

Sélectionner des plans de livraison dans un problème de distribution à deux échelons avec équilibrage de charge

Lucas Baussay^{1,2}, Audrey Cerqueus¹, Mike Hewitt^{3,1}, Fabien Lehuédé¹, Juliette Medina²

¹ IMT Atlantique, LS2N, Nantes, France

{lucas.baussay,fabien.lehuede,audrey.cerqueus}@imt-atlantique.fr

² CRC Services, Rueil-Malmaison, France

{l.baussay,j.medina}@crc-services.com

³ Quinlan School of Business, Loyola University Chicago mhewitt3@luc.edu

Mots-clés : *Transport, Planification d'un réseau de distribution, Deux échelons, Tournée de véhicule*

Dans le secteur de la grande distribution, les fournisseurs livrent généralement leurs marchandises plusieurs fois par semaine à destination d'un ensemble d'entrepôts ou de magasins, appelés clients dans le reste du résumé. Ce travail s'intéresse à réseau de transport mutualisé où les fournisseurs consolident les livraisons sur des plateformes de cross-dock régionales, avant livraison vers les clients. Ce système de transport peut être décrit comme un réseau de distribution à deux échelons, où le premier échelon représente le transport des fournisseurs vers les hubs, et le second échelon des hubs vers les clients. Dans ce contexte, nous considérons un problème tactique dont l'objectif est la sélection des jours de livraison, se répétant sur plusieurs semaines, pour chaque paire fournisseur-client, en tenant compte d'une demande variable.

Différents aspects de ce problème ont été abordés séparément dans la littérature. Tout d'abord, l'optimisation du transport dans les réseaux à deux échelons a été étudié dans les VRP (*Vehicle Routing Problem*) [3]. Cette régularité des livraisons apparait dans des travaux de la littérature portant sur la sélection de plans de livraison cycliques et des intervalles de visite réguliers dans les IRP (*Inventory Routing Problem*) [2]. Les contributions dans la littérature les plus proches de notre travail sont des problèmes de sélection de plans de livraisons périodiques dans différents réseaux [1]. À notre connaissance, aucun travail antérieur n'a étudié le choix des plans de livraison pour plusieurs marchandises dans un réseau de distribution à deux échelons avec des considérations d'équilibrage de la charge.

Dans cet article, nous proposons une matheuristique pour résoudre ce problème et nous l'évaluons sur un cas d'étude issu d'un réseau de transport mutualisé dans le secteur du bricolage en France.

1 Description du problème

Le réseau étudié est composé de trois ensembles de sites : les clients \mathcal{N} , les fournisseurs \mathcal{S} et les hubs \mathcal{H} . Chaque client est livré à partir d'un seul hub prédéterminé. Chaque jour, les fournisseurs livrent les hubs par transport direct. Le lendemain de cette livraison, les hubs livrent l'intégralité des marchandises reçues aux magasins, grâce à des tournées de véhicules de quelques stops (deux à trois clients au maximum). Chaque client est livré au maximum une fois par jour. Le faible nombre de stops des tournées de véhicules du second échelon permet leur énumération a priori, elles possèdent un coût précalculé et une capacité. Ce réseau de distribution à deux échelons est illustré à l'aide de la figure 1. L'ensemble des commodités $\mathcal{K} = \{(s, n) \mid \forall s \in \mathcal{S} \forall n \in \mathcal{N}\}$ est défini comme toutes les paires entre un fournisseur et un client. Nous considérons un horizon temporel \mathcal{T} , représentant un nombre répété de périodes, par

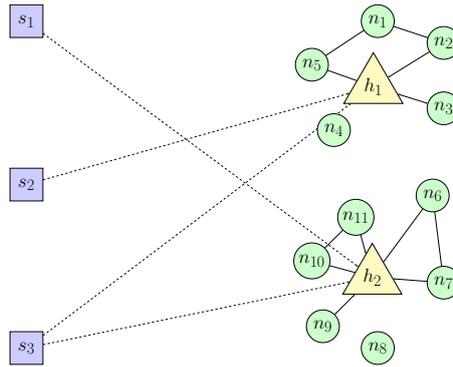


FIG. 1 – Réseau de distribution à deux échelons

exemple des semaines. Un plan de livraison est défini comme un ensemble de jours semaine de livraison, périodique et se répétant sur l’horizon de temps \mathcal{T} . Chaque commodité est également associée à un nombre de livraisons par semaine, et à un ensemble de plan de livraison réalisable. La quantité livrée est considérée comme satisfaisant la demande jusqu’à la prochaine livraison. Une exigence supplémentaire des différents sites est que la quantité transférée à chacun doit être équilibrée sur les jours de livraison de chaque semaine. Celle-ci est exprimée par une quantité minimale et/ou maximale de chargement ou déchargement des produits pour chaque site du réseau. Nous définissons le problème de distribution périodique à deux échelons avec capacité (Periodic Two-Echelon Capacitated Distribution Problem, P-2E-CDP), qui consiste à déterminer le plan de livraison pour chaque commodité, les routes d’approvisionnement et de distribution pour chaque jour de l’horizon \mathcal{T} , de telle sorte que les demandes de produits et les contraintes d’équilibre soient satisfaites, tout en minimisant les coûts de transport.

2 Méthode de résolution et résultats

Pour résoudre ce problème, nous proposons une modélisation en nombres entiers, un framework en deux étapes et plusieurs stratégies de première étape. Le principe du framework est le suivant :

- **Sélection des plans** : Tout d’abord, une relaxation du modèle est résolue afin de sélectionner un plan pour chaque commodité, en respectant les contraintes d’équilibrage.
- **Calcul du transport du second échelon** : Deuxièmement, pour chaque jour de \mathcal{T} , nous déterminons les routes de livraison en résolvant un VRP.

À l’aide de quatre stratégies élaborées pour la première étape, nous présenterons les résultats du framework, en le comparant à la résolution de la modélisation mathématique.

De plus, nous décrirons comment le framework proposé peut être utilisé pour obtenir des informations de gestion sur ce problème de planification tactique, en comparant différentes fréquences de livraison, les exigences d’équilibrage des marchandises et leur impact sur les coûts de transport.

Références

- [1] A. Holzapfel, A. Hübner, H. Kuhn, and M.G. Sternbeck. Delivery pattern and transportation planning in grocery retailing. *EJOR*, 252(1) :54–68, 2016.
- [2] A.A. Kovacs, B.L. Golden, R.F. Hartl, and S.N. Parragh. Vehicle routing problems in which consistency considerations are important : A survey. *Networks*, 64(3) :192–213, 2014.
- [3] N. Sluijk, A.M. Florio, J. Kinable, N. Dellaert, and T. Van Woensel. Two-echelon vehicle routing problems : A literature review. *European Journal of Operational Research*, 304(3) :865–886, 2023.