

## Aide à la construction de plans de production pour le Fret ferroviaire

D. De Almeida<sup>1</sup>, M. Pellion<sup>2</sup>, F. Mornet<sup>3</sup> et T. Coffin<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SNCF, Direction de la Recherche et de la Technologie  
david.de\_almeida@sncf.fr

<sup>2</sup> SNCF, Direction du Fret  
michel.pellion@sncf.fr

<sup>3</sup> Artelys SA  
{franck.mornet, thomas.coffin}@artelys.com

### 1 Introduction

FRET-SNCF réorganise sa production pour améliorer sa productivité et accroître la qualité des prestations fournies. Cette réorganisation concerne la définition de grands axes (GA) de trafics sur lesquels la production est industrialisée, complétés par des zones fret (ZF) visant à gérer les parcours initiaux et terminaux des missions de convoyage (MC). L'industrialisation vise notamment à passer d'une desserte point à point à une desserte bâtie à partir de gammes de production avec des portions sur lesquelles les transports de flux sont standardisés et massifiés. Cette démarche doit permettre de simplifier la production et d'engendrer une meilleure utilisation des ressources rares du système de production ferroviaire (sillons, locomotives...).

Ce processus d'industrialisation repose donc notamment sur :

- L'exploitation d'un stock de ressources réservées et appelées « Convois ». Un convoi est un assemblage insécable (*i*) d'une portion de marche, (*ii*) d'une ou plusieurs étapes locomotives et (*iii*) d'une ou plusieurs étapes agents de conduite ;
- La construction de plans de production (PDP) associant au plus une solution de convoyage (SC) à chaque MC. Chaque SC est un assemblage de convois continu dans l'espace et le temps, cohérent techniquement et satisfaisant par rapport à différents critères de qualité de la production – respect des horaires...

Un PDP décrit donc la mise en relation entre les MC à produire et le stock (limité) de convois prédéfinis et disponibles en production. Des procédures de construction de SC existent, mais l'étude d'un Moteur d'Assemblage et d'Optimisation visant à apporter une aide à la construction de PDP optimisés (par rapport au nombre de MC produites, aux différents critères de qualité de la production, au taux d'engagement des ressources...) semble intéressante, a fortiori pour les situations de crise avec tensions sur les ressources disponibles. C'est dans ce contexte que se situent les travaux présentés et menés par FRET-SNCF et la Direction de la Recherche et de la Technologie de la SNCF, en collaboration avec la société ARTELYS.

## **2 Modélisation du problème**

Le problème est formalisé par un modèle de programmation linéaire en nombres entiers. Les principales variables de décision représentent d'une part, le choix d'utilisation de SC admissibles générées a priori, et d'autre part, des variables d'écart sur la production des MC. Dans la version actuelle, l'ensemble des SC admissibles pour une MC est généré en première étape de l'algorithme, en respectant différentes contraintes de cohérence des SC, comme le respect des horaires associés à la MC, des délais d'interconnexion entre deux convois, le tonnage maximal des convois, les contraintes de capacité de stockage en gare... Un convoi ne pouvant être utilisé que dans une seule SC, des contraintes couplent les différentes SC : parmi toutes les SC qui utilisent un convoi donné, seule une peut être produite.

La solution retenue doit minimiser une fonction objectif multicritères, dont l'objectif principal est la minimisation des MC (hiérarchisées) non produites. Les autres critères évaluent la performance des solutions par rapport à leur efficacité (taux d'utilisation des convois...) ou aux critères de qualité de la production évoqués précédemment.

## **3 Approche de résolution retenue**

Après avoir envisagé de résoudre le problème par programmation linéaire à base de flot ou de multi-flots ou par programmation par contraintes, une résolution par génération de colonnes explicite a été retenue et implantée. La programmation par contraintes, qui permettait a priori de gérer plus aisément les contraintes de stock, a été écartée en raison du nombre de contraintes nécessaires. Ces contraintes, qui complexifient considérablement le problème, sont ajoutées une à une a posteriori, si le PDP calculé induit une violation des capacités de stockage en gare. Une procédure de décomposition temporelle est également prévue pour maintenir des performances (temps de calcul et occupation mémoire) satisfaisantes lorsque des problèmes avec un horizon temporel étendu sont traités.

## **4 Apports de la méthode**

Le moteur de calcul est implanté en C++ et complètement interfacé (entrées/sorties et paramétrage) avec un outil de gestion en cours de développement. Des tests sur des jeux de données réels comportant plusieurs milliers de MC et de convois ont montré que les gains, en terme de nombre de MC produites, peuvent atteindre près de 10%, par rapport à des solutions définies par un expert. Un PDP optimisé est calculé en quelques dizaines de seconde.

L'implantation de différents modes d'optimisation, par relaxation de certaines contraintes, permet en outre d'identifier des faiblesses en ressources

## Références

1. Lindter, T. : Train Schedule Optimization in Public Rail Transport. PhD Thesis. Technischen Universität Braunschweig (2000)
2. Bussieck, M.R., Winter, T. and U.T. Zimmermann : Discrete optimization in public rail transport. Math. Programming, 79 (1-3), 415-444 (1997)
3. Löbel, A. : Vehicle Scheduling in Public transit and Lagrangean Pricing. Konrad-Zuse-Zentrum für Informationstechnik Berlin (1997)
4. Freling, R., Lentink, R.M. and M.A. Odijk : Scheduling Train Crews : a case study for the Dutch Railways (2000)
5. Kroon, L. and M. Fischetti : Crew Scheduling for Netherlands Railways. Destination : Customer. Report series, Erasmus Research Institute of Management (2000)