

# TAO, un outil de sectorisation, ou le VRP sous contrainte de capacité robuste

Cédric Hervet                      Guillaume Pinot

Kardinal, Paris, France

{cedric.hervet,guillaume.pinot}@kardinal.ai

**Mots-clés** : *tournées de véhicules, robustesse, distance de Wasserstein*

## 1 Introduction

Les algorithmes de tournées de véhicules permettent des gains importants dans le domaine de la livraison de colis. Mais sa mise en œuvre est souvent difficile. En effet, mettre en place un plan de tournée qui change tous les jours pose des problèmes d'organisation que les transporteurs n'ont pas l'habitude de gérer. Par exemple, les colis doivent être organisés durant la journée précédente pour permettre un chargement efficace. Or, cette organisation n'est pas possible lorsqu'on doit attendre le dernier moment pour obtenir le contenu de la tournée.

Il est aussi important d'organiser son entrepôt en amont des tournées. Des décisions stratégiques doivent être prises, qui vont influencer directement la livraison effective, comme le choix de la flotte de véhicules, le positionnement des dépôts, et la négociation avec les prestataires.

Pour répondre à ces problématiques, Kardinal propose TAO, une solution de sectorisation du territoire. Cet outil permet d'affecter des zones de territoire à des véhicules en exploitant les techniques récentes d'optimisation robuste pour garantir la faisabilité des tournées dans le temps. Pour cela, cette solution s'appuie notamment sur l'historique de données du transporteur.

## 2 Découpage de l'espace en cellules

Pour réaliser une tournée de véhicule qui se base sur un historique et non sur une liste déterministe de visite, il faut un moyen d'agréger des visites. Pour gérer son territoire, le transporteur parle en espace géographique, notamment en « code postaux ». C'est pourquoi il semble naturel de réaliser les regroupements d'un point de vue géographique.

Mais déterminer un bon pavage géographique en cellules n'est pas trivial : il faut que le pavage soit cohérent vis-à-vis de :

- la géographie : les rivières, ponts, montagnes, axes routier, zones industrielles...
- la norme administrative : villes et codes postaux.
- la forme : une cellule doit être la plus « ronde » possible.
- la charge de travail : chaque cellule doit contenir une charge de travail comparable et raisonnable.

Pour réaliser ce pavage de la zone, nous nous basons sur un découpage préexistant du territoire, comme les IRIS pour la France. Ensuite, en utilisant l'historique du transporteur, nous optimisons notre pavage en fusionnant et/ou découpant notre pavage d'origine.

Une fois que nous avons notre pavage optimisé, nous pouvons y projeter les données historiques pour obtenir une distribution discrète de la demande cumulée pour chaque cellule.

### 3 La sectorisation, ou les tournées de cellules

Maintenant que nous avons « mis en cellules » nos données, nous nous retrouvons avec un problème de tournées de véhicules relativement classique : au lieu de visites unitaires, notre véhicule visite des cellules. Nos tournées sont alors simplement des tournées de cellules. Ainsi, nous pouvons sectoriser l'espace géographique géré par le transporteur en plusieurs espaces correspondant chacun à un véhicule.

Il ne reste plus que la contrainte de capacité. L'historique nous donne pour chaque échantillon la demande de chaque cellule. Nous pouvons alors en déduire simplement, pour chaque échantillon, la capacité utilisée d'une tournée. Il faut maintenant gérer cette contrainte de capacité de façon à ce que notre solution soit robuste.

### 4 Contrainte de capacité robuste

Pour assurer la faisabilité des tournées induites au jour le jour par les secteurs de livraison statiques dans le temps, sans être trop conservateur, nous proposons une approche basée sur les principes d'optimisation robuste récents appliqués à un modèle de contraintes probabilistes.

A chaque cellule  $i$  est associée une demande  $\hat{d}_i$  aléatoire qui suit une loi de probabilité  $P$  inconnue appartenant à un ensemble  $F$  (défini comme une boule de Wasserstein centrée sur la distribution discrète issue de l'historique de données). La tournée  $t$  réalise les cellules  $I_t$ . La capacité maximale d'une tournée est notée  $C$ . La contrainte suivante exprime le fait qu'on souhaite valider la contrainte de capacité avec une probabilité d'au moins  $(1 - \epsilon)$  pour toute distribution de probabilité de l'ensemble  $F$  :

$$\min_{P \in F} \mathbb{P}_{\hat{d} \sim P} \left[ \sum_{i \in I_t} \hat{d}_i \leq C \right] \geq 1 - \epsilon$$

Nous proposons une méthode pour construire un ensemble  $F$  fiable s'appuyant sur la donnée historique comme distribution nominale autour de laquelle la boule de Wasserstein sera centrée. De plus, nous proposons un algorithme pour évaluer rapidement cette contrainte (un algorithme de tri, polynomial par rapport à la taille de l'échantillon de données) qui s'intègre simplement dans notre solveur d'optimisation de tournées.

### 5 Conclusions et perspectives

Nous avons présenté une nouvelle contrainte de capacité robuste pour le problème de tournées de véhicules. Cette contrainte est le cœur du module d'optimisation de TAO, un outil de sectorisation du territoire pour les transporteurs. Cet outil, utilisé en production, offre une vision stratégique inédite au transporteur.

Pour améliorer la flexibilité de l'outil, des contraintes supplémentaires permettraient d'adresser d'autres cas pratiques. Par exemple, la notion de compétence est très souvent nécessaire, mais n'est pas triviale à intégrer avec la notion de cellule.

### Références

- [1] Zhi Chen, Daniel Kuhn, and Wolfram Wiesemann. Data-driven chance constrained programs over wasserstein balls. *Operations Research*, 2022.
- [2] Shubhechyya Ghosal and Wolfram Wiesemann. The distributionally robust chance-constrained vehicle routing problem. *Operations Research*, 68(3) :716–732, 2020.
- [3] Bart PG Van Parys, Peyman Mohajerin Esfahani, and Daniel Kuhn. From data to decisions : Distributionally robust optimization is optimal. *Management Science*, 67(6) :3387–3402, 2021.