

# Problèmes de tournées de bus à la demande : vers une meilleure qualité de service

Flavien Lucas<sup>1</sup>, Ying Lian<sup>1</sup>, Michell Queiroz<sup>1</sup>, Lissa Melis<sup>1</sup>, Kenneth Sørensen<sup>1</sup>

ANT/OR, University of Antwerp, Operations Research Group, Belgium

{flavien.lucas, ying.lian, michell.queiroz, lissa.melis, kenneth.sorensen}  
@uantwerpen.be

**Mots-clés** : *transport, tournées de bus, lignes fixes, problèmes à la demande, problèmes dynamiques*

## Introduction

Les problèmes de transport sont emblématiques de l'optimisation. Bien que majoritairement associés à la livraison de marchandises, certains problèmes s'occupent du transport de passagers, comme le *Dial a Ride Problem* (DARP) et le *School Bus Routing Problem* (SBRP). Dans ce papier, nous allons étudier le problème de tournées de bus à la demande (ODBRP) combinant les contraintes du DARP et du SBRP, dans lequel une compagnie de transport doit assigner les arrêts de bus de départ et d'arrivée pour l'ensemble des passagers, et respecter les fenêtres de temps. Enfin, de nombreuses variantes en cours d'études seront énoncées, ainsi que les premiers résultats obtenus.

## 1 Problème initial et premières expérimentations

Dans ce problème, introduit par Melis et Sørensen [1], une compagnie de transport dispose d'une flotte de bus à capacité fixe ainsi que d'un ensemble d'arrêts de bus et doit satisfaire un ensemble de requêtes de transport. Chaque requête correspond à la demande d'un passager et est définie par son lieu d'origine, l'heure minimale de départ, son lieu d'arrivée ainsi que l'heure maximale d'arrivée. La compagnie de transport doit alors trouver (1) la meilleure affectation clients/arrêts de bus de départ et arrivée, ainsi que (2) les meilleures tournées pour l'ensemble des bus tout en respectant les contraintes horaires de chaque passager. Enfin, la fonction objectif à minimiser est le temps total passé dans les transports pour l'ensemble des passagers.

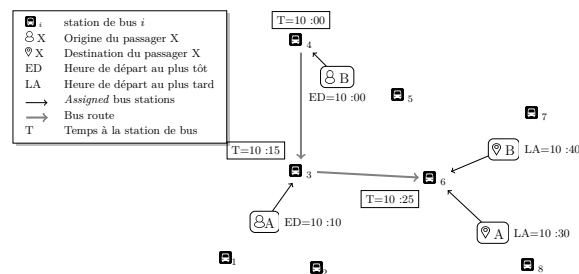


FIG. 1 – Exemple d'instance

Dans l'exemple ci-dessus (figure 1), le passager A peut marcher depuis son lieu d'origine à partir de 10h10 pour prendre un bus à l'arrêt 1, 2 ou 3 et doit arriver au plus tard à sa destination à 10h30 après avoir été déposé en 6 ou 8. Dans la solution retenue, le bus récupère l'individu B à l'arrêt 4, puis le passager A à l'arrêt 3 avant de déposer l'ensemble des clients en 6, qui marcheront ensuite jusqu'à leurs destinations respectives.

Une heuristique basée sur la méthode *Large Neighborhood Search* (LNS) a été proposée. Une comparaison avec LocalSolver [2] sur des problèmes comprenant 121 arrêts de bus, environ 200 bus et entre 500 et 2000 requêtes a montré que cette méthode obtient une solution proche de l'optimal en moins de 2 min.

Une comparaison entre les instances de l'ODBRP et leur équivalent où les requêtes sont associées aux arrêts les plus proches de leur lieu d'origine et de destination a permis de montrer que l'affectation libre des arrêts de bus réduit de 18% (resp. 24%) le temps de trajet moyen des passagers pour des instances à 500 (resp. 1500) clients.

Une étude similaire, a montré que la flexibilité des tournées de l'ODBRP permet de réduire de 28.4% (resp. 6.8%) le temps moyen passé dans les transports pour les problèmes à 500 requêtes (resp. 2000 requêtes).

## 2 Contraintes additionnelles

Afin de rendre la résolution des problèmes de tournées de bus à la demande plus proche de la réalité, de nombreuses variantes ont été étudiées ou sont en cours d'études.

**Adaptation en temps réel** Le problème ODBRP classique suppose que les requêtes sont connues suffisamment à l'avance pour concevoir une solution satisfaisant l'ensemble des demandes. Cependant en pratique, il est fréquent que ces requêtes ne soient connues que quelques minutes à l'avance, alors que les bus sont déjà en train d'acheminer les premiers passagers. Nous proposons de résoudre ce problème dynamique par une méthode à recherche locale. Une étude a été effectuée sur le nombre d'itérations nécessaires pour adapter la tournée aux nouvelles demandes, ainsi que sur l'intérêt d'optimiser la solution en avance lorsqu'un nombre limité de requêtes est connu.

De plus, des événements imprévus peuvent impacter la vitesse de circulation sur certains axes routiers, et ainsi causer le retard d'une partie des passagers. Selon l'amplitude de la congestion, un changement d'itinéraire peut être suffisant, alors que dans des cas plus critiques plusieurs tournées doivent être modifiées en temps réel afin de limiter le nombre de passagers mis en retard. Une méthode à voisinages multiples est proposée, afin de trouver un équilibre entre le nombre de modifications à apporter aux tournées en cours et le respect des fenêtres de temps.

**Étude des problèmes de transport multimodal avec lignes fixes** Les transports publics sont souvent équipés d'infrastructures fixes (lignes de métro, tramway) mais plus efficaces que les lignes de bus. Ainsi, il n'est pas rare pour des usagers d'utiliser un premier moyen de transport pour se rendre à une station de métro, qui va l'amener vers son lieu de destination. Des instances plus complexes associant lignes de bus à la demande avec des lignes fixes plus rapides sont ainsi en cours de création. Dans ces nouveaux problèmes, chaque passager pourra être affecté à plusieurs lignes si cela permet de réduire le temps passé dans les transports pour l'ensemble des usagers.

## Références

- [1] Lissa Melis and Kenneth Sörensen. The on-demand bus routing problem : A large neighborhood search heuristic for a dial-a-ride problem with bus station assignment. No. 2020005. 2020.
- [2] LocalSolver. Optimization Solver and Services. <https://www.localsolver.com/>, 2020a. Online ; accessed 15 April 2020.