

# Planification opérationnelle de transport de terres excavées et de matériaux de construction

Nicolas Blandamour

LocalSolver, 24 Avenue Hoche, Paris, France  
nblandamour@localsolver.com

**Mots-clés** : *planification, tournées de véhicules, économie circulaire, projet industriel.*

## 1 Introduction

Les chantiers d'infrastructures de transport ou de bâtiments nécessitent le déplacement de quantités importantes de terres excavées et de matériaux de construction. La terre extraite depuis des chantiers peut présenter différents degrés de pollution qui nécessitent des traitements dans des centres spécialisés. Une fois le traitement réalisé, la terre inerte obtenue peut être réutilisée comme remblai pour des opérations de terrassement, tandis que les matériaux extraits tels que du gravier peuvent eux servir comme matière première pour d'autres chantiers d'aménagement. Ces différents déplacements couplés aux contraintes opérationnelles des chantiers conduisent à un problème de planification de tournées de véhicules difficile dans un environnement urbain complexe.

L'enjeu du problème d'optimisation associé est de coupler les trajets entre les différents chantiers et centres de traitement de façon à minimiser la distance parcourue avec des camions vides, pour des objectifs d'efficacité opérationnelle et de minimisation de l'impact carbone.

## 2 Problème métier

L'entreprise à laquelle les chantiers délèguent la logistique de transport de leurs terres excavées et des matériaux de construction reçoit chaque jour plusieurs dizaines de demandes de transport à effectuer le lendemain, correspondant à plusieurs dizaines de milliers de tonnes à déplacer au sein d'une région comme l'Île-de-France au cours d'une même journée.

N'ayant pas de flotte de camions en propre, l'entreprise sollicite des transporteurs proposant des véhicules poids lourd adaptés au transport de terres et de matériaux. Chacun de ces transporteurs propose des camions à un certain prix journalier au départ de dépôts répartis sur le territoire ayant des flottes hétérogènes de différentes capacités. Des camions affrétés par d'autres entreprises peuvent également être utilisés si ces derniers ont de la disponibilité en fin de journée de façon à valoriser un trajet retour en direction d'un dépôt qui aurait été réalisé à vide autrement. Comme les quantités à transporter sont importantes pour chaque chantier, le transport est intégralement réalisé en lot complet (*full-truckload*), signifiant que les camions alterneront exclusivement entre chargement et déchargement de l'intégralité de leur charge utile.

Chaque centre de traitement accepte certains types de terre, avec des prix variants selon le niveau de pollution de celles-ci. Les terres acceptées par les centres définissent les points d'évacuation compatibles pour les terres excavées issues de chaque chantier. Les centres peuvent également avoir des capacités de traitement journalières par type de terre, forçant une répartition des évacuations sur plusieurs centres même dans le cas où les prix proposés par l'un d'entre eux couplés à une localisation proche des chantiers en ferait une destination particulièrement intéressante. Un nettoyage des camions devra en outre être réalisé sur les centres pour certains

enchaînements de matériaux. C'est par exemple le cas lorsque des matériaux de construction sont chargés dans un camion après un transport de terre polluée.

L'élaboration des tournées est sujet à de nombreuses contraintes opérationnelles. Les principales contraintes et les plus impactantes pour la résolution du problème sont les suivantes :

- La prise en compte du trafic. Cet aspect est crucial de par l'environnement urbain considéré pour que les tournées proposées soient réalisables en pratique
- La considération des spécificités liées à l'utilisation de véhicules poids lourd dans le calcul des temps de trajet et des itinéraires : vitesses spécifiques, routes interdites, limites de poids ou de hauteur, ...
- Le respect de la législation européenne encadrant le temps de travail et les pauses des chauffeurs routiers

### 3 Résolution

Étant donné les importants besoins en ré-optimisation engendrés par l'évolution des demandes et de la disponibilité des transporteurs en temps réel au cours de la journée de planification, le moteur d'optimisation doit être en mesure de fournir une solution optimisée en moins de 5 minutes de calcul sur les plus grandes instances regroupant les chantiers, centres de traitement et transporteurs de plusieurs régions françaises.

Le problème a été résolu par une approche semblable à une génération de colonnes. L'avantage de cette approche réside notamment dans le fait que les contraintes les plus difficiles sont gérées dans la création des colonnes. La résolution du problème maître s'appuie sur LocalSolver [1], un solveur d'optimisation mathématiques combinant des techniques de résolution exactes et heuristiques.

### Références

- [1] F. Gardi, T. Benoist, J. Darlay, B. Estellon, and R. Megel. *Mathematical Programming Solver Based on Local Search*, Wiley, 2014.