

Une heuristique pour du transport à la demande rail-route dynamique

Jean Jodeau^{12*}, Nabil Absi¹, Rémy Chevrier², Dominique Feillet¹

¹ Mines Saint-Etienne, Univ Clermont Auvergne, INP Clermont Auvergne, CNRS, UMR 6158
LIMOS, F - 42023 Saint-Etienne France
{absi, feillet}@emse.fr

² SNCF DTIPG, Equipe MOD, 93210 Saint-Denis France
{jean.jodeau, remy.chevrier}@snCF.fr

Mots-clés : *recherche opérationnelle, optimisation, transport à la demande, tournées de véhicules dynamiques*

1 Contexte et objectif

Dans les zones peu denses, les usagers pâtissent d'une offre de transport insuffisante et peu adaptée. En effet, les trains régionaux sont surdimensionnés par rapport à la demande et ils circulent avec une fréquence insuffisante. Les usagers délaissent donc les transports publics pour bénéficier de la flexibilité et de la facilité qu'offre la voiture individuelle. Pour redynamiser les transports publics et le ferroviaire en particulier, un système de transport mixte à la demande reposant sur un matériel roulant rail-route innovant est envisagé. L'objectif est de proposer une solution permettant de transporter le plus d'usagers possible en porte à porte pendant une période de temps donnée et d'adapter les tournées de véhicules à la survenue de clients dynamiques. La zone de circulation des véhicules s'organise autour d'une voie ferrée existante à voie unique que les véhicules peuvent emprunter et de laquelle ils rayonnent pour prendre et déposer des clients.

2 Description du problème

Le problème étudié est donc un problème de transport à la demande dynamique avec des véhicules rail-routes. L'usage du rail, qui permet d'aller plus vite, impose aux véhicules de se synchroniser lorsqu'ils y roulent afin d'éviter les situations dites de "nez à nez", et de respecter d'autres contraintes ferroviaires. La présence de clients dynamiques impose de prévoir des tournées adaptées, suffisamment souples pour pouvoir accueillir les nouveaux clients.

Ce problème couple deux problèmes distincts. Le premier concerne des tournées de véhicules pour du transport de personnes. Le second s'intéresse à l'ordonnancement sur la voie ferrée. Cet ordonnancement est d'autant plus important que les circulations s'effectuent sur voie unique.

Le problème de construction des tournées de véhicules pour le transport de personnes est le *Dial-A-Ride Problem* (DARP). Les principales variantes de ce problème et les méthodes les plus utilisées pour le résoudre sont présentées, notamment, dans [1, 3].

L'hybridation des deux problèmes pour ce type de service n'est cependant pas référencée, à notre connaissance, dans la littérature. Cependant, [2] et [5] référencent et classent plusieurs problèmes de tournées de véhicules avec des contraintes de synchronisation. Notre problème entre dans la catégorie des problèmes de tournées de véhicules avec synchronisation de ressources.

Dans notre cas, l'objectif du problème est de maximiser le nombre de clients servis et donc le nombre de clients dynamiques servis. Puisque SNCF ne souhaite pas refuser un client qui peut être servi, même si ce service pénaliserait de futurs clients potentiels, il est important de conserver une solution la plus propice à l'ajout de nouveaux clients et ce, sans que les contraintes ferroviaires ne compliquent leur insertion.

3 Méthodes de résolution et indicateurs suivis

L'algorithme présenté repose sur les algorithmes développés dans le cas statique par [4], ainsi que sur une approche multi-plan. La méthode développée dans le cas statique, en deux étapes, s'attachait tout d'abord à créer des tournées sans respecter les contraintes couplantes ferroviaires en utilisant une *Adaptive Large Neighborhood Search* appliquée deux fois. Puis, dans un second temps les tournées étaient sélectionnées via un *Set Covering* en réintroduisant les contraintes ferroviaires à l'aide d'une *Logic Based Benders Decomposition*. Cette méthode permet d'obtenir un ensemble de tournées performantes qui vérifient toutes les contraintes de notre problème, tout en limitant les difficultés causées par les contraintes couplantes.

La méthode multi-plan consiste à avoir en permanence le plus de solutions alternatives compatibles avec la solution courante. De cette manière, en cas de survenue de nouveau client ou d'aléa, il est plus rapide de choisir parmi les solutions disponibles que de générer une nouvelle solution. Ainsi, il est important d'avoir une procédure de génération de solutions alternatives efficace. Plusieurs méthodes de générations de solutions alternatives seront exposées et comparées selon différents indicateurs.

En effet, outre le nombre de solutions alternatives, qui est un indicateur déjà largement utilisé dans la littérature, un nouvel indicateur, le nombre normalisé de tournées, sera introduit et utilisé pour les comparaisons. Plutôt que de simplement dénombrer les solutions alternatives qui peuvent être similaires, il paraît plus intéressant de s'intéresser directement au nombre de tournées différentes, ce qui permet d'avoir une vision plus fine de la diversité réelle apportée par les solutions alternatives.

Des résultats seront aussi présentés sur l'importance du dynamisme sur la qualité des solutions et comment l'utilisation d'un algorithme dédié permet d'améliorer les performances.

Références

- [1] Jean-François Cordeau and Gilbert Laporte. The dial-a-ride problem (darp) : Variants, modeling issues and algorithms. *Quarterly Journal of the Belgian, French and Italian Operations Research Societies*, 1(2) :89–101, 2003.
- [2] Michael Drexler. Synchronization in vehicle routing—a survey of vrps with multiple synchronization constraints. *Transportation Science*, 46(3) :297–316, 2012.
- [3] Sin C Ho, Wai Yuen Szeto, Yong-Hong Kuo, Janny MY Leung, Matthew Petering, and Terence WH Tou. A survey of dial-a-ride problems : Literature review and recent developments. *Transportation Research Part B : Methodological*, 111 :395–421, 2018.
- [4] Jean Jodeau, Nabil Absi, Rémy Chevrier, and Dominique Feillet. Une heuristique pour du transport à la demande rail-route. In *24ème congrès annuel de la Société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision*, 2023.
- [5] Ricardo Soares, Alexandra Marques, Pedro Amorim, and Sophie N Parragh. Synchronisation in vehicle routing : classification schema, modelling framework and literature review. *European Journal of Operational Research*, 2023.