

# Etude opérationnelle du calculateur d'itinéraires multimodaux Cimo sur des jeux de tests trans-territoires, avec tables horaires statiques.

Idriss HASSINE, Philippe CANALDA

Institut FEMTO-ST (UMR CNRS 6174)

Université de Bourgogne Franche-Comté

Pôle multimédia de Franche Comté - Numerica

1, Cours Louis Le prince-Ringuet, 25200 Montbéliard, France

{idriss.hassine.2015}@ieee.org

{philippe.canalda}@femto-st.fr

**Mots-clés :** *multimodalité, nouveaux territoires, programmation dynamique, multi-contraintes, multi-objectifs, optimisation combinatoire, approche exacte.*

## 1 Résumé

Dans ce travail nous proposons l'étude d'une solution exacte de calcul d'itinéraires multimodaux. Il s'agit d'un calculateur exact d'itinéraires optimaux, ordonnés, multimodaux et trans-territoires, basé sur un algorithme de programmation dynamique cut and price and share multi-objectifs et multi-contraintes terrain.

Cette étude présente plusieurs versions de cet algorithme qui sont proposées suivant une démarche méthodologique d'ingénierie permettant une évaluation des complexités : théorique du problème (version Pb), pratique des itinéraires calculés exhaustivement et satisfaisant toutes les contraintes y compris l'impossibilité qu'un itinéraire passe 2 fois en une même station (version 1.0), pratique des itinéraires affichés, et comprenant l'optimal, suivant l'ordre d'un parcours en profondeur de la liste des stations et du meilleur itinéraire calculé jusqu'alors (version 1.2), pratique du calcul de la meilleure solution en implémentant le cut sur un sous-ensemble des objectifs (version 2.0).

Une des deux originalités de notre solution proposée, est qu'elle réalise un calcul préalable des itinéraires optimaux, modulo l'instanciation combinatoire des modalités réelles (lorsque plusieurs modalités desservent un segment entre 2 stations, et lorsque les tables horaires des courses sont connues à l'avance). C'est dans le deuxième temps de la génération de l'affichage que tous les autres objectifs sont évalués suivant une hiérarchie. La seconde originalité est que la terminaison de ce calculateur, et aussi la production de la meilleure solution, est accélérée par l'ordonnement des stations accessibles depuis une station de référence selon le degré de correspondances ainsi que la proximité à la station cible (version 3.0).

Ce travail propose également un ensemble d'évaluations des versions successives du calculateur : depuis une illustration pédagogique extraite de deux extractions de réseaux de transports à faible recouvrement (bus) et reliés transversalement par deux modes (train et car), jusqu'à une simulation d'un espace territorial regroupant les territoires desservis par les services de transports 3-modaux (bus, car et trains) de préfectures et de sous-préfectures (2 x 800 stations, 2 x 20 lignes, des horaires de frange s'étalant de 6h du matin à 20h le soir, des lignes de trains et de cars desservant longitudinalement les 2 réseaux de transports).

Un générateur de simulations, également écrit en Java, a été couplé à notre calculateur pour produire un réseau de transport multimodale paramétré par le nombre de stations, le nombre de lignes de transport, le nombre de modalités considérées, le nombre moyen de stations par

ligne, et le nombre moyen de correspondances. Toute station desservie par au moins une ligne est connectée à toutes les autres stations.

Le calcul de complexité de la résolution du problème et les tests progressifs montrent l'influence des économies de calcul et d'affichage, celle du cut, celle de l'accélération issue de l'ordonnement des stations voisines. Cette étude montre qu'un itinéraire optimal peut-être calculé à partir d'un algorithme de programmation dynamique cut and price and share de génération des itinéraires 3-modaux sur 2 réseaux de transports voisins et connectés de la taille de 2 préfectures desservants 300 000 habitants.

Elle démontre aussi la pertinence de poursuivre dans la voie de la génération exacte d'itinéraires multi-modaux en appréhendant une plus large palette de modes, tout en transférant l'optimisation pré-calculée de tout point en tout point à la matrice des liens entre stations. Alors, une génération optimisée des itinéraires à-la-volée devient envisageable en couplant des données dynamiques et des calculs parallèles et collaboratifs.

## Références

- [1] Christian Artigues, Marie-José Huguet, Fallou Gueye, Frédéric Schettini, Laurent Dezhou. State-based accelerations and bidirectional search for bi-objective multimodal shortest paths. In *Transportation Research Part C : Emerging Technologies, Elsevier*, pages 233 – 259, 2013.
- [2] Dominik Kirchler. Efficient routing on multi-modal transportation networks. Data Structures and Algorithms. In *Ecole Polytechnique X*, 2013.
- [3] Idriss HASSINE, and Philippe CANALDA. Cimo : an efficient 2-phases calculator of multi-modal itineraries for real trans-territories based on a dynamic programming In *The World Congress on Information Technology and Computer Applications*, 2015.
- [4] Philippe CANALDA and Idriss HASSINE, Cimo : un calculateur exact d'itinéraires 3+modaux et trans-territoires basé sur un algorithme Cut& Price& Share de programmation dynamique multi-objectifs et multi-contrainte In *Research Report RR-FEMTO-ST-6612, FEMTO-ST*, Octobre 2015.