

Multi-echelon Inventory-Routing Problem : modèles et solutions

Katyanne Farias¹, Khaled Hadj-Hamou¹, Claude Yugma²

¹ Université Grenoble Alpes, CNRS, G-SCOP, 38 000 Grenoble, France
{katyanne.farias-de-araujo,khaled.hadj-hamou}@grenoble-inp.fr

² Ecole des Mines de Saint-Etienne, Centre Microélectronique de Provence, 13 541 Gardanne, France
{yugma}@emse.fr

Mots-clés : *inventory-routing, multi-échelon, méthode exacte.*

1 Introduction

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la maîtrise des chaînes d'approvisionnement pour lesquelles le *Vendor-Managed Inventory* (VMI) est apparu comme une pratique logistique à forte valeur ajoutée. Le fournisseur gère le niveau des stocks par la consommation réelle chez ses clients. Il doit ainsi déterminer les dates de livraison, les quantités de produits à livrer, ainsi que les tournées à effectuer. Il s'agit donc de traiter un problème de tournées de véhicules (*Vehicle Routing Problems*) combiné à un problème de gestion de stocks (*Inventory Management*). L'objectif est de minimiser l'ensemble des coûts tout en satisfaisant la demande sur tout l'horizon de temps. Ce nouveau problème est connu sous le nom de *Inventory Routing Problem* (IRP). C'est un problème combinatoire très difficile à résoudre. Pour une description plus détaillée du problème ainsi que de ses variantes, voir [2].

On souhaite prendre en compte les nouvelles pratiques logistiques dans un contexte de distribution durable et urbaine. L'optimisation des IRP permettra de fluidifier les flux de transport dans les centres-villes et de synchroniser la demande et les réapprovisionnements. En pratique les réseaux de distribution sur de longues distances et ceux à l'intérieur des centres urbains n'ont pas les mêmes contraintes. En effet, les entreprises doivent prendre en compte les nouvelles contraintes et réglementations des centres urbains en limitant la vitesse, les niveaux d'émission de polluants, la taille des camions... Afin d'inclure ces nouvelles contraintes, nous proposons de modéliser ce nouveau problème comme un IRP à plusieurs échelons (IRP Multi-échelon).

2 Problème IRP Multi-échelon

Dans ce travail préliminaire, deux échelons de la chaîne de distribution sont considérés : un échelon « macro », où un fournisseur doit répondre à la demande de plusieurs centres de distribution urbaine (CDU) situés à la périphérie des centres urbains ; et un échelon « micro », où chaque CDU doit fournir des produits à ses clients situés dans un centre urbain. Le problème global est très difficile à résoudre du fait de la complexité inhérente au IRP. En effet, les deux niveaux de distribution ont des caractéristiques différentes. Au niveau macro, les demandes des CDUs sont importantes, les véhicules utilisés ont de grandes capacités et empruntent à grande vitesse des réseaux autoroutiers sur de grandes distances. Au niveau micro les problèmes sont souvent dynamiques et reflètent des situations réelles de distribution urbaine pour lesquelles les décisions sont prises sans connaissance totale des événements futurs. L'expérience montre que les incertitudes s'accroissent durant le dernier kilomètre qui concerne des tronçons avec un trafic et un stationnement difficiles, plus d'accidents donc attente ou déviation sur le chemin de la tournée, modifications de dernière minute de la demande à l'approche de l'échéance de livraison, une détérioration de produits. . .

Le IRP est un problème relativement récent et, à notre connaissance, la variante IRP Multi-échelle n'est pas traitée dans la littérature. En revanche, des algorithmes ont été proposés pour des problèmes multi-échelle de routage de véhicule, lesquels sont associés aux IRP. Pour une plus grande compréhension de ces problèmes de routage de véhicule à deux-échelons, voir [3].

3 Méthodologie

Nous proposons de modéliser et résoudre ce problème en deux échelons : macro et micro. Nous avons développé une formulation initiale pour le IRP deux-échelons basée sur les modèles proposés par [1, 2]. Nous considérons que les périodes de temps ont la même durée dans les deux niveaux et qu'il n'y a pas de délais entre la livraison et l'expédition. Pour cette première version du problème, chaque client est approvisionné par un et un seul CDU. Ainsi le modèle contient des variables supplémentaires et des contraintes qui relient les stocks dans les CDUs et les clients, lesquels dépendent des demandes, des quantités livrées et reçues des clients. Étant donné que le fournisseur et les CDUs ont chacun leurs propres véhicules, nous ajoutons des contraintes de routage similaires dans le deuxième échelon.

Comme le IRP Multi-échelle est un problème nouveau dans la littérature, nous avons généré plusieurs instances pour valider le modèle. La création des instances est basée sur les configurations utilisées en [1]. En fonction du niveau, les données ont des caractéristiques différentes, par exemple : les distances au niveau macro de l'échelon sont plus importantes que dans le micro ; en revanche, le coût de stockage (coût de possession) est souvent plus grand dans le niveau micro, grâce à la valeur ajoutée cumulée. La modélisation proposée en deux niveaux permet d'éviter que la solution macro (du fournisseur aux CDUs) masque les valeurs des solutions au niveau micro (des CDUs aux clients), car le coût total de la tournée de la chaîne macro est beaucoup plus important que le coût total de la tournée des chaînes micro.

Dans le déroulement de la recherche, nous reformulerons le problème pour recalculer à chaque perturbation (en temps réel) une tournée sans pour autant remettre en cause les premières solutions de tournées au niveau micro mais aussi au niveau macro. On étudiera l'impact de la re-planification sur le maintien des niveaux de stocks, sur la rupture des stocks et sur les taux de service. On considérera à priori les perturbations comme des variables aléatoires et utiliser ainsi des modèles et des méthodes issus de la programmation stochastique.

4 Premiers Résultats et Conclusion

Les premiers résultats ont prouvé que le problème IRP Multi-échelle est très difficile à résoudre de manière optimale. Pour les instances relativement grandes, le modèle n'a pas été capable de trouver des solutions viables. Conséquemment, nous proposerons des méthodes optimales de résolution plus efficaces, tels que des algorithmes *Branch-and-Cut* et des méthodes de décomposition. Plusieurs particularités seront prises en compte, par exemple des différentes perturbations, dans le but de traiter le problème IRP Multi-échelle avec des caractéristiques qui expriment des cas réels dans l'industrie. C'est un sujet d'actualité et porteur d'un potentiel scientifique, industriel et économique.

Références

- [1] C. Archetti, L. Bertazzi, G. Laporte and M.G. Speranza. A Branch-and-Cut Algorithm for a Vendor-Managed Inventory-Routing Problem. *Transportation Science*, v. 41, n. 3, 382–391, 2007.
- [2] L.C. Coelho, J.-F. Cordeau and G. Laporte. Thirty Years of Inventory Routing. *Transportation Science*, v. 48, n. 1, 1–19, 2013.
- [3] R. Cuda, G. Guastaroba and M.G. Speranza. A survey on two-echelon routing problems. *Computers & Operations Research*, v. 55, 185–199, 2015.