

# Métaheuristique coopérative pour le VRP avec flotte hétérogène, livraison et collecte, et fenêtre horaires

Farah Belmecheri<sup>1,2</sup>, Christian Prins<sup>1</sup>, Farouk Yalaoui<sup>1</sup>, Lionel Amodeo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ICD-LOSI (FRE CNRS 2848), Université de Technologie de Troyes, 12 rue Marie Curie, 10010 Troyes, France

{farah.belmecheri, christian.prins, farouk.yalaoui, lionel.amodeo}@utt.fr

<sup>2</sup> TCP Distribution, 116 route d'Auxerre, Saint André les vergers 10120, France  
farah.belmecheri@tcp-troyes.com

**Mots-Clés :** *métaheuristique coopérative, colonies de fourmis, tournées de véhicules, flotte hétérogène, mixed backhauls, fenêtre horaires.*

## 1 Introduction et description du problème

Les entreprises de distribution doivent livrer et collecter des colis afin de satisfaire les clients. Cette activité peut se modéliser comme un problème de tournées de véhicules avec mixage de la ramasse et la livraison (Vehicle Routing Problem with Mixed Backhauls : VRPMB (selon [1][2])), où certaines marchandises doivent être livrées à partir d'un dépôt aux clients (linehauls), alors que d'autres doivent être collectées chez les clients (backhauls) pour être déposées au dépôt. Dans cet article, le problème étudié est le VRPMB avec fenêtres horaires et flotte hétérogène que nous appellerons HVRPMBTW. Seuls des cas particuliers ont été étudiés dans la littérature : Röpke et Pisinger ont traité le cas à flotte homogène [4] ; tandis que Prins [3] a proposé deux algorithmes mémétiques pour le VRP à flotte hétérogène. Des méthodes approchées ont été développées par Belmecheri *et al.* [1] : la première est une méthode à colonies de fourmis (ACO) améliorant une deuxième approche Mutli-Start. Belmecheri *et al.* [2] ont hybridé l'ACO avec Cplex, et cette approche a amélioré l'ACO de 1.3%. L'objectif de notre étude est de résoudre le HVRPMBTW pour minimiser la distance parcourue par la flotte, avec une métaheuristique coopérative combinant ACO et le solveur Cplex et en mettant en place une compagnie de tests.

## 2 Méthode de résolution

Nous avons choisi une méthode à colonies de fourmis (ACO) pour résoudre le HVRPMBTW en minimisant le nombre de kilomètres. L'algorithme 1 résume la procédure de construction des solutions que sont les tournées. la méthode exacte (solveur Cplex) est appliqué sur les tournées une par une, on peut considérer que, dans notre cas, il sert de méthode exacte pour les problèmes de voyageurs de commerce avec mixage de la ramasse et la livraison, et fenêtre horaires.

---

**Algorithm 1** Pseudo code de ACO-Cplex
 

---

```

1: Construction de la liste des clients à visiter en utilisant l'heuristique Sweep (Gillett and Miller 1974)
2: Selon les capacités de la flotte, mettre en ordre croissant les véhicules
3: Initialisation des phéromones avec l'heuristique II (Solomon 1987)
4: Initialisation des paramètres ACO
5: while Nombre d'itérations est inférieur à Iterationmax do
6:   while Nombre de fourmis est inférieur à la population initiale do
7:     repeat
8:       if Insertion d'un client dans la tournée est faisable then
9:         Mise à jour de la tournée
10:      else
11:        Ajouter une nouvelle tournée
12:      end if
13:      Appliquer la mise à jour locale des phéromones
14:    until Tous les clients soient visités par la fourmi
15:    Mettre en ordre croissant les tournées selon le chargement des véhicules
16:    Affecter les tournées construites à la flotte
17:    Calculer la nouvelle solution
18:    Appliquer méthode exacte sur les tournées
19:    if la solution est améliorée then
20:      Mise à jour de la meilleure solution
21:    end if
22:  end while
23:  Appliquer la mise à jour globale des phéromones
24: end while
25: Retourner la meilleure solution

```

---

### 3 Étude expérimentale et conclusion

Afin d'appliquer notre approche sur le problème étudié, nous avons modifié les jeux d'essais de Solomon, ce sont des modifications faites sur la flotte à différentes capacités, et sur la définition des clients pour la collecte (backhauls). Nous avons utilisé : 12 instances de R1, 11 de R2, 9 de C1, 8 de C2, 8 de RC1 et 8 de RC 2 (56 instances). Sur chaque instance, nous avons testé sur une taille  $N = 25$  clients dont les 15 premiers sont pour la livraison et les 10 autres sont pour la collecte. Afin d'affiner les résultats obtenus par ACO-Cplex, nous avons fait une campagne de tests :

- ACO-Cpx(1) : méthode exacte appliquée sur chaque meilleure fourmi trouvée (à partir de la première itération).
- ACO-Cpx(2) : méthode exacte appliquée sur les 3 dernières fourmis de la population et quand un random est inférieur à 0.1.
- ACO-Cpx(3) : méthode exacte appliquée sur chaque meilleure fourmi trouvée (à partir de 20 000 itérations).

Sur toute les instances (de R1 à RC2), nous avons amélioré les solutions d'ACO (sans appel à la méthode exacte) de 2.91% avec ACO-Cpx(1), de 0.46% avec ACO-Cpx(2), et de 3.99% avec ACO-Cpx(3). Cependant, les solutions de C1 obtenues par ACO-Cpx(1) ont été améliorées avec ACO-Cpx(2) de 0.68%. Pour les solutions de R1 obtenues par ACO-Cpx(3), elles ont pu être améliorées avec ACO-Cpx(1) de 3.04%. En conclusion, la méthode coopérative ACO-Cpx est intéressante une fois qu'une campagne de tests est faite pour paramétrer l'appel du solveur Cplex, car l'amélioration peut varier d'un type d'instances à un autre (de R1 à RC2). Il serait intéressant dans les travaux futurs, de tester cette approche sur des problèmes de grande taille.

### Références

- [1] F. Belmecheri, C. Prins, F. Yalaoui, et L. Amodéo. An Ant Colony Optimization algorithm for a Vehicle Routing Problem with Heterogeneous fleet, Mixed Backhauls, and Time Windows. In proceeding of *13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing*, Incom'09, 3-5 June 2009, Moscow, Russia.
- [2] F. Belmecheri, F. Yalaoui, C. Prins, et L. Amodéo. A metaheuristic approach for solving the vehicle routing problem with heterogeneous fleet, mixed backhauls, time windows. In proceeding of *40th Annual Conference of the Italian Operational Research Society*, AIRO'09, 8-11 September 2009, Siena, Italia.
- [3] C. Prins. Two memetic algorithms for heterogeneous fleet vehicle routing problems *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 6(22): 916–928, 2009.
- [4] S. Röpkke, D. Pisinger. A unified heuristic for a large class of vehicle routing problems with backhauls. *European Journal of Operational Research*, 171: 750–775, 2006.