

**Mémoire de Master**  
Master Modélisation Optimisation Décision Organisation

## Note de Synthèse

*Mémoire réalisé dans le cadre d'un stage à la Direction des Projets Franciliens de SNCF Réseau, sous l'encadrement de Bertrand Houzel (bertrand.houzel@reseau.sncf.fr) avec le suivi académique de Daniel Vanderpooten (daniel.vanderpooten@lamsade.dauphine.fr)*

### 1 Contexte et Problématique

Avec l'intensification du trafic ferroviaire dans les zones denses et la pression des travaux, le réseau ferré francilien se retrouve considérablement sollicité. Ainsi, en tant que nœuds majeurs du réseau, les grandes gares sont primordiales dans la gestion de la capacité. En effet, des modes de planification intelligent permettent l'accueil d'un plus grand nombre de train en assurant l'absence de conflits de circulation. Au niveau de la gare, il s'agit d'établir l'affectation des trains aux voies au niveau des quais (*train platforming* en anglais). Cela prend la forme d'un graphique d'occupation des voies (**GOV**) qui sert de base à de multiples opérations (gestion du trafic, affichage des trains...).

De nombreux travaux ont établi des techniques de résolution du problème du *train platforming* à l'aide d'optimisation combinatoire. Elles peuvent se baser sur un graphe des conflits avec lequel on recherche un stable maximum [7] une coloration minimale [1]. D'autres approches procèdent à un ordonnancement complet, qui peut être formulé en programmation par contraintes [6]. Le département DPF Solution à SNCF Réseau a compris l'intérêt du déploiement de ces méthodes à travers l'outil OpenGOV, déjà adopté par quelques gares en France.

Toutefois, lorsque des perturbations se produisent et qu'elles génèrent des retards ou la fermeture de voies, il est souvent indispensable de modifier le GOV afin de ne pas dégrader davantage la situation. Cette adaptation est traitée en temps réel par des gestionnaires de circulation qui peuvent manquer de temps pour réagir au mieux. C'est pourquoi le présent mémoire vise à formuler et valider des concepts de base pour le développement d'un outil d'aide à la décision destiné à la gestion des GOV en opérationnel. Les travaux ont été réalisés avec l'aide du poste d'aiguillage de la gare Montparnasse qui constitue le cas expérimental traité.

### 2 Concepts et Méthodologie

Le principe de la réadaptation de plan d'occupation de voie réside dans sa capacité résiduelle. Cette capacité est soit insensibilité du GOV aux retards, soit les possibilités de remplacement des trains qu'il laisse. Si ces deux exigences sont des gages de robustesse, elles sont souvent contradictoires et répondent à deux logiques d'adaptation. Dans le premier cas, on ne modifie pas le plan d'occupation de voie, mais on peut réordonner les trains pour minimiser les propagations de retards [4]. La seconde stratégie est de modifier le cheminement emprunté par les circulations, soit les rerouter [2]. Cela est toutefois coûteux, du fait de la re-programmation des opérations générées.

Un procédé de replanification peut utiliser à la fois la propagation de retards et le reroutage des trains. Cette démarche exploite par exemple une résolution en deux temps [3] ou une formulation en programme linéaire [5]. Toutefois, il est nécessaire d'établir un compromis entre les retards générés et la quantité de reroutages à réaliser. C'est pourquoi une démarche bi-objectif présentant un ensemble de solutions efficaces est pertinente pour l'aide à la reconstruction de

GOV. L'étude s'est penchée sur une modélisation à base d'un programme linéaire en variables mixtes traduisant l'ordonnement des circulations. Elle propose la résolution itérative du programme exploitant la méthode epsilon-contrainte.

### 3 Mise en œuvre et Résultats

La stratégie d'adaptation mixte a donné lieu à des expérimentations sur des cas typiques de la circulation réelle dans la gare de Paris Montparnasse. Chacune des situations a pu être traitée avec un retour à la normale.

Cette formulation est intégrée à la solution logicielle en cours de développement *OpenGOV Temps Réel* qui se destine aux agents de circulation. *OpenGOV Temps Réel* s'alimente de bases de données sur le trafic et inclue entre autre un vérificateur de la compatibilité des GOV avec les nouvelles situations qui se présentent.

### 4 Conclusion

Les travaux réalisés au cours du stage ont validés les principes pour la résolution du problème de *train platforming* en opérationnel. Les démarches d'intégration en l'environnement décisionnel des postes de circulation ont été mise en évidence.

Des poursuites des travaux peuvent être envisagées dans le traitement des préférences des utilisateurs, mais aussi dans l'interaction avec d'autres entités de planification.

### Références

- [1] Alain Billionnet. Using integer programming to solve the train-platforming problem. *Transportation Science*, 37(2) :213–222, 2003.
- [2] Alberto Caprara, Laura Galli, Leo Kroon, Gábor Maróti, and Paolo Toth. Robust train routing and online re-scheduling. In *OASIS-OpenAccess Series in Informatics*, volume 14. Schloss Dagstuhl-Leibniz-Zentrum fuer Informatik, 2010.
- [3] Andrea D'Ariano, Francesco Corman, Dario Pacciarelli, and Marco Pranzo. Reordering and local rerouting strategies to manage train traffic in real time. *Transportation Science*, 42(4) :405–419, 2008.
- [4] Laura Galli. Combinatorial and robust optimisation models and algorithms for railway applications. *4OR*, 9(2) :215–218, 2011.
- [5] Paola Pellegrini, Grégory Marlière, Raffaele Pesenti, and Joaquín Rodriguez. RECIFE-MILP : An effective MILP-based heuristic for the real-time railway traffic management problem. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 16(5) :2609–2619, 2015.
- [6] Joaquín Rodriguez. A constraint programming model for real-time train scheduling at junctions. *Transportation Research Part B : Methodological*, 41(2) :231–245, 2007.
- [7] Peter J Zwaneveld, Leo G Kroon, H Edwin Romeijn, Marc Salomon, Stephane Dauzere-Peres, Stan PM Van Hoesel, and Harrie W Ambergen. Routing trains through railway stations : Model formulation and algorithms. *Transportation science*, 30(3) :181–194, 1996.