

# Borne duale du problème de gestion du flot de conteneurs dans un réseau multimodal

Mohamed HEMMIDY<sup>1</sup>, Cédric JONCOUR<sup>1</sup>, Sophie MICHEL<sup>1</sup>, Adnan YASSINE<sup>1</sup>

Normandie Univ, UNIHAVRE, LMAH, FR-CNRS-3335, ISCN, 76600 Le Havre, France  
mohamed.hemmidy, cedric.joncour, sophie.michel, adnan.yassine@univ-lehavre.fr

**Mots-clés** : *transport de conteneurs, réseau multimodal, multi-flots.*

## 1 Contexte et présentation du problème

Depuis 2009, les ports de Paris et les grands ports maritimes de Rouen et du Havre se sont réunis dans le Groupement d'Intérêt Economique HAROPA. Ce dernier dessert un vaste hinterland dont le coeur se situe sur la vallée de la Seine et l'Île de France. La réorganisation des modes de post-acheminement et le développement des modes alternatifs à la route (le mode fluvial et le mode ferroviaire) deviennent impératifs. Nous nous intéressons donc à l'organisation d'un port étendu au niveau opérationnel pour un transport rapide et fiable. Décider des modes de transport à utiliser, des quantités stockées et transitant dans les plateformes multimodales devient ainsi un problème opérationnel de premier ordre quand à la circulation des conteneurs.

Nous proposons un modèle mathématique prenant en compte les différents aspects de la problématique. L'objectif du problème consiste à minimiser le coût global de transport en respectant les différentes spécificités liées au transport et au stockage des conteneurs. Plusieurs contraintes sont à considérer. Tout d'abord, nous devons satisfaire la demande entre les sites (origine et destination de chaque demande). Pour chaque demande, nous devons respecter une fenêtre de temps pour la prise en charge et une fenêtre de temps pour la livraison. La circulation peut être limitée ou même arrêtée sur certaines liaisons dans des plages horaires spécifiques (règles de circulation imposant la priorité de certains navires, ou trains, des interdictions de circulation la nuit ou le week-end dans certaines villes, etc). De plus, pour le mode fluvial et ferroviaire, la capacité de transport est limitée. Egalement, au niveau des plateformes multimodales, nous avons une capacité de stockage et une productivité limitée. On considère aussi des contraintes supplémentaires dues à l'incompatibilité entre marchandises (dangereuses-alimentaires, chimiques-explosifs, etc).

Nous considérons un graphe initial  $G = (S, A)$  où  $S$  est l'ensemble des sites,  $H \subset S$  l'ensemble des plateformes multimodales, et  $A$  représente l'ensembles des liaisons routières, ferroviaires et fluviales.

## 2 Génération d'instances et agrégation

L'aspect dynamique et la multiplicité des décisions à prendre rendent la taille du problème initial très importante. Ainsi, le temps de la résolution avec CPLEX des instances raisonnables devient assez long. En revanche, nous arrivons à résoudre les petites instances facilement. Nous générons des instances aléatoirement en s'inspirant du réelle. Ces instances sont composées de zones industrielles dont chacune sera présentée, dans le problème agrégé, par un site et une plateforme multimodale si elle en contient. Ainsi, toutes les liaisons et les demandes dans une zone industrielle seront supprimées. Les demandes ayant une origine dans une zone

industrielle et une destination dans une autre seront agrégées selon leurs catégories et leurs fenêtres de temps dans lesquelles on peut les traiter.

Dans la génération des instances, on respecte aussi les hypothèses suivantes.

**H1** : le réseau routier est complet entre les plateformes multimodales.

**H2** : pour chaque demande, il existe toujours un arc routier entre son origine et sa destination.

**H3** : l'inégalité triangulaire, en terme de coût, est respectée pour chaque mode de transport.

**H4** : seules les plateformes multimodales sont connectées au modes de transport autres que la route.

Ainsi, sous ces hypothèses et en utilisant l'agrégation précédente, on montre le théorème suivant.

### **Théorème**

1. *Chaque solution du problème initial induit une solution du problème agrégé.*
2. *La fonction objectif du problème agrégé est inférieure à celle du problème initial.*

En résolvant le problème agrégé, on arrive, ainsi, à obtenir une borne duale du problème initial. La qualité de cette borne sera évaluée à l'aide de quelques résultats numériques préliminaires.

### **Références**

- [1] M. Hemmidy, C. Joncour, S. Michel, A. Yassine. *Gestion du flot de conteneurs dans un réseau multimodal*. ROADEF 2016.
- [2] Bock, Stefan. Real-time control of freight forwarder transportation networks by integrating multimodal transport chains, *European Journal of Operational Research* 2010.
- [3] Chang, Tsung Sheng. Best routes selection in international intermodal networks, *Computers and Operations Research* 2008.
- [4] Moccia, Luigi and Ropke, Stefan and Valentini, Maria Pia. Modeling and solving a multimodal routing problem with timetables and time windows, *Computers and Operations Research* 2008.
- [5] Caris, A. and Janssens, G.K. A local search heuristic for the pre- and end-haulage of intermodal container terminals, *Computers & Operations Research* 2009.
- [6] Zhang, Ruiyou and Yun, Won Young and Moon, Il Kyeong. Modeling and optimization of a container drayage problem with resource constraints, *International Journal of Production Economics* 2011.
- [7] Wang, Wen Fei and Yun, Won Young. Scheduling for inland container truck and train transportation, *International Journal of Production Economics* 2013.