

# Calcul d'itinéraire multimodal et multiobjectif : application au transport urbain

Tristram Gräbener, Alain Berro, Yves Duthen

IRIT-UT1, UMR 5505, CNRS  
Université de Toulouse  
2 rue du doyen Gabriel Marty 31042 Toulouse Cedex 9, France  
{tristram.grabener,alain.berro,yves.duthen}@irit.fr

**Mots-Clés :** *Calcul d'itinéraire, itinéraire multimodal, multiobjectif*

## 1 Motivations

Avec une prise de conscience environnementale croissante et avec l'augmentation des coûts de l'énergie, de plus en plus de personnes tendent à utiliser les transports en commun ou des modes de transports doux tels que la marche ou le vélo. Cependant, un seul mode de transport ne peut pas couvrir tous les besoins. De ce fait, la combinaison de différents modes de transport peut se révéler être une solution particulièrement intéressante. Par exemple, l'utilisateur peut conduire une voiture jusqu'à une gare ou encore marcher entre deux stations pour éviter un changement supplémentaire.

Cependant, trouver le *meilleur* chemin multimodal pour une personne donnée est une tâche difficile. Chaque personne aura des préférences différentes concernant la durée du trajet, le coût monétaire, la pollution engendrée, le nombre de changements, etc. De plus, les préférences d'un même usager dépendront des circonstances. Par exemple s'il pleut, il ne va pas prendre le vélo et s'il a des bagages encombrants, il préférera probablement éviter des changements. L'optimisation *multiobjectif* permet de proposer à l'utilisateur plusieurs solutions dites *équivalentes*. Deux solutions sont équivalentes si aucune des deux solutions n'est meilleure que l'autre sur *tous* les objectifs.

En ce qui concerne les travaux antérieurs, ceux-ci se focalisent principalement sur le calcul d'itinéraires dépendant du temps ([2], [3]). En ce qui concerne les itinéraires multimodaux, à notre connaissance, il existe qu'un nombre réduit de publications. Les approches proposées sont assez complexes avec des performances annoncées qui semblent décevantes ([4], [1]).

## 2 Notre modèle

### 2.1 Le graphe multimodal

Chaque mode de transport est représenté par une couche dans le graphe multimodal. De ce fait certaines couches peuvent être très similaires (par exemple la couche piétonne et la couche cycliste) ou très différente (la couche piétonne et la couche métro). Des arcs relient les deux couches lorsqu'il

est possible de passer de l'une à l'autre, par exemple à un arrêt de bus. Si on désire modéliser le fait de pouvoir laisser son vélo n'importe où, mais qu'il n'est pas possible de le reprendre, les arcs vont de chaque nœud de la couche cycliste vers chaque nœud de la couche piétonne, mais pas dans l'autre sens. Une fonction de coût pour chaque objectif est associée à chaque arc. Les coûts peuvent être des constantes (par exemple la longueur) ou dépendantes du temps (temps d'attente et de parcours sur une ligne de bus ou temps de parcours en fonction de la circulation).

## 2.2 Algorithme de Martins dépendant du temps

L'algorithme de Martins est l'extension multiobjectif de l'algorithme de Dijkstra et permet de calculer les chemins optimaux au sens de Pareto d'un nœud vers tous les autres. Nous proposons une modification immédiate de l'algorithme de Martins. Le seul changement porte sur la manière de calculer le vecteur de coûts d'une nouvelle étiquette. Afin d'améliorer les performances nous avons également étudié deux approches heuristiques afin de réduire l'espace d'exploration et donc améliorer les performances.

## 3 Conclusion et perspectives

Le modèle a été testé sur la ville de San Francisco (environ 100km<sup>2</sup>, soit l'équivalent de Paris intra-muros) avec la marche, le vélo et tous les transports en commun.

Les premiers résultats expérimentaux ont montré qu'une approche multiobjectif au problème du calcul d'itinéraire multimodal est pertinente, tout particulièrement avec deux objectifs (moins d'une seconde de calcul). Nous avons ensuite étudié deux heuristiques pour améliorer les performances. La première est optimale mais ne fonctionne que dans une recherche point-à-point tandis que la deuxième élimine certaines solutions du front de Pareto. L'approche optimale avec deux objectifs est suffisamment rapide pour une utilisation en temps réel. Avec trois objectifs, la dominance relâchée présente des résultats très prometteurs (de l'ordre de quelques secondes). Enfin, la région sur laquelle nous avons fait les tests est suffisamment grande pour envisager une utilisation réelle.

Par rapport aux travaux précédents, nous avons appliqué notre approche sur une région significativement plus grande sans aucune agrégation et proposé des résultats optimaux en un temps très raisonnable. Nous pensons également que notre approche est naturelle et très flexible.

## Références

- [1] M. Boussedjra, C. Bloch, and A. El Moudni. Solution optimale pour la recherche du meilleur chemin intermodal. *MOSIM*, 2003.
- [2] S. Pallottino and M.G. Scutella. *Shortest path algorithms in transportation models : classical and innovative aspects*. Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [3] E. Pyrga, F. Schulz, D. Wagner, and C. Zaroliagis. Experimental comparison of shortest path approaches for timetable information. In *Proceedings of the Sixth Workshop on Algorithm Engineering and Experiments*, pages 88–99, 2004.
- [4] A. Ziliaskopoulos and W. Wardell. An intermodal optimum path algorithm for multimodal networks with dynamic arc travel times and switching delays. *European Journal of Operational Research*, 125(3) :486–502, 2000.