

# Transport de marchandises en ville : Tournées de véhicules hétérogène avec contraintes de chargement 3D

Youssef Meliani<sup>1</sup>, Yasmina Hani<sup>2</sup>, Saâd Lissane Elhaq<sup>3</sup>, Abderrahman El Mhamedi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Univ. Grenoble Alpes, CNRS, Grenoble INP, G-SCOP, 38000, Grenoble, France

Youssef.meliani@grenoble-inp.fr

<sup>2</sup> Université Paris 8, Laboratoire QUARTZ, France

y.hani@iut.univ-paris8.fr

<sup>3</sup> Université Hassan II, LRI, Maroc

**Mots-clés :** *Optimisation, Tournées de véhicules, Problème de chargement, Méta-heuristique.*

## I. Introduction

Plusieurs solutions sont proposées pour rationaliser les flux de marchandises, notamment la mutualisation où les flux de transport entrant dans la ville se concentrent, dans un Centre de Distribution Urbain (CDU) implanté près du centre-ville. Le CDU consiste à accueillir les véhicules des nombreux transporteurs qui approvisionnent la ville, pour remplir des véhicules moins polluants. Le fret déposé est alors mutualisé, trié et groupé selon les secteurs et livré par un seul opérateur qui peut optimiser les tournées de véhicule. Le gain en véhicules-km est considérable.

Motivés par ces faits, nous avons étudié une variante du problème de routage combiné avec celui de chargement, connu sous le nom de problème de tournées des véhicules hétérogènes sous contraintes de chargement tridimensionnelles (3L-HFVRP). Nous avons opté pour ce problème, car notre projet concerne la mise en place d'un nouveau centre de distribution et la variante de routage « HFVRP » permet de concevoir une nouvelle flotte ainsi que son routage optimal pour des futurs dépôts. En outre, la combinaison de l'acheminement des véhicules et de du chargement tridimensionnel est particulièrement importante, tant sur le plan pratique que théorique. En effet, les gestionnaires, dans de nombreux transports du monde réel, doivent tenir compte à la fois du transport et du chargement, surtout lorsque les dimensions des marchandises sont hétérogènes et que le chargement n'est pas trivial. Dans cet article, on présente une nouvelle approche de résolution du problème 3L-HFVRP.

## II. Description de problème

Dans le HFVRP, la demande de chaque client est exprimée par une valeur unique, représentant généralement le poids total des articles à transporter. Ainsi, une solution est envisageable pour le HFVRP si la somme des demandes des clients affectés à chaque véhicule ne dépasse pas sa capacité. Néanmoins, dans de nombreuses applications réelles de transport de marchandises, on ne peut négliger le fait que les articles soient caractérisés non seulement par un poids mais aussi par une forme. Ainsi, l'intégration de l'aspect de chargement peut être considérée comme une généralisation du HFVRP ; outre la contrainte de poids, des contraintes liées aux dimensions/caractéristiques physiques des articles transportés sont également prises en compte. En conséquence, ce nouveau problème permet de déterminer un plan de chargement pour chaque véhicule utilisé. Dans la littérature, les problèmes de tournées de véhicules (VRP) avec des contraintes de chargement sont classés en deux catégories, à savoir les VRP avec problème de chargement bidimensionnel et tridimensionnel (2L-VRP et 3L-VRP respectivement). Dans notre travail, nous considérons la variante HFVRP (Heterogeneous Fleet VRP)

avec contraintes de chargement 3D, désormais appelé Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with Three Dimensional Loading Constraints « 3L-HFVRP ».

Étant donné que les problèmes de routage intégrés, tels que le 3L-HFVRP, combinent des problèmes d'optimisation qui sont généralement NP-hard, les approches métaheuristiques sont les plus appropriées pour être considérées comme des approches de résolution. Ainsi, pour le HFVRP, nous avons proposé une approche basée sur l'algorithme de recherche tabou (TS) qui avait prouvé son efficacité pour résoudre différentes variantes du VRP. Les résultats de nos nombreux tests de benchmark indiquent que la technique proposée est plus performante que d'autres techniques existantes dans la littérature [1]. En pareil cas, le problème 3L-HFVRP a été résolu en combinant l'approche TS proposée pour le problème de routage (HFVRP) avec une heuristique de construction EP-FFD (Extreme Point- First Fit Decreasing heuristic) pour le sous-problème de chargement. La figure 1 fournit un aperçu global de l'approche proposée. Les différentes expérimentations menées ont montré que notre algorithme a pu trouver des bonnes solutions sur 76% des cas, ce qui nous a confirmé l'efficacité et la performance de notre approche en termes de qualité de solutions [2].

Par ailleurs, les principaux apports de ce travail sont les suivants :

- Développement d'un algorithme de Tournées de véhicules Hétérogènes (HFVRP) basé sur la méta-heuristique Tabu Search avec une recherche locale spécifique. L'algorithme proposé a prouvé sa performance par rapport à d'autres approches existantes dans la littérature.
- Développement d'un algorithme de chargement tridimensionnel.
- Intégration des contraintes de chargement 3D à l'algorithme proposé pour le VRP. En effet, cette combinaison permet de générer des tournées de véhicules de très bonne qualité. Chaque tournée est munie d'un plan de chargement bien détaillé.

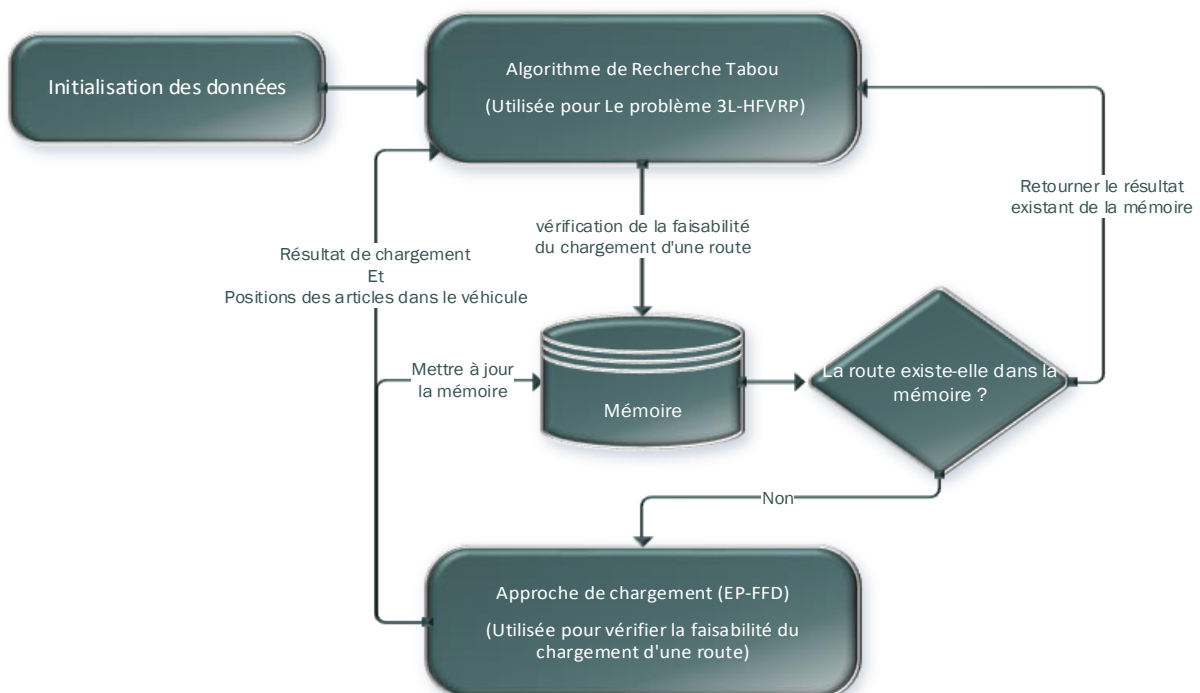


FIG. 1 – Aperçu global de l'approche proposée

## Références

- [1] Y. Meliani, Y. Hani, S. Lissane Elhaq, and A. El Mhamedi, "A developed Tabu Search algorithm for heterogeneous fleet vehicle routing problem," in *IFAC PapersOnLine*, 2019, vol. 52, no. 13, pp. 1051–1056, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.11.334.
- [2] Y. Meliani, Y. Hani, S. Lissane Elhaq, and A. El Mhamedi, "A tabu search based approach for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem with three-dimensional loading constraints," *Appl. Soft Comput.*, vol. 126, p. 109239, 2022, doi: 10.1016/j.asoc.2022.109239.