

# Optimisation d'une desserte ferroviaire tenant compte des flux de voyageurs et de la qualité de service

Lucile Brethomé<sup>1,3</sup>, Cécile Bouvet-Agnelli<sup>1</sup>, Rémy Chevrier<sup>1</sup>,  
Niels van Oort<sup>2</sup>, Joaquin Rodriguez<sup>3</sup>

<sup>1</sup> SNCF Direction Innovation & Recherche, Paris, France

{lucile.brethome,remy.chevrier}@sncf.fr

<sup>2</sup> Delft University of Technology, Delft, Pays-Bas

{N.vanOort}@tudelft.nl

<sup>3</sup> IFSTTAR - COSYS - ESTAS, Lille, France

{joaquin.rodriguez}@ifsttar.fr

**Mots-clés :** *Transport ferroviaire, approche voyageurs, optimisation linéaire, multiobjectif.*

## 1 Contexte

Pour des raisons historiques, la conception de l'offre ferrée chez SNCF Transilien (opérateur ferroviaire pour le transport de voyageurs en Ile-de-France) est principalement guidée par la planification successive des différentes ressources de production : grille horaire, maintenance de l'infrastructure, rames et personnel... De plus, chaque année, des modifications à la marge sont réalisées sur l'ancienne grille horaire, mais il est rare de faire une refonte totale de l'offre.

Cependant, pour répondre au besoin de mobilité en Ile-de-France, il devient important d'avoir un outil d'aide à la décision permettant de concevoir et d'optimiser le plan de transport du point de vue des flux de voyageurs et de la qualité de service. En effet, le trafic a augmenté de 30% durant les dix dernières années, atteignant 3 millions de voyageurs par jour sur le réseau Transilien. Proposer une offre correspondant au mieux à la demande est crucial pour SNCF, car cela permet d'améliorer l'expérience des voyageurs en terme de temps de parcours moyen, de fiabilité du service, de correspondances et de confort. Pour cela, il faut mieux connaître et mieux intégrer la demande du client au sein même du processus de conception de l'offre, qui est aujourd'hui fortement liée à la planification des ressources de production.

Dans la littérature, plusieurs approches différentes existent pour concevoir ou adapter le plan de transport. Ainsi, des modèles fournissent des grilles horaires minimisant le temps d'attente moyen des voyageurs [1]. À travers un ensemble de tests sur plusieurs instances issues de données réelles sur le métro de Madrid, ces modèles montrent une réduction de 30% du temps moyen d'attente des voyageurs, comparé à la grille horaire antérieure. D'autres modèles [4] permettent de modifier les roulements d'engins en temps réel afin de mieux gérer les incidents. Leurs résultats montrent que le retard moyen pour les voyageurs peut être radicalement réduit en tenant compte du comportement dynamique des flux de voyageurs sur les itinéraires alternatifs. Dans ces articles, la conception ou l'adaptation prennent en compte seulement le temps de parcours, en négligeant le confort du voyageur ou la fiabilité du service. Van Oort et al. introduisent une approche tenant compte de la fiabilité du service [5] et du remplissage des trains [6]. Il s'agit d'une méthode d'évaluation selon des indicateurs de qualité de service. Ceux-ci pourraient être réexploités pour une méthode d'optimisation en fonction des besoins clients.

Nous introduisons des indicateurs permettant de caractériser la performance de l'offre de transport, du point de vue de la qualité de service pour les voyageurs, à travers du temps de parcours, du confort (correspondances, nombre de places assises...) et de la fiabilité (cohérence avec l'horaire théorique (ou ponctualité), variabilité du temps de parcours...). En effet, des

études ont prouvé que les voyageurs préfèrent avoir un parcours légèrement plus long, si celui-ci est plus fiable [2].

Nos travaux couvrent ces problèmes en introduisant une méthode proposant une desserte avec la meilleure qualité pour les voyageurs, au meilleur coût. De plus, le coût et la qualité de service sont deux critères opposés, et nous souhaitons fournir à l'utilisateur final la possibilité de choisir la solution qui lui paraît la plus satisfaisante. Nous introduisons donc une approche d'aide à la décision basée sur l'optimisation multiobjectif.

## 2 Algorithme d'optimisation de desserte ferroviaire du point de vue des voyageurs

Nos travaux visent à concevoir un outil d'aide à la décision utilisant des données voyageurs pour proposer une desserte adaptée au mieux à la demande, prenant en compte la composition des trains.

Nous proposons un modèle dont le but est, pour l'opérateur, de minimiser le coût de l'offre, et de maximiser le profit de l'utilisateur, défini par le temps de parcours généralisé. Nous introduisons un MILP (Mixed Integer Linear Program) qui résout le problème de construction de dessertes. Les variables sont la fréquence de chacune des lignes et le type de matériel roulant utilisé. Les contraintes sont la satisfaction de la demande des voyageurs, la capacité des voies, la capacité des trains et les infrastructures (quais...). Du fait du caractère opposé des critères, nous présenterons une approche basée sur la méthode d'optimisation multi-objectif  $\epsilon$ -contrainte[3] pour résoudre ce MILP.

Nous avons testé ce modèle sur un cas réel extrait de données SNCF. Des premières instances de taille réelle de 60 gares extraites de deux lignes du réseau Transilien ont été résolues grâce à CPLEX avec un modèle contenant 60000 variables, 20000 contraintes et nous ont donné des premiers résultats encourageants par rapport à l'offre de transport actuelle. Du fait que plusieurs fonctions objectifs sont pertinentes pour qualifier un plan de transport, plusieurs seront comparées et analysées du point de vue de la qualité de service pour les usagers. Nos résultats seront aussi comparés avec les offres de transport existantes dans le but de mettre en évidence les règles les plus importantes pour produire une offre répondant au mieux aux attentes des voyageurs.

## References

- [1] Eva Barrena, David Canca, Leandro C. Coelho, and Gilbert Laporte. Exact formulations and algorithm for the train timetabling problem with dynamic demand. *Comput. Oper. Res.*, 44 :66-74, 2014.
- [2] Bates, J., Polak, J., Jones, P., and Cook, A. The valuation of reliability for personal travel. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 37(2), 191-229, 2001.
- [3] Haimes, Y.Y., Ladon, L.S., Wismer, D.A. On a Bicriterion Formulation of the Problems of Integrated System Identification and System Optimization. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol 1, No 3, pp. 296-297, 1971.
- [4] Leo Kroon, Gabor Maroti, and Lars Nielsen. Rescheduling of railway rolling stock with dynamic passenger flows. *Transportation Science*, 2015.
- [5] Van Oort, N., T. Brands, E. de Romph, J.A. Flores. Unreliability effects in public transport modelling. *International Journal of Transportation*, Vol.3, No.1, pp.113-130, 2015.
- [6] Oort, N van, Drost, M , Brands, T , Yap, M. Data-driven public transport ridership prediction approach including comfort aspects. *Proceedings of the conference on advanced systems in public transport*, CASPT 2015, pp. 1-13, 2015.