

# Planification intégrée des engins et des sillons dans le transport ferroviaire de marchandises

Louis Fourcade<sup>1</sup>, Stéphane Dauzère-Pérès<sup>2</sup>, Juliette Pouzet<sup>1</sup>,  
Ariane François<sup>1</sup>, Vincent Chmielarski<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SNCF, Département Direction Technologies, Innovation Projets Groupe (DTIPG), Saint-Denis,  
France

{louis.fourcade, juliette.pouzet, a.francois}@sncf.fr

<sup>2</sup> Mines Saint-Etienne, CNRS, UMR 6158 LIMOS, Gardanne, France  
dauzere-peres@emse.fr

<sup>3</sup> FRET SNCF, Direction Performance et Services, Lille, France  
vincent.chmielarski@sncf.fr

**Mots-clés** : *recherche opérationnelle, optimisation, transport ferroviaire, heuristique lagrangienne, décomposition*

## 1 Contexte et objectifs

La planification optimisée des ressources pour le fret ferroviaire est au coeur de nombreux enjeux actuels : objectif européen de réduction des émissions de gaz à effet de serre à hauteur de 55% d’ici 2030 et doublement de la part modale du ferroviaire dans le transport de marchandises. Fret SNCF à récemment commencé à intégrer des outils d’aide à la décision et de recherche opérationnelle dans son processus de planification au travers de plusieurs outils développés en interne. Chacun de ces “blocs” d’optimisation est dédié à la gestion d’une ressource critique, et le processus d’optimisation séquentiel associé induit des pertes d’optimalité.

Le problème auquel nous nous intéressons se concentre sur trois ressources clef : Les ressources structurelles et temporelles de circulation (sillons), les ressources matérielles (engins-moteur) et les ressources humaines (agents de conduite). Dans l’état actuel, un plan de circulation est généré en trois étapes : Optimisation du choix des sillons, couverture optimisée en engins moteur, couverture optimisée en personnel. Ce schéma d’optimisation séquentiel est assez courant en planification des transports, en particulier dans le transport ferroviaire et le transport aérien. Plusieurs publications et travaux ont montré que des gains significatifs pouvaient être obtenus par la mise en place d’une approche intégrée, même si, à notre connaissance, aucun article n’a traité de l’optimisation intégrée de la planification des trois ressources. Plusieurs articles proposent la mise en place d’approches de relaxation lagrangienne, en particulier [3], [4] et [2]. Dans le secteur aérien, l’utilisation de méthodes de décomposition est également considérée, en particulier la génération de colonnes, comme dans [1]

Nos premiers travaux portent sur l’intégration des deux premières étapes (c’est à dire la planification optimisée des sillons et des engins moteur). Nous étudions les gains potentiels dans le contexte d’exploitation de Fret SNCF. Nous présentons ensuite une heuristique lagrangienne réutilisant les outils à Fret SNCF pour la planification intégrée.

## 2 Diversification des solutions

Nous avons mis en oeuvre une méthode de diversification des solutions d’acheminement afin de comparer leurs influences sur les coûts de couverture par les engins moteur. La Figure 1

décrit comment les modules disponibles à Fret SNCF ont été utilisés. A chaque solution d'acheminement générée, une nouvelle contrainte de diversité empêchant une réutilisation de la même solution est ajoutée au modèle. Ces solutions sont ensuite couvertes en engins par le module de planification optimisée des engins. Enfin, les solutions finales générées sont comparées.

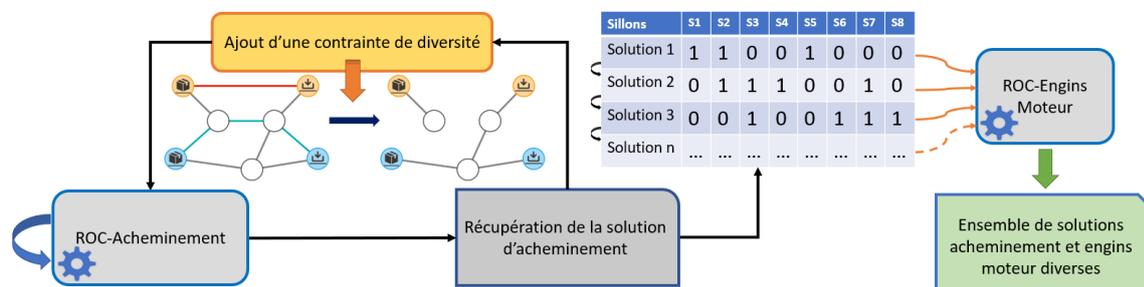


FIG. 1 – Algorithme de diversification des solutions

Sur les instances de test fournies par Fret SNCF, des économies en nombre de locomotives utilisées, en coût des solutions ainsi qu'en distance totale à parcourir ont été observées.

### 3 Heuristique Lagrangienne

Le problème intégré étant trop complexe pour être résolu de manière classique (résolution du modèle mathématique par un solveur standard), nous avons proposé une heuristique de résolution lagrangienne où chaque sous-problème correspond à une version adaptée du problème déjà résolu par les outils de Fret SNCF. Les résultats observés ont été très concluants, confirmant les gains observés lors des travaux précédents.

### 4 Conclusions et perspectives

Les travaux de diversification et les premiers résultats d'une heuristique lagrangienne ont permis de mettre en avant les gains possibles apportés par une résolution intégrée du problème de planification des ressources. Nous présenterons dans la conférence les détails des approches et les résultats numériques.

Dans nos futurs travaux, la poursuite et l'extension du modèle aux agents de conduite est en réflexion, ainsi que la prise en compte de la flexibilité des clients dans un modèle proposant des solutions plus robustes. La gestion des rotations de wagons (c'est-à-dire la planification des allers-retours de convois) semble également une piste importante d'amélioration.

### Références

- [1] Lukas Bach, Twan Dollevoet, and Dennis Huisman. Integrating timetabling and crew scheduling at a freight railway operator. *Transportation Science*, 50(3) :878–891, 2016.
- [2] Stéphane Dauzère-Pérès, David De Almeida, Olivier Guyon, and Faten Benhizia. A lagrangian heuristic framework for a real-life integrated planning problem of railway transportation resources. *Transportation Research Part B : Methodological*, 74 :138–150, 2015.
- [3] Dennis Huisman, Richard Freling, and Albert PM Wagelmans. Multiple-depot integrated vehicle and crew scheduling. *Transportation Science*, 39(4) :491–502, 2005.
- [4] Rivi Sandhu and Diego Klabjan. Integrated airline fleetling and crew-pairing decisions. *Operations Research*, 55(3) :439–456, 2007.