

Modèle VRP à deux échelons pour la distribution de produits non substituables

Etienne Doua¹, Bi Kouaï Bertin Kayé¹, Moustapha Diaby², Adama Coulibaly¹

¹ UNIVERSITE Felix Houphouët Boigny de Cocody
{etiennedoua1997, kayebi314}@gmail.com, couliba@yahoo.fr

² ESATIC
moustapha.diaby@esatic.edu.ci

Mots-clés : *VRP à deux échelons, produits non substituables, logistique urbaine.*

1 Introduction

L'urbanisation rapide dans la ville d'Abidjan, en Côte d'Ivoire, est à l'avant-garde des transformations urbaines en Afrique. Cette expansion a entraîné un engouement économique mais a également soulevé des défis complexes, notamment en matière de logistique urbaine. Les systèmes de transport et de distribution sont soumis à des pressions considérables, affectées par des infrastructures surchargées, des flux de marchandises en constante augmentation et des conditions environnementales et économiques souvent incertaines [3].

À mesure que les villes se transforment, l'efficacité de la logistique urbaine devient un pilier essentiel pour garantir le bon fonctionnement des activités économiques, la satisfaction des besoins des citoyens et la préservation de l'environnement. Dans ce sens plusieurs chercheurs ont développé des modèles d'allocation de ressources en tenant compte de la satisfaction des clients et/ou de l'impact environnemental provoqué par les gaz à effet de serre.

Par exemple Partha Sarathi Barma et al [6] proposent un modèle multi-objectif du problème d'acheminement des véhicules avec capacité afin d'envisager la livraison d'articles périssables à travers un réseau de distribution en étoile de type m-ring.

Alexandra Anderluha et al [1] proposent un modèle multi-objectif de routage de véhicules à deux échelons avec synchronisation des véhicules et clients de la zone grise, dans lequel l'objectif économique ainsi que les effets externes négatifs du transport, telles que les émissions et les nuisances (impact négatif sur les citoyens en raison du bruit et de la congestion), sont pris en compte. Cependant, ces efforts se concentrent principalement sur les variantes de base du problème. De nombreuses questions de la vie réelle doivent être prises en compte.

La caractéristique de la vie réelle que nous mettons en évidence est l'inclusion d'une demande spécifique aux clients dans les 2E-VRP. Dans ce sens, Delleart et al [5] ont étudié le problème d'acheminement de véhicules capacitaire à deux échelons avec fenêtre de temps et des flottes homogènes au 1er et au 2ème échelon. Ils se sont intéressés à la distribution de produits non substituables spécifiques à chaque client et ont proposé trois types de formulations mathématiques pour le modèle. Dans ce cas chaque demande part d'un dépôt spécifique et est censé être livré à un client spécifique. Dans cet article nous étendons le modèle de Delleart [5] en considérant que cette fois la marchandise d'un client peut être transporté, au 1er échelon, par plusieurs véhicules pouvant provenir de n'importe quel dépôt. Dans le cadre de la résolution de notre modèle nous proposons un algorithme de résolution exacte et vu que notre problème est NP-difficile, nous proposons une métaheuristique pour la résolution de notre problème sur de grandes instances.

2 Modèle 2E-VRP pour l'allocation de ressources en logistique urbaine

2.1 Description du modèle

Le modèle que nous développons est un VRP multi-dépôts à deux échelons avec fenêtre de temps. Le fret est transporté vers des satellites à l'aide de véhicules homogènes de grandes tailles. Le fret est ensuite transporté des satellites vers les clients à l'aide de véhicules homogènes de tailles plus petites. Chaque véhicule a un coût fixe de mise en route. Les satellites fonctionnent comme des points de transbordement ; les demandes sont spécifiques à chaque client et ne sont pas substituables. Un client peut avoir des demandes dans plusieurs dépôts, dans ce cas, ses marchandises sont transportées vers le satellite auquel il est associé puis sont transportées en destination du client. Un client n'est visité que par un seul véhicule du 2ème échelon. Chaque client a une fenêtre de temps dans laquelle il doit être livré. Chaque satellite a un temps de service constant. On suppose les dépôts et satellites sont toujours ouverts et disponibles. Pour formuler mathématiquement notre modèle, nous nous inspirons des formulations MIP à trois indices développés par Delleart et al 2021 [5], Delleart et al 2019 [4] et Crainic et al (2011b) [2].

2.2 Méthodes de résolution

En ce qui concerne les techniques de résolution, contrairement à Delleart [5] qui a proposé un algorithme de Branch and Price pour résoudre son modèle, en ce qui nous concerne, nous avons utilisé Cplex de concert avec Visual studio 2022 pour implémenter notre algorithme en C++, en usant de l' algorithme de Branch and Cut.

Néanmoins le problème étant prouvé comme NP-difficile, il est important de développer des méthodes de résolution approchées pour résoudre des instances de grandes tailles. C'est dans cette optique que nous avons développé un Large Neighborhood Search (LNS) adapté à notre modèle. Des résultats numériques préliminaires sont présentés.

Références

- [1] Alexandra Anderluha, Pamela C. Nolz, Vera C. Hemmelmayr, Teodor Gabriel Crainic. Multi-objective optimization of a two-echelon vehicle routing problem with vehicle synchronization and 'grey zone' customers arising in urban logistics, *European Journal of Operational Research*, 28 July 2019.
- [2] T. G. Crainic, A. Sforza, and C. Sterle. *Location-routing models for two-echelon freight distribution system design*. Technical report CIRRELT-2011-40, CIRRELT, Montreal, 2011b.
- [3] Echui Aka Désiré. Le transport urbain à Abidjan face aux défis du développement durable. Abidjan(CI), 2012.
- [4] Dellaert N., Saridarq F.D., Van Woensel T., Crainic T.G. Branch and price based algorithms for the two-echelon vehicle routing problem with time windows. *Transportation science*, 53 (2):463–479, 2019.
- [5] Nico Dellaert, Tom Van Woensel, Teodor Gabriel Crainic, Fardin Dashty Saridarq, A multi-commodity two-Echelon capacitated vehicle routing problem with time windows:Model formulations and solution approach.*Computers and Operations Research*, 2021.
- [6] Partha Sarathi Barma, Joydeep Dutta, Anupam Mukherjee, Samarjit Kar, A multi-objective ring star vehicle routing problem for perishable items. *Original research*, 2021.