

Un algorithme basé sur la Programmation Dynamique pour l'*Inventory Routing Problem*

Diego Perdigão Martino¹, Philippe Lacomme¹,
Katyane Farias de Araújo¹, Manuel Iori²

¹ Université Clermont Auvergne, UMR 6158 LIMOS, 63178 Aubière, France
{diego.perdigao_martino, philippe.lacomme, katyane_farias_de_araujo}@uca.fr

² Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, DISMI, 42121 Reggio Emilia, Italie
manuel.iori@unimore.it

Mots-clés : *gestion des stocks, tournées de véhicules, programmation dynamique*

1 Introduction

L'*Inventory Routing Problem* (IRP) est un problème de routage de véhicules et de gestion de stocks multi-période qui considère un ensemble C de clients ayant des demandes déterministes par période, un ensemble V de véhicules homogènes avec une capacité Q et un horizon de temps fini avec H périodes. L'objectif est de définir les quantités à livrer aux clients, les dates de livraison et l'ordre dans laquelle les clients doivent être visités par période en utilisant les véhicules disponibles de telle sorte que les demandes des clients soient satisfaites à un coût total minimal de stock et de transport en respectant les contraintes de capacité des véhicules et de stockage des clients.

Un aperçu du problème est donné par [3] et une version classique est décrite par [1]. Dans le cadre de ce travail, l'originalité repose sur la résolution de l'IRP en utilisant une méthode capable de générer des solutions à des instances à large échelle et avec des caractéristiques qui rendent la résolution du problème encore plus difficile. Il s'agit d'une méthode en deux étapes : la définition d'un tour géant prenant en compte tous les clients et leurs quantités de livraison définies pour toutes les périodes, suivie de la définition des tournées par véhicule et période de temps à l'aide d'un algorithme de programmation dynamique.

2 Méthode de résolution

2.1 Génération des tours géants

L'algorithme de programmation dynamique repose sur l'évaluation d'un tour géant multi-périodes représenté par un graphe acyclique non orienté $G_{\mathcal{T}} = (V, A)$, où V est l'ensemble des nœuds et A des arcs. Chaque nœud $v \in V$ est représenté par le triplet $\{c, q, p\}$ où c correspond à un client, q à une quantité à livrer et p à une période. Les nœuds de $G_{\mathcal{T}}$ sont générés à partir des niveaux initiaux de stock des clients ainsi que de leurs demandes. Le placement des nœuds dans $G_{\mathcal{T}}$ se fait au plus tard possible, *i.e.*, la période où une rupture de stock serait observée. Par exemple, un client $i \in C$ ayant un stock initial s_i^0 et des demandes d_i^p , $\forall p \in P$, aura un stock négatif à partir de la période où l'inégalité $\{s_i^0 - \sum_{p \in P} d_i^p < 0\}$ n'est pas vérifiée. Ainsi, une livraison au client $i \in C$ est ajoutée à $G_{\mathcal{T}}$ avec une quantité suffisante pour que l'inégalité précédente soit satisfaite pour toutes les périodes. Le graphe est composé de $|P|$ listes, où chaque liste contient le sous-ensemble de clients qui doivent être visités à la période p . Le tour géant est ainsi construit en respectant l'ordre chronologique des périodes, avec la séquence des clients définie aléatoirement au sein d'une même période.

2.2 Programmation dynamique

Il s'agit d'un algorithme de plus court chemin à contraintes de ressources qui consiste à évaluer en découpant (*split*) $G_{\mathcal{T}}$ en parcourant ses sommets et en ajoutant des arcs entre les paires des sommets $(i, j) \in A$. Cela permet de définir les tournées des différents véhicules pour les clients dont les livraisons étaient prévues à une même période ou à des périodes successives. Cet algorithme repose sur deux idées clés : le découpage optimal en tournées au niveau de chaque période et l'anticipation des livraisons en partant des dates au plus tard. Les figures 1a et 1b illustrent le tour géant avant et après l'évaluation, respectivement.

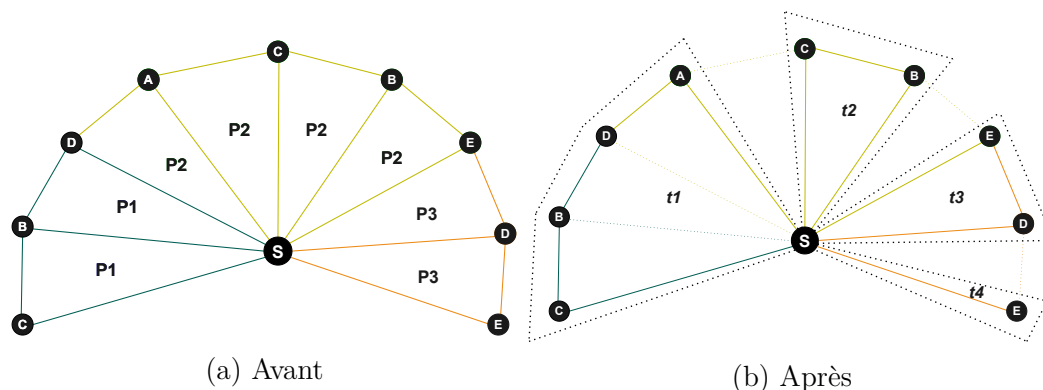


FIG. 1 – $G_{\mathcal{T}}$ avant et après l'évaluation

Notons qu'en prenant la tournée 1 (t_1), la livraison chez le client A était prévue en période 2 mais grâce à l'algorithme, anticiper à la période 1 est globalement moins coûteux. Le même est valable pour t_3 où la livraison du client D était prévue en période 3 mais a été anticipée à la période 2. Ainsi, la période d'affectation d'une tournée est définie par la période du premier sommet de la tournée. Cette algorithme est capable d'obtenir le découpage optimal étant donnée la séquence d'entrée et s'inscrit dans la continuité des travaux déjà réalisés sur le *Vehicle Routing Problem* (VRP) avec flotte hétérogène de véhicules [2].

Pour améliorer la qualité des solutions, des recherches locales intra-tournées du VRP (2-OPT, permutation) ont été appliquées. Toutefois, la vérification de faisabilité d'un mouvement inter-tournées (2-OPT, séparation) pour deux tournées des différentes périodes nécessite d'une complexité élevée dû au fait qu'il faut recalculer les niveaux de stock pour les périodes concernées afin de s'assurer que les limites inférieures et supérieures par client ainsi que le fournisseur sont toujours respectés. Par conséquent, ce mouvements ont été appliqués pour des tournées faisant partie d'une même période.

L'algorithme a été validé en utilisant les jeux d'instances classiques proposés par [1].

3 Conclusion et travaux futurs

Nous avons proposé un algorithme de programmation dynamique pour résoudre l'IRP en utilisant comme données des instances classiques de la littérature afin de valider notre algorithme. A notre connaissance, il s'agit de la première approche d'un algorithme de type *split* multi-périodes avec contraintes de stock pour l'IRP. Les travaux en cours considèrent un nouveau jeu de données avec une flotte de véhicules hétérogène et des demandes des clients et des coûts de stockage variant par période. Nous envisageons également la conception de mouvements de recherche locale prenant en compte l'aspect multi-période du problème.

Références

- [1] Archetti, Claudia, et al. A branch-and-cut algorithm for a vendor-managed inventory-routing problem. *Transportation science* 41.3 (2007) : 382-391.
- [2] Christophe, D., Lacomme P. et Prodhon C. A GRASPxELS with Depth First Search Split Procedure for the HVRP. Diss. Université Blaise Pascal, 2010.
- [3] Coelho, Leandro C., Cordeau J. et Laporte G. Thirty years of inventory routing. *Transportation Science* 48.1 (2014) : 1-19.