

# Recherche locale pour la synchronisation dans un réseau de bus

Valérie Guihaire<sup>1,2</sup>, Jin-Kao Hao<sup>1</sup>

<sup>1</sup> LERIA ; Université d'Angers ; 2, boulevard Lavoisier, 49045 Angers Cedex 01, France

hao@info.univ-angers.fr

<sup>2</sup> Heurisis ; 8 rue Le Nôtre, 49066 Angers Cedex 01, France

vguihaire@heurisis.eu

**Mots-Clés** : *planification, synchronisation, voisinages.*

## 1 Présentation du problème et modélisation

Nous étudions le problème de réorganisation des horaires de lignes, qui se situe après celui de définition des fréquences et avant celui d'affectation des véhicules, dans le processus de planification du transport par bus [1]. Le problème consiste à définir de nouvelles grilles horaires pour le réseau, en respectant une contrainte de décalage maximal. Ce problème se focalise généralement sur un objectif de synchronisation des correspondances, en cherchant à minimiser une fonction du temps d'attente des usagers. Les données à disposition sont :

- la structure et les horaires actuels des lignes ainsi que des modes en connexion ;
- les correspondances paramétrées (niveau d'importance, attente minimale, idéale et maximale) ;
- le cadencement demandé par période (intervalle de temps séparant deux dessertes consécutives).

La modélisation la plus souvent utilisée pour la planification des horaires est celle d'un problème de semi-affectation quadratique [6]. Les méthodes de résolution associées [2, 5] se basent sur des variables de décision qui correspondent aux heures de départ de chaque ligne du réseau, avec des cadencements fixes par ligne. [3] propose un algorithme évolutionnaire basé sur un modèle permettant de faire varier le cadencement des lignes, mais avec une approche très limitée en taille de données.

Afin de pallier la rigidité des premiers modèles, nous définissons un modèle basé sur un niveau de détail supérieur et relaxons la contrainte de cadencement fixe. Il faut alors affecter une heure de départ à chaque desserte. En contrepartie, nous ajoutons au modèle une fonction de coût relative au respect du cadencement demandé par période. La fonction de coût liée aux correspondances tient compte à la fois de leur quantité et de leur qualité. Nous proposons une méthode de recherche à voisinages pour aborder des problèmes de taille réelle.

## 2 Approche de résolution

Nous utilisons une méthode de recherche locale pour laquelle nous définissons quatre voisinages. Le premier exploite la structure du modèle de manière directe en permettant le décalage d'une

desserte (modification de la valeur d'une seule variable). Les autres voisinages sont définis par des compositions de ces mouvements, et modifient la valeur d'un ensemble de variables de manière à préserver ou créer de bonnes propriétés dans la solution courante. En l'occurrence, on ajuste ou on crée des correspondances autour d'une desserte donnée, on décale simultanément un ensemble de dessertes en correspondance entre elles, ou encore on décale simultanément toutes les dessertes d'une ligne donnée.

Suite à des tests sur leurs performances individuelles, nous intégrons les voisinages dans une stratégie de recherche multialgorithme de type Token Ring [4]. L'utilisation séquentielle de plusieurs voisinages permet de profiter de leur complémentarité et amène une diversification de la recherche, permettant de s'extraire d'optima locaux.

### 3 Résultats

Nos expérimentations se basent sur un réseau interurbain issu d'un département français. Il comporte 50 lignes orientées, 318 courses, et 282 types de correspondances (paires de lignes qui se croisent).

Les résultats montrent d'une part le potentiel du modèle utilisé ici en termes d'amélioration de la synchronisation du réseau, en comparaison du modèle plus traditionnel. D'autre part, l'intérêt des voisinages complexes est validé dans le cas d'une utilisation combinée, où leur complémentarité ressort. Enfin, la stratégie de recherche multialgorithme fournit des résultats de qualité supérieure à la solution initiale et à l'utilisation individuelle de chacun des voisinages.

Parmi l'ensemble des combinaisons de méthodes testées, l'amélioration apportée à la qualité de la solution initiale par la meilleure stratégie correspond à une augmentation très nette (de 70% en moyenne sur le cas d'étude) du nombre de possibilités de correspondances en autorisant un décalage de 10 minutes de chaque course dans les deux sens.

### Références

- [1] A. Ceder and N.H.M. Wilson. Bus Network Design. *Transportation Research Part B*, 20(4):331–344, 1986.
- [2] F. Cevallos and F. Zhao. Minimizing transfer times in a public transit network with a genetic algorithm. *Transportation Research Record*, 1971:74–79, 2006.
- [3] P. Chakroborty, K. Deb and P. Porwal. A genetic algorithm based procedure for optimal transit systems scheduling. *Proceedings of the Fifth International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, 330–341, 1997.
- [4] L. Di Gaspero. Local Search Techniques for Scheduling Problems : Algorithms and Software Tools. Dipartimento di Matematica e Informatica – Università degli Studi di Udine, 2003.
- [5] L.N. Jansen, M.B. Pedersen and O.A. Nielsen. Minimizing passenger transfer times in public transport timetables. *Seventh Conference of the Hong Kong Society for Transportation Studies : Transportation in the Information Age*, 229–239, 2002.
- [6] W.D. Klemmt and W. Stemme. Schedule synchronization for public transit networks. *Computer-Aided Scheduling of Public Transport*, Springer-Verlag, 327–335, 1988.