

# Planification optimisée de rotations de rames d’approvisionnement en ballast

François Ramond<sup>1</sup>, Francis Sourd<sup>1</sup>, Lionel Lagarde<sup>2\*</sup>, Pierrick Vallat<sup>2</sup>

<sup>1</sup> SNCF, Direction de l’Innovation et de la Recherche  
45 rue de Londres, 75 379 Paris Cedex 08, France  
{francois.ramond, francis.sourd}@sncf.fr

<sup>2</sup> Eurodecision, Pôle Logistique et Production  
9A rue de la porte de Buc, 78 000 Versailles, France  
pierrick.vallat@eurodecision.com

**Mots-clés :** *planification, logistique, optimisation, application industrielle.*

## 1 Introduction

Au cours des prochaines années, une hausse importante du nombre de régénérations de lignes du réseau ferré français est attendue. Cette hausse intervient après une période de dégradation progressive de l’état du réseau due à un manque d’investissements dans l’infrastructure[1], combinée à des prévisions de trafic par voie ferrée en forte augmentation sur les prochaines décennies.

Pour être en mesure de répondre à cette hausse d’activité des chantiers de l’infrastructure, et plus spécifiquement des approvisionnements en ballast, la SNCF a décidé de se doter d’un outil d’aide à la décision pour la planification de sa flotte de rames de transport de ballast. Dans cette vision, les chantiers sont considérés comme des clients internes du système logistique d’approvisionnement.

## 2 Modélisation du problème

On considère la planification d’une flotte de taille fixe de rames dédiées au transport du ballast, où l’utilisation de chaque rame suit le cycle suivant : trajet à vide depuis un chantier livré, puis chargement en ballast au sein d’une carrière, trajet chargé depuis la carrière vers le chantier à alimenter, déchargement et utilisation du ballast par le chantier, puis nouveau trajet à vide et ainsi de suite. Une commande est considérée satisfaite si le ballast est livré au client avant sa date de livraison maximale. Les carrières ont des contraintes propres à leur capacité de production et à leur configuration physique, qui déterminent un nombre maximal par jour de rames pouvant y entrer, y stationner et en sortir. L’affectation des carrières aux commandes est pré-établie : les responsables de chantiers choisissent eux-même le type et l’origine du ballast souhaité lors de la commande. Enfin, des temps de stationnement sont possibles, soit en carrière soit sur les chantiers, avant ou après le déchargement du ballast transporté.

L’objectif du problème est de maximiser la satisfaction des commandes des chantiers, tout en minimisant les distances parcourues par la flotte de rames et en encourageant la «fidélité» des rames aux chantiers, c’est-à-dire en favorisant la livraison des commandes successives d’un même chantier par une même rame lorsque ceci est possible.

---

\*au moment de l’étude

### 3 Résolution

La démarche de résolution proposée est basée sur une approche en deux temps :

1. Dans un premier temps, on détermine des *enchaînements de commandes* : un enchaînement d'une commande A vers une commande B correspond à la livraison par une même rame de la commande A puis de la commande B juste après la commande A, sans livraison intermédiaire entre A et B. Parmi l'ensemble des enchaînements théoriquement envisageables, seuls ceux qui sont réalisables en pratique, en termes de compatibilité des dates et des temps de parcours entre les deux commandes, sont retenus. Un programme linéaire sélectionne les meilleurs enchaînements par rapport aux critères de satisfaction des commandes, de distances parcourues et de fidélité aux chantiers. A l'issue de cette première phase, le «chemin» de chaque rame, autrement dit l'affectation des commandes aux rames ainsi que leur séquence, est fixé.
2. Dans un second temps, on affecte des *dates* (jours calendaires) à l'ensemble des événements impliqués par les enchaînements retenus : départs à vide des chantiers, arrivées en carrières, départs chargés des carrières, et arrivées sur les chantiers. Ces dates doivent respecter les dates de livraison maximales des commandes, les contraintes de capacité des carrières, et prendre en compte les week-ends et jours fériés où aucun départ ou arrivée ne sont possibles, et où les carrières ne sont pas opérationnelles. Quand plusieurs dates sont possibles, la priorité est donnée à la robustesse des planifications : on préfère prévoir les arrivées sur les chantiers quelques jours en avance de manière à réduire les risques de retard à la livraison si des aléas surviennent pendant le transport.

### 4 Utilisation pratique des résultats

Un moteur d'optimisation exploitant la démarche de résolution proposée a été développé par la Direction de l'Innovation et de la Recherche et livré aux planificateurs des rotations de rames d'alimentation en ballast.

Utilisé sous forme de prototype depuis près d'un an pour fournir aux planificateurs de bonnes solutions, généralement adaptées manuellement avant d'être mises en oeuvre, il est en cours d'intégration au sein du système de gestion des commandes de ballast pour une mise en production prévue début 2011.

### Références

- [1] R. Rivier et Y. Putallaz, *Audit du Réseau Ferré National Français*, EPFL, 2005.
- [2] K. Hamdi. *Gestion des rames à rotation programmée. Rapport de projet de fin d'études SNCF* (non publié), 2008.
- [3] M. Joborn, T.G. Crainic, M. Gendreau, K. Holmberg et J.T. Lundgren. Economies of scale in empty freight car distribution in scheduled railways. *Transportation Science*, 38(2):121–134, 2004.
- [4] T.G. Crainic et G. Laporte, Planning models for freight transportation, *European Journal of Operational Research*, 97(3):409–438, 1997.
- [5] M.L. Fisher, Optimal Solution of Vehicle Routing Problems Using Minimum K-Trees, *Operations Research*, 42(4):626–642, 1994.
- [6] P.J. Dejax et T.G. Crainic, A Review of Empty Flows and Fleet Management Models in Freight Transportation, *Transportation Science*, 21(4):227–248, 1987.