



**HAL**  
open science

## Résolution du problème de yard à 1-étape

Samuel Deleplanque, Paola Pellegrini, Joaquim Rodriguez

► **To cite this version:**

Samuel Deleplanque, Paola Pellegrini, Joaquim Rodriguez. Résolution du problème de yard à 1-étape. ROADEF 2019, Dec 2019, Le Havre, France. hal-02394550

**HAL Id: hal-02394550**

**<https://hal.science/hal-02394550v1>**

Submitted on 4 Dec 2019

**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.

# Résolution du problème de yard à 1-étape

Samuel Deleplanque<sup>1</sup>, Paola Pellegrini<sup>2</sup>, Joaquim Rodriguez<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Univ. Lille Nord de France, Ifsttar, COSYS, ESTAS  
rue Élisée Reclus 20, 59666 Villeneuve d'Ascq, Lille, France

<sup>2</sup> Univ. Lille Nord de France, Ifsttar, COSYS, LEOST  
rue Élisée Reclus 20, 59666 Villeneuve d'Ascq, Lille, France  
{samuel.deleplanque}@ifsttar.fr

**Mots-clés** : *fret, gare de triage, GRASP, recherche opérationnelle, optimisation.*

## 1 Introduction

Les réseaux de transport fret ont des nœuds complexes appelés gares de triage — ang. *shunting yard*. Les trains y sont combinés à partir d'autres trains à l'aide d'opérations appliquées aux wagons : opérations de découplage, de classification et de couplage. Optimiser l'ordonnement de ces opérations peut devenir complexe principalement en raison du type d'opérations et de la configuration de la gare. Une gare de triage se divise généralement en quatre parties principales illustrées par la Figure 1. Les voies de réception — ang. *receiving tracks* — accueillent les trains entrants, tandis que les voies de départ — ang. *departure track* — stockent les trains sortants. Entre ces deux types de voies, les deux autres parties principales sont la butte — ang. *the hump* — et les voies de classification — ang. *classification tracks*. La première est une petite colline d'où les wagons descendent vers les seconds uniquement grâce à la force gravitationnelle. Les voies de classification sont ensuite utilisées pour construire de nouveaux trains avec des wagons détachés. Les trains stockés sur les voies de réception sont appelés 'trains entrants' — ang. *inbound trains*. Pour ces trains, l'heure d'arrivée estimée (ETA) est généralement donnée par le gestionnaire de l'infrastructure du réseau ferroviaire (IM). Lors de l'arrivée d'un train, une équipe arrive pour exécuter une série d'opérations : vérification des documents, vérification du matériel roulant, classification, affectation et découplage des wagons. Une fois que l'équipe a terminé son travail, la locomotive est déplacée vers sa zone de stockage (cf. Figure 1). Ensuite, une locomotive de triage — ang. *shunting locomotive* — est déplacée derrière la série de wagons détachés (c'est-à-dire à gauche des voies de réception si on oriente la gare comme celle de la Figure 1), et ceci afin de pousser les véhicules sur la butte. Les wagons descendent la butte pour se retrouver sur la voie de classification choisie au préalable, car les wagons sont reconnaissables par le système d'aiguillage automatisé. Une fois son travail terminé, la locomotive de triage est acheminée vers la zone de stockage appropriée ou vers la prochaine série de wagons détachés à pousser. Un train sortant — ang. *outbound train* — émerge sur chaque voie de classification grâce aux nouvelles combinaisons de wagons des trains entrants. Une fois qu'un train sortant dispose de tous les wagons qui lui sont propres le long d'une voie de classification, une locomotive est déplacée du côté droit de la piste de classification (avec la même orientation que sur la Figure 1). Cette locomotive est alors couplée au premier wagon. Le train sortant est déplacé sur la voie de départ pour attendre son heure d'entrée prévue dans le réseau ferroviaire (ETD). Un processus différent peut être observé dans une gare de triage pour la construction d'un train sortant : une locomotive de triage peut être attachée au train afin de le déplacer vers une voie de départ, tandis que la locomotive du train n'est attachée que sur la voie de départ. Sur la Figure 1, les voies associées à ce dernier processus sont représentées par des lignes en pointillés.

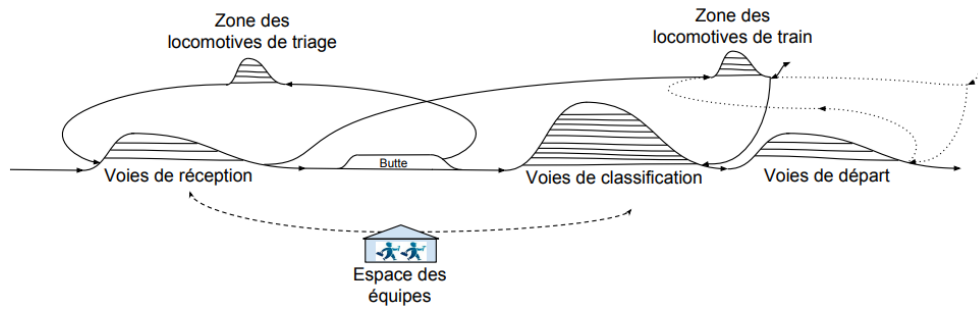


FIG. 1 – Exemple de schéma d'une gare de triage classique

## 2 Modèle et optimisation

Modéliser ce système nous amène à rassembler les éléments importants tels que l'ensemble des wagons, la structure de la gare, les équipes et aussi les ressources telles que les locomotives de triage. Nous proposons un modèle mathématique comprenant l'ensemble de ces éléments et dont l'objectif est de minimiser les retards des trains sortants. Pour ce modèle exact, nous nous basons sur les travaux de [3] afin de modéliser finement le réseau de rail de la gare et ainsi d'anticiper les quelques conflits qui pourraient survenir pendant l'exploitation. Le modèle a été complété par des contraintes liées au travail des équipes sur les trains entrant et sortant. L'affectation de missions aux équipes est analogue au *Multiple-Salesmen Problem*, dont nous avons alors intégré les contraintes (cf. [2]).

Cette modélisation exacte peut être un outil puissant à condition d'accepter de longues journées de calcul. Nous avons cependant opté pour l'implémentation d'une heuristique adaptable à un système dit *online*, dans l'optique d'optimiser à plusieurs reprises l'algorithme au fur et à mesure que le temps passe et de l'arrivée d'informations de plus en plus précises, par exemple sur les ETA des trains entrants. Cet algorithme heuristique est un GRASP — ang. *Greedy Randomized Adaptive Search Procedures* — (cf. [1]). La priorité étant la minimisation des retards, cet heuristique à 3 phases va tout d'abord définir l'ordonnancement des wagons sur chaque partie importante de la gare (types de voies principaux). Un système de propagation des contraintes de temps va alors réduire ces dernières sur chaque point de passage considéré de façon à tester facilement la faisabilité et la performance de l'insertion de wagon dans le planning du système. Cette heuristique d'insertions successives est répliquée de façon à obtenir plusieurs solutions. Ces dernières sont perturbées dans le but de les améliorer par une recherche locale. Nous disposons ici d'un opérateur d'échange de voie et d'un opérateur de modification d'ordre. Le premier sélectionne un wagon sur une voie donnée pour tenter de modifier la solution en translatant ce wagon sur une autre voie et tout ce qui s'ensuit (comme par exemple les wagons du même train accompagnant le premier sur la voie initiale). Le second opérateur modifie la séquence d'arrivée des trains d'une voie sélectionnée.

## Références

- [1] Thomas A Feo and Mauricio GC Resende. Greedy randomized adaptive search procedures. *Journal of global optimization*, 6(2) :109–133, 1995.
- [2] Gilbert Laporte and Yves Nobert. A cutting planes algorithm for the m-salesmen problem. *The Journal of the Operational Research Society*, 31(11) :1017–1023, 1980.
- [3] Paola Pellegrini, Grégory Marlière, and Joaquin Rodriguez. Optimal train routing and scheduling for managing traffic perturbations in complex junctions. *Transportation Research Part B : Methodological*, 59 :58–80, 2014.