



HAL
open science

Planification des opérations de ballastage pour la maintenance des voies ferrées

Marion Roux-Sablier, Anne-Laure Ladier, Samuel Vercaene Vercaene,
Thomas Bontems

► **To cite this version:**

Marion Roux-Sablier, Anne-Laure Ladier, Samuel Vercaene Vercaene, Thomas Bontems. Planification des opérations de ballastage pour la maintenance des voies ferrées. 19ème Congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision (ROADEF 2018), Feb 2018, Lorient, France. hal-01765077

HAL Id: hal-01765077

<https://hal.science/hal-01765077>

Submitted on 12 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Planification des opérations de ballastage pour la maintenance des voies ferrées

Marion Roux-Sablier¹, Anne-Laure Ladier¹, Samuel Vercaene¹, Thomas Bontems²

¹ Univ Lyon, INSA Lyon, Laboratoire DISP EA 4570, F-69100 Villeurbanne, France
marion.rouxsablier@gmail.com, {anne-laure.ladier, samuel.vercaene}@insa-lyon.fr

² SNCF Réseau, Infralog Lyon
thomas.bontems@sncf.fr

Mots-clés : *Maintenance ferroviaire, tournée de véhicule, programmation linéaire mixte, décomposition, order-first split-second.*

1 Introduction

Le ballast est un lit de pierres sur lequel repose une voie de chemin de fer ; il permet notamment de stabiliser le sol et d'éviter la déformation des rails. Cependant, il s'use en se polissant avec le temps, et nécessite donc un entretien. Chaque année, les niveaux de ballast sont contrôlés sur tout le territoire ; si nécessaire, il faut déverser du ballast sur la voie, grâce à des wagons trémie, pour compléter le niveau. Ces opérations de ballastage se font généralement au printemps ou en automne, afin d'avoir atteint le 15 mai la hauteur de conformité sur l'ensemble du réseau, en prévision des chaleurs estivales qui accentuent la déformation des rails.

L'objectif de ce travail est de conseiller l'établissement de l'Infralog Lyon concernant différentes décisions tactiques relatives à ces opérations dites de « ballastage de conformité » : localisation des plateformes d'approvisionnement en ballast, clustering géographique, dimensionnement des convois (trains-travaux). Afin de répondre à ces questions, on développe un outil de planification des opérations annuelles de ballastage de conformité sur l'ensemble du bassin rhodanien.

2 Définition du problème

Le réseau ferré du bassin rhodanien a été découpé en 42 zones de travaux, réparties en cinq unités de production distinctes. Une demande de ballast, définie en nombre de wagons trémie, est connue pour chaque zone. Le nombre total de wagons trémie disponibles est limité.

Sur une zone donnée, les opérations de ballastage peuvent avoir lieu soit de jour, soit de nuit, entraînant des coûts différents. L'horizon de temps est donc découpé en périodes de 12 heures. Sur chacune des zones de travaux, on connaît les périodes réservées aux opérations de maintenance (pas de circulation commerciale) qui créent donc des fenêtres de temps où il est possible de mener une opération de ballastage. Les travaux d'une zone doivent être effectués sur des jours consécutifs, sans préemption possible. Une seule équipe est disponible pour travailler sur les opérations de ballastage, donc deux zones ne peuvent pas être en travaux simultanément.

On suppose constant le nombre de wagons trémies par convoi, afin de limiter les opérations de composition de train. Le réapprovisionnement d'un convoi en ballast se fait sur une ou plusieurs plateformes.

On cherche à déterminer où, quand et avec quel convoi faire les travaux de ballastage, ainsi que le chemin parcouru par chaque convoi. L'objectif est de minimiser une fonction de coût qui comprend plusieurs éléments :

- coût au kilomètre parcouru par les convois ;

- coût par wagon utilisé ;
- coût par convoi utilisé ;
- coût des travaux (qui diffèrent selon qu'ils sont effectués de jour ou de nuit).

3 Résolution du problème opérationnel

On fait l'hypothèse que le nombre de wagons par convoi, ainsi que le nombre et l'emplacement des plateformes, sont connus. On se ramène donc à un problème de tournée de véhicules avec capacités et fenêtres de temps.

Le problème a été modélisé en programmation linéaires mixte, et implémenté avec CPLEX. Ce modèle complet est fonctionnel sur de petites instances (8 zones, 20 périodes) mais ne l'est pas pour le problème réel (42 zones, 180 périodes).

La méthode utilisée pour passer à l'échelle est une approche de décomposition classique pour des problèmes de tournées de véhicule [1]. Le problème est d'abord résolu en relaxant la contrainte de capacité, ce qui équivaut à supposer qu'un seul convoi de capacité infinie réalise tous les travaux (problème de voyageur de commerce avec fenêtres de temps). Cette étape permet de déterminer l'ordre de visite des différentes zones, ainsi que la date de leurs travaux. Dans un deuxième temps, un second programme linéaire mixte découpe cette grande tournée, en prenant en compte les contraintes de capacité et la nécessité d'aller jusqu'à une plateforme pour réapprovisionner le convoi en ballast.

4 Utilisation pour les décisions tactiques

Le modèle obtenu est utilisé comme un simulateur afin de déterminer les meilleures valeurs pour deux paramètres :

- nombre de wagons par convoi ;
- nombre et emplacement des dépôts (choisis parmi cinq emplacements candidats).

Le modèle est également testé avec ou sans contrainte de clustering, pour déterminer s'il est préférable de laisser complètement libre l'ordre de visite des différentes zones ou si l'organisation actuelle (ballastage d'une unité de production après l'autre) reste pertinente.

5 Conclusions et perspectives

Ce problème riche de tournée de véhicules, résolu avec une approche de décomposition en deux programmes linéaires mixtes, permet d'appuyer les décisions stratégiques et tactiques faites par l'Infralog de Lyon concernant le ballastage de conformité.

D'autres éléments doivent encore être ajoutés afin de se rapprocher encore des contraintes du terrain, notamment l'ordonnancement du ballastage par rapport à d'autres travaux de maintenance des voies : le *régalage* qui peut se substituer au ballastage ou intervenir après, et le *bourrage* qui doit être effectué après le ballastage et le régalaage. Nos expérimentations ayant conclu que la contrainte de clustering peut être conservée pour simplifier l'organisation des travaux sans trop impacter leur coût total, on pourra ajouter un nouveau niveau de décomposition en vue d'ajouter ces contraintes additionnelles.

Références

- [1] Christian PRINS, Philippe LACOMME et Caroline PRODHON : Order-first split-second methods for vehicle routing problems : A review. *Transportation Research Part C : Emerging Technologies*, 40:179–200, mar 2014.