

# Un problème de tournée de véhicules avec demandes stochastiques et opportunités de cross-dock

Justine Castan<sup>1</sup>, Juliette Medina<sup>2</sup>, Olivier Péton<sup>1</sup>, María I. Restrepo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> IMT Atlantique, Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (LS2N, UMR CNRS 6004),  
Nantes, France

{justine.castan, olivier.peton, maria-isabel.restrepo-ruiz}@imt-atlantique.fr

<sup>2</sup> CRC Services, Rueil-Malmaison, France

j.medina@crc-services.com

**Mots-clés :** *Tournées de véhicules, demandes stochastiques, mutualisation, cross-dock*

## 1 Introduction

Le marché du transport de marchandises fait aujourd’hui face à de nombreuses tensions. Les enjeux environnementaux, la hausse du prix de l’énergie, ainsi que la difficulté grandissante à recruter des chauffeurs ont accéléré les pratiques de mutualisation du transport entre plusieurs industriels ayant des clients communs.

Dans le secteur de l’ultra-frais, les industriels doivent faire face à une difficulté supplémentaire : ils commercialisent des produits devant être consommés très rapidement. Les flux logistiques sont donc tendus : les plateformes de la grande distribution passent des commandes tous les jours pour une livraison le jour même ou le jour suivant. Or, pour avoir à disposition un nombre suffisant de véhicules, les industriels doivent réserver ces véhicules plusieurs jours avant la date d’expédition. De plus, afin de permettre aux transporteurs contactés de s’organiser, il est également nécessaire de leur indiquer les tournées prévues a priori sur la base de commandes prévisionnelles. Ces deux éléments constituent un plan de transport.

La mise en place d’un écosystème mutualisé dans ce secteur nécessite donc de coordonner la planification des plans de transport alors que la demande des clients n’est pas encore connue avec certitude. Nous étudions ce problème dans le cadre d’un réseau de transport mutualisé entre plusieurs industriels fournissant les mêmes clients, et utilisant une plate-forme cross-dock pour massifier leurs expéditions.

## 2 Description du problème

Nous considérons un ensemble d’industriels, chacun étant gestionnaire d’un ou plusieurs entrepôts, un ensemble de commandes à livrer chez des clients, et une plate-forme cross-dock dont l’usage est optionnel. Chaque commande est caractérisée par un site fournisseur de départ, un site client, une date de mise à disposition sur le site fournisseur et une fenêtre de temps à l’arrivée chez le client. Les commandes ont un volume incertain, dont la loi de probabilité peut être estimée sur la base d’historiques de commandes ou d’informations provenant directement des clients.

Deux modes d’expédition permettent la livraison des commandes aux clients : (i) le mode “direct” par des tournées de véhicules réalisant plusieurs collectes sur les entrepôts puis plusieurs livraisons chez les clients, (ii) le mode “mutualisé” par le passage des commandes sur le cross-dock. En mode mutualisé, des véhicules réalisent des tournées amont pour collecter les commandes et les déposer sur le cross-dock, puis des tournées aval partent du cross-dock pour livrer les clients. A noter qu’un véhicule peut effectuer une tournée amont puis une tournée

aval. Dans ce cas, les commandes qui sont collectées puis livrées par ce même camion n'ont pas besoin d'être déchargées sur le cross-dock.

Un plan de transport commun à l'ensemble des acteurs doit être établi environ une semaine à l'avance, alors que les commandes sont encore très incertaines. Ce plan de transport doit être assez fiable afin qu'une fois les volumes réels connus, il reste réalisable ou qu'il soit facile de trouver un recours pour réagir aux changements de la demande.

Le problème considéré est à rapprocher d'une version stochastique du problème de tournées de véhicules avec cross-dock (VRPCD) [1], aux différences près qu'on considère des problématiques de réservation de véhicules dans une flotte hétérogène, et surtout que le passage par le cross-dock est optionnel. En ce sens, on peut parler de VRP avec demandes stochastiques et *opportunités* de cross-dock, comme proposé pour le *Pickup and Delivery Problem* [2] [3].

Nous considérons trois principaux types de coûts : (i) des coûts fixes de réservation de véhicules, (ii) des coûts de transport, basés sur les distances et durées effectuées ou encore les quantités transportées, et (iii) des coûts de passage à quai pour les commandes transitant par le cross-dock.

Construire un plan de transport consiste ici à : (i) réserver des véhicules auprès de différents transporteurs avec des flottes hétérogènes, (ii) définir un mode d'expédition pour chaque commande, et (iii) concevoir un ensemble de tournées permettant de livrer les commandes. Ces tournées doivent être compatibles avec les véhicules et les modes d'expédition choisis.

L'objectif est d'établir un plan de transport de coût minimal permettant de livrer toutes les commandes dans leurs fenêtres de livraison et quels que soient les volumes réels associés.

### 3 Méthode de résolution

Le problème présentant deux grands temps de décision, il peut être modélisé avec un programme linéaire stochastique en deux étapes. Pour modéliser la demande stochastique, on peut notamment générer un ensemble de scénarios à partir d'historiques de commandes et des prévisions associées.

La réservation des véhicules ainsi que la sélection des modes d'expédition sont des décisions de première étape, alors que la conception des tournées a lieu à la deuxième étape. En effet, les choix de véhicules et de modes d'expédition sont des décisions considérées comme difficilement modifiables, alors que les tournées peuvent être modifiées dans une phase de réparation. On considère de plus une autre décision de première étape : on cherche à estimer les heures de conduite nécessaires par transporteur et mode d'expédition.

La deuxième étape du problème peut se décomposer par scénario ainsi que par mode d'expédition. On considère donc des sous-problèmes modélisables comme des VRPCD ou des VRP en fonction du mode d'expédition choisi pour chaque commande.

Ce travail a été réalisé dans le cadre de CRC Lab, laboratoire commun entre IMT Atlantique et l'entreprise CRC Services, financé par l'ANR. Dans ce cadre, nous présenterons les résultats de tests numériques réalisés sur des jeux de données réelles.

### Références

- [1] Philippe Grangier, Michel Gendreau, Fabien Lehuédé, and Louis-Martin Rousseau. A matheuristic based on large neighborhood search for the vehicle routing problem with cross-docking. *Computers & Operations Research*, 84 :116–126, 2017.
- [2] Hanne L. Petersen and Stefan Ropke. The Pickup and Delivery Problem with Cross-Docking Opportunity. *Computational Logistics*, 6971 :101–113, 2011.
- [3] Fernando Afonso Santos, Geraldo Robson Mateus, and Alexandre Salles da Cunha. The Pickup and Delivery Problem with Cross-Docking. *Computers & Operations Research*, 40 (4) :1085–1093, 2013.