

Optimisation de l'affectation de sièges aux voyageurs

Valentina Pozzoli¹, François Ramond¹

¹ SNCF Innovation et Recherche, St-Denis, France
{valentina.pozzoli, francois.ramond}@sncf.fr

Mots-clés : programmation linéaire en nombres entiers, transport ferroviaire, affectation de sièges

Contexte : placement des voyageurs dans les trains à réservation obligatoire

Le siège affecté à chaque voyageur dans un train a un impact sur la qualité du remplissage, avec des enjeux économiques, de satisfaction clients et opérationnels. En effet, le choix du siège a des conséquences sur le nombre et type de trajets restant disponibles à la vente, l'homogénéité du remplissage entre les voitures, la satisfaction de préférences opérationnelles (telles que la montée ou la descente à certaines voitures à certaines gares), le regroupement des clients voyageant ensemble.

La communication du numéro de siège quelques jours avant le départ du train, lorsqu'elle est pratiquée, offre des opportunités pour affecter simultanément et de façon optimisée les voyageurs aux sièges.

Les travaux existants au sujet de l'affectation des sièges traitent pour la plupart le cas de l'aérien, où la thématique du temps d'embarquement est importante [1]. L'absence d'arrêts intermédiaires ne permet pas d'utiliser les mêmes modèles pour le cas ferroviaire. Parmi les travaux existant pour le ferroviaire, on mentionne [2], où le problème est traité du point de vue d'optimisation de la capacité du train, [3], où des méthodes heuristiques sont proposées, et [4], qui considère le problème d'assignation du siège au moment de la réservation par le voyageur.

Dans ce résumé, nous présentons un algorithme d'optimisation combinant plusieurs critères pour l'affectation des voyageurs aux sièges, et nous comparons les résultats proposés par l'algorithme avec les affectations réalisées sur un ensemble de trains de test.

Modélisation

À nombre et type égaux de trajets demandés, le choix du siège affecté aux voyageurs a un impact sur plusieurs critères de performance du remplissage de train. Un travail d'analyse approfondi avec le métier a permis d'identifier et de formuler les critères suivants :

- Le **critère de remplissage R**, lié au nombre de trajets qui restent disponibles à la vente. Les trajets les plus demandés ont un poids plus important. Un siège libre sur l'intégralité du trajet du train apporte la contribution maximale au critère ;
- Le **critère d'homogénéité H**, qui décrit la différence en taux d'occupation entre les voitures du train, en regardant le tronçon¹ où cette différence est la plus importante ;

¹ On définit tronçon chaque trajet unitaire du train. Par exemple, pour un train allant de A à C et s'arrêtant à B, les tronçons seront AB et BC.

- Le **critère de voisinage V**, qui indique la distance entre voyageurs ayant réservé ensemble. La fonction objectif qu'on cherche à maximiser est la somme pondérée des critères ci-décrits :

$$\text{Max } (w_R R + w_H H - w_V V), \quad (1)$$

où w_R , w_H et w_V sont les poids associés aux critères remplissage, homogénéité et voisinage respectivement.

Le problème a été formulé sous forme de programme linéaire en nombres entiers et résolu grâce au solveur CPLEX IBM.

Résultats expérimentaux

Afin d'évaluer les gains atteignables grâce à une méthode optimisée d'affectation des voyageurs aux sièges, nous avons exécuté l'algorithme sur une base de données d'environ 700 trains, pour lesquels on dispose des informations sur les réservations et les affectations réalisées. Cela permet de comparer sur chaque critère d'optimisation les résultats de l'algorithme avec le réalisé.

Pour chaque train, l'algorithme a été exécuté au moment de la communication des numéros des sièges aux voyageurs, en affectant de façon simultanée l'ensemble des clients.

La comparaison avec le réalisé montre que l'optimisation permet d'améliorer l'ensemble des critères de performance.

- L'optimisation du critère de remplissage R permet de libérer environ 1000 sièges de bout en bout supplémentaires par rapport au réalisé, tout en transportant le même nombre de voyageurs sur la base de trains considérée.
- L'optimisation du critère d'homogénéité H permet de diviser par 6 la différence des taux d'occupation entre les voitures
- L'optimisation du critère de voisinage V permet de regrouper de 6% plus de clients voyageant ensemble

Conclusion et perspectives

L'algorithme développé a montré les possibilités d'amélioration sur les différents indicateurs de qualité du remplissage par rapport à l'affectation réalisé.

Par la suite, les efforts se concentreront sur l'affinage du modèle, notamment en travaillant sur les pondérations entre les critères. Comme l'algorithme peut facilement être testé sur un ensemble de données en changeant un ou plusieurs paramètres, il sera également utile au métier afin de tester l'impact de certaines contraintes opérationnelles sur la qualité du remplissage : par exemple, le fait de favoriser la montée et/ou la descente de certaines voitures à certaines gares, ou de favoriser certains emplacements pour certaines catégories de voyageurs.

Références

- [1] Milne, R. & Salari, Mostafa & Kattan, Lina. (2018). Robust Optimization of Airplane Passenger Seating Assignments. *Aerospace*. 5. 10.3390/aerospace5030080
- [2] Gopalakrishnan, Raja, and Narayan Rangaraj. "Capacity Management on Long-Distance Passenger Trains of Indian Railways." *Interfaces*, vol. 40, no. 4, 2010, pp. 291–302. JSTOR
- [3] Yuan W, Nie L (2020) Optimization of seat allocation with fixed prices: An application of railway revenue management in China. *PLoS ONE* 15(4): e0231706.
- [4] Boyar, J., Larsen, K. The Seat Reservation Problem. *Algorithmica* 25, 403–417 (1999).