité (CVRP) est modélisé sous forme d'un graphe complet et non orienté $G = (V, A)$, où $V = \{v_0, v_1, \dots, v_n\}$ est l'ensemble des sommets tels que v_0 désigne le dépôt et v_1, \dots, v_n représentent les clients. Chaque client a une demande non négative de marchandises. A est l'ensemble des arêtes, où chaque arête est associée au coût de déplacement entre deux clients. Une flotte de véhicules homogènes à capacité limitée est disponible pour servir les clients. L'objectif du problème CVRP est donc de minimiser la distance totale parcourue de telle sorte que : (i) chaque tournée doit commencer et se terminer au dépôt, (ii) la charge totale de chaque tournée ne doit pas dépasser la capacité du véhicule, (iii) chaque client doit être desservi par un et un seul véhicule.

3 Méthode de résolution

Afin de résoudre le problème CVRP, nous avons proposé une approche hybride d'un algorithme génétique et d'une recherche locale. Dans la méthode proposée, on a essayé d'améliorer la solution en deux phases. D'abord, nous améliorons la qualité du tour géant qui contient tous les clients, et ensuite nous améliorons la solution qui contient les tournées des véhicules. A chaque itération de notre algorithme, on croise trois parents (tours géants) sélectionnés par la méthode de sélection par Tournoi pour obtenir un nouvel individu (enfant), puis on applique des opérateurs de recherche locale (2-opt, shift, intra-swap) sur l'individu généré. Afin d'obtenir la tournée de chaque véhicule, nous appliquons l'algorithme Split sur le dernier tour géant trouvé. En vue d'une amélioration de la qualité de la solution obtenue, nous avons utilisé une deuxième recherche locale appropriée, en appliquant des opérateurs internes et externes (insertion, swap et 2-opt).

Algorithmme 1 : C-HGA

Données : population initiale Pop

Sorties : La meilleur solution S_b

```
1 tant que nombre d'itérations <  $It_{max}$  faire
2    $(P_1, P_2, P_3) =$  Sélection_par_Tournoi ( $Pop, k$ ) /*  $k$  le nombre d'individus choisis */
3    $C =$  Croisement ( $P_1, P_2, P_3$ )
4    $C' =$  Recherche_locale_1 ( $C$ )
5    $S =$  Split( $C'$ ) /* le découpage du tour géant en tournées de plusieurs véhicules */
6    $S' =$  Recherche_locale_2 ( $S$ )
7 fin
8 Retourner la meilleure solution obtenue  $S_b$ .
```

4 Résultats numériques

Les tests numériques consistent en une évaluation des performances de notre approche sur des instances classiques de la littérature du problème CVRPLIB. Les résultats du tableau 1 montrent l'efficacité de notre approche sur les petites et les moyennes instances. Par contre, pour les grandes instances, il n'est toujours pas possible d'atteindre les valeurs optimales pour toutes les instances.

Instances	Best				Avg.			
	LNS-ACO[4]	Effective GA[2]	CVRP-FA[1]	C-HGA	LNS-ACO[4]	Effective GA[2]	CVRP-FA[1]	C-HGA
A	0.60	0.26	0.29	0.15	-	1.04	0.73	0.44
P	0.56	0.19	0.08	0.11	-	1.21	0.52	0.38
E	0.68	0.77	0.27	0.26	-	2.11	0.95	1.31
M	1.42	5.74	-	-0.18	-	11.75	-	1.65

Tableau 1 : Résultats obtenus pour les instances des classes A, P, E et M.

5 Conclusions et perspectives

Dans cette étude, nous nous sommes d'abord intéressés au développement d'une nouvelle métaheuristique hybride pour résoudre le problème CVRP. Actuellement, nous travaillons sur l'amélioration de la méthode proposée pour résoudre les grandes instances du problème CVRP et nous souhaitons l'adapter pour résoudre le problème de tournées de véhicules électriques avec capacité (ECVRP).

Références

- [1] A.M. Altabeeb, A.M. Mohsen, A. Ghallab, *An improved hybrid firefly algorithm for capacitated vehicle routing problem*, Appl. Soft Comput. 84 (2019) 105728.
- [2] H. Awad, R. Elshaer, A. AbdElmo'ez, G. Nawara, *An Effective Genetic Algorithm for Capacitated Vehicle Routing Problem*, in : Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, 2018, pp. 374–384 . 15.
- [3] J. Christiaens and G. Vanden Berghe, *Slack induction by string removals for vehicle routing problems*, Transportation Science, vol. 54, no. 2, pp. 417–433, 2020.
- [4] S. Akpınar, *Hybrid large neighbourhood search algorithm for capacitated vehicle routing problem*, Expert Syst. Appl. 61 (2016) 28–38.
- [5] T. Vidal, *Hybrid genetic search for the cvrp: Open-source implementation and swap* neighborhood*, arXiv preprint arXiv :2012.10384, 2020.
- [6] V. R. Máximo and M. C. Nascimento, *A hybrid adaptive iterated local search with diversification control to the capacitated vehicle routing problem*, European Journal of Operational Research, 2021.