

# Optimisation des ressources en gare de triage pour FRET SNCF

Juliette Pouzet<sup>1</sup>, Vincent Chmielarski<sup>2</sup>, Marine Guibert<sup>3</sup>, Fanny Lebon<sup>3</sup>, Maxime Brisinger<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SNCF, Direction Technologies Innovation & Projets Groupe, Saint-Denis, France  
juliette.pouzet@sncf.fr

<sup>2</sup> FRET SNCF, Pôle Recherche Opérationnelle, Saint-Ouen, France  
vincent.chmielarski@sncf.fr

<sup>3</sup> Artelys, Paris, France  
{marine.guibert, fanny.lebon, maxime.brisinger}@artelys.com

**Mots-clés :** Recherche opérationnelle, optimisation, programmation linéaire en nombres entiers, transport de marchandises, planification

## 1 Introduction

Dans le fret ferroviaire, les gares de triage sont les nœuds par excellence par lesquels transitent les plus gros flux de marchandises. Elles permettent de réorganiser les trains de « wagons isolés » (i.e. groupes de wagons empruntant plusieurs trains successifs, mutualisés avec des wagons d'autres clients).

Chaque année et pour chaque gare, une dizaine d'experts se mobilisent pendant plusieurs semaines pour définir une semaine type décrivant les « tâches machines » à effectuer par les engins moteurs et le nombre de journées de service que cela implique en termes de « tâches humaines » à effectuer par les agents au sol. La semaine type construite annuellement est alors déployée sur l'année, et adaptée chaque semaine par les triagistes pour correspondre aux trains qui circulent chaque semaine.

Afin d'optimiser et d'automatiser la gestion des gares de triage, la Direction FRET SNCF a lancé en 2020 le projet ROC Sol (Recherche Opérationnelle en Conception pour les agents Sol) avec la Direction Technologies Innovation & Projets Groupe.

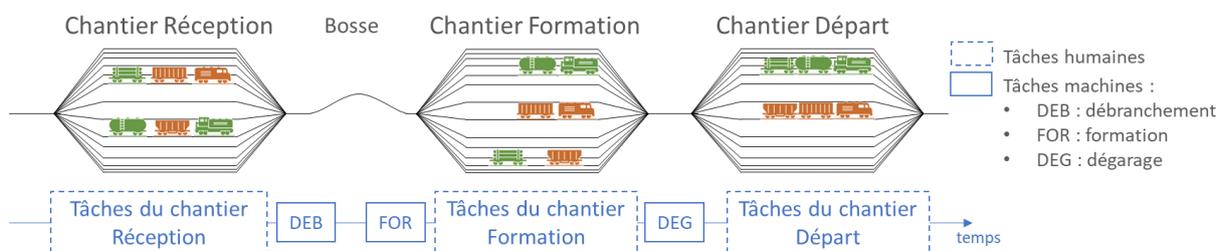


Figure 1 – Tâches machines et humaines en gare de triage

## 2 Description de la problématique métier

Une gare de triage est décrite par trois chantiers (voir Figure 1) qui permettent d'effectuer les correspondances de chaque wagon. On distingue :

- Le Chantier Réception sur lequel les trains arrivent et où les wagons vont être séparés pour être poussés sur la Bosse (i.e. débranchés) par la « machine de débranchement »,
- Le Chantier Formation sur lequel les wagons vont tomber un à un avant d'être rapprochés et raccordés (i.e. formés) par la « machine de formation »,
- Le Chantier Départ sur lequel les trains vont être déplacés du Chantier Formation au Chantier Départ (i.e. dégarés) par la « machine de dégarage » pour ensuite être préparés et repartir.

Sur chacun des chantiers, des tâches humaines doivent être réalisées par des « roulements d'agents » (i.e. groupes d'agents ayant les mêmes compétences et cycles horaires).

La complexité d'optimiser ces tâches machines et humaines réside dans les particularités suivantes :

- Les tâches sont liées les unes aux autres par des liens de précédence et de parallélisation.
- Pour chaque machine, une seule tâche peut être réalisée à la fois.
- Les tâches humaines sont de durées courtes, allant jusqu'à la minute.
- Certains agents peuvent se déplacer entre chantiers avec un temps de repositionnement associé.

### 3 Modélisation en deux phases

Un état de l'art a été réalisé avec notamment les articles [1] et [2] qui visent à assurer un maximum de correspondances, ainsi que l'article [3] qui cherche à ordonnancer les « débranchements » avec un coût minimal. Mais ces approches ne gèrent pas la capacité limitée en voies, ni les ressources humaines.

En raison de l'unicité de chaque type d'engin, les tâches machines deviennent de véritables goulots d'étranglement opérationnels. C'est pourquoi la modélisation proposée se présente sous forme de deux phases successives : la première pour les tâches machines et la seconde pour les tâches humaines.

La première phase a été modélisée par un PLNE dont l'objectif est de définir les horaires optimaux des tâches machines, en respectant les contraintes structurelles et temporelles, notamment en prenant déjà en compte les cycles horaires des roulements d'agents. La seconde phase est également modélisée par un PLNE dont l'objectif est de minimiser le nombre de journées de service en horairisant et en affectant les tâches humaines à des roulements d'agents. L'un des aspects les plus difficiles à prendre en compte, sans trop complexifier le modèle est le repositionnement nécessaire lorsque deux tâches de chantiers différents sont à enchaîner. La modélisation a donc été revue plusieurs fois au cours du projet.

### 4 Résultats et performances

L'horizon d'optimisation est d'une semaine et le prototype est utilisé en conception, près d'un an en avance. D'un point de vue métier, une solution de plusieurs heures, voire jours, est donc déjà jugée très performante. Dans le TAB. 1 sont présentées les performances pour une grande instance : 152 trains à l'arrivée, 144 trains au départ, 1254 tâches humaines, pour trois paramétrisations différentes de roulements d'agents. Concernant les résultats quantitatifs, nous avons constaté un gain de productivité de près de 10 %, soit une économie de 130 k€ par an.

	Phase 1	Phase 2
Sans changement de chantier	14 min	13 min
Avec changements de chantier (sans durée de repositionnement)	14 min	15 min
Avec changements de chantier et repositionnement (15 min)	15 min	4 h14 min

TAB. 1 – Performances du prototype ROC Sol

### 5 Conclusions et perspectives

Le prototype ROC Sol répond au besoin métier de FRET SNCF. Le prototype sera utilisé sur les deux plus grandes gares de triage début 2023 : celle du Bourget et celle de Woippy.

L'industrialisation suivra ensuite au deuxième semestre 2023.

### 6 Références

- [1] Edwin R. Kraft. A hump sequencing algorithm for real time management of train connection reliability. Journal of the Transportation Research Forum. Vol. 39. No. 4, 2000.
- [2] Haodong Li, Mingzhou Jin, and Shiwei He. Sequencing and Scheduling in Railway Classification Yards. Transportation Research Record 2475.1 : 72-80, 2015.
- [3] Sam Yagar, Frank Frank Saccomanno and Q. Shi. An Efficient Sequencing Model for Humping in a Rail Yard. Transportation Research Part A, Vol. 17, No 4, pp 251–262, 1983.