

PLANIFICATIONS D'ITINÉRAIRES EN TRANSPORT MULTIMODAL

Fallou Gueye^{1,2} Christian Artigues²
Marie-José Huguet² Frédéric Schettini¹ Laurent Dezou¹

¹MobiGIS, www.mobigis.fr

²LAAS-CNRS, 7 Av Colonel roche 31077 Toulouse
fgueye@mobigis.fr

ROADEF; Nancy 11 Février 2009



Plan

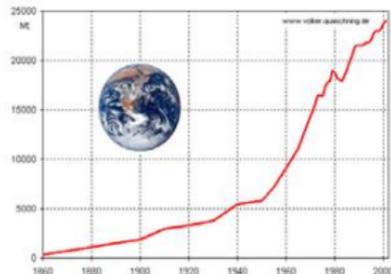
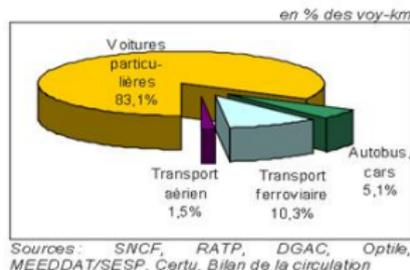
- 1 INTRODUCTION
- 2 PRÉSENTATION DU PROBLÈME
- 3 REVUE LITTÉRATURE
- 4 ALGORITHMES
- 5 COMPARAISON EXPÉRIMENTALE
- 6 CONCLUSIONS

Importance et enjeux

FORT ACCROISSEMENT DU TRAFIC DE VOYAGEURS ET DE MARCHANDISES

ENJEUX SOCIÉTAUX

- Baisse de la consommation énergétique
- Diminution d'émission de polluants



Contexte et Position du problème

DÉVELOPPEMENT DE MODES DE TRANSPORT ALTERNATIFS

- Favoriser les modes moins polluants (vélo, marche, ou le transport en commun)

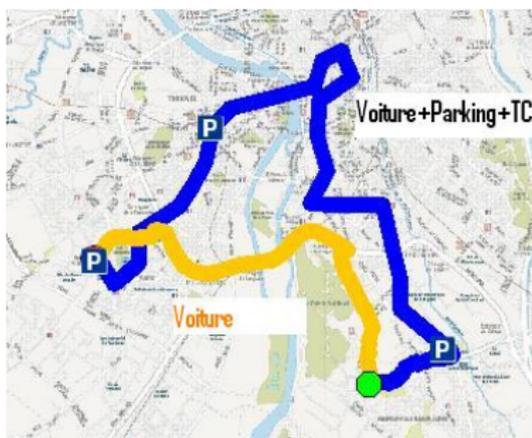
PROBLEMES

- Organisation des déplacements de passagers
- Aide aux choix des modes de transport

Problèmes étudiés

RECHERCHE D'ITINÉRAIRE(S)

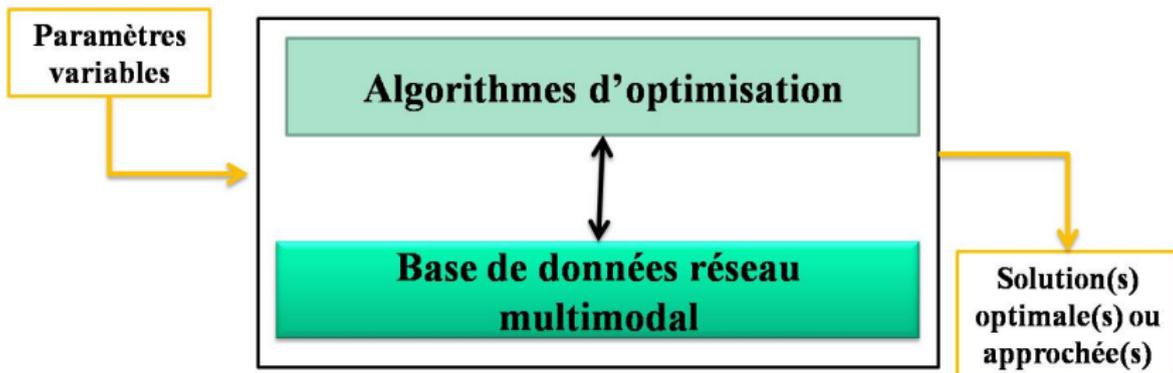
- Itinéraires les plus courts
- Itinéraires alternatifs



Objectifs

OBJECTIF DE LA THÈSE

Développer un outil d'aide à la décision pour l'optimisation de la planification d'itinéraires multimodaux



Plus courts chemins multimodaux

DIFFÉRENTS MODES DE TRANSPORTS

- Marche, Voiture, Vélo, Métro, Bus, Train, Tramway
- Viabilité ou séquence des utilisations des modes

DÉPENDANT DU TEMPS

- Horaires et fréquence de passages des modes

CRITÈRES À MINIMISER

- Le temps de trajet, distance
- Le coût de transport (prix du billet, confort, écomobilité)
- Les préférences sur les modes (le nombre de changements de modes, etc.)

Problème étudié

RÉSEAU MULTIMODAL

- Modes : Bus, métro, vélo, voiture, Piéton
- Graphe FIFO

PROBLÉMATIQUE

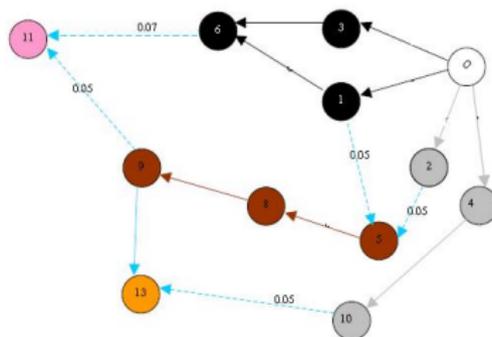
- Recherche de chemin(s) O-D à une date de départ donné avec minimisation
 - Temps de trajet
 - Nombre de changements de modes

CONTRAINTES

- Viabilité ou séquence d'utilisation des modes
- Restrictions sur les modes (Horaires ou fréquences, sens de circulation, parkings relais, temps de marche)

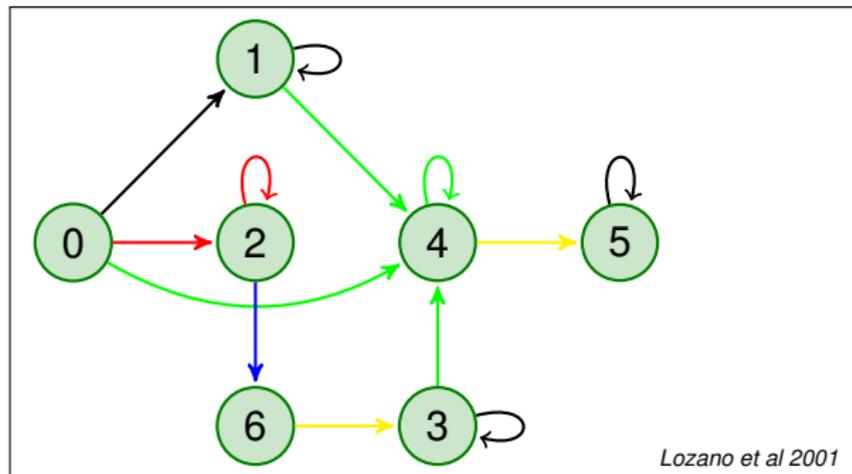
Le graphe

- Graphe orienté : $G_T(V, E)$:
 - V : ensemble des noeuds (arrêts de bus ,stations métro)
 - E : ensemble des arcs
 - Arc
 - origine i
 - destination j
 - mode m
 - fonction délai(i,j,t,m)



La viabilité

- Graphe des transitions entre états



Transferts

Voiture

Metro; Parkings

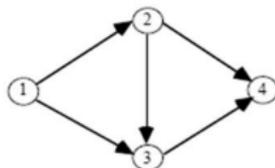
Autres (Marche, vélo, Transferts)

Modèles

- Modèle discret
 - $T = \{t_1, t_2, \dots, t_q\}$: ensemble de dates $t + \text{delay}(i,j)(t) \in T$
- Graphe dynamique : Graphe espace-temps :
- Taille du Réseau Espace-Temps :
 - $|V| = n \cdot q$ et $|E| \leq (m + n) \cdot q$
- Discrete-Time Algorithms
 - (Chabini, Transportation Research Record, 1998)
 - (S. Pallotino M. G. Scutella (1998))
 - Algorithme Chrono-SPT
 - Utilisation des buckets
 - Compléxité :
 - $O(mq)$ dans le cas général
 - $O(m + \min(q, n \log n))$ O-D une date de départ

Probleme de plus court chemin et Dépendant du Temps

Exemple Graphe Espace-Temps



$$d_{12}(t) = [1, 1, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]$$

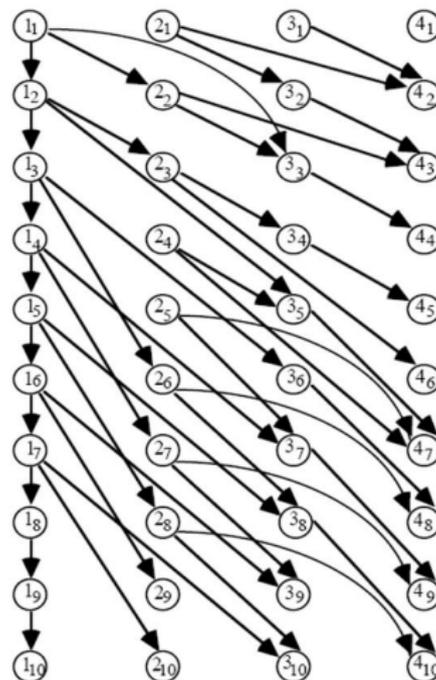
$$d_{13}(t) = [2, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3, 3]$$

$$d_{23}(t) = [1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2]$$

$$d_{24}(t) = [1, 1, 3, 3, 2, 2, 2, 2, 2, 2]$$

$$d_{34}(t) = [1, 1, 1, 1, 1, 2, 2, 2, 2, 2, 2]$$

$$T = \{t_1, t_2, \dots, t_{10}\}$$



Plus courts chemin multimodal

""Shortest viable path algorithm in multimodal networks""

Angelica Lozano, Giovanni Storchi ; 2001

- MULTIMODAL SHORTEST VIABLE PROBLEM PATH (MSVPP)
 - Recherche O-D minimisant le temps de trajet
 - Contraintes :
 - Viabilité
 - Nombre de transferts
 - Algorithme : Chrono SPT
 - Experimentations
 - Graphe : 21 noeuds et 51 arcs
 - Modes : Bus, métro, marche, voiture
 - Complexité : $O(MNKS)$

Problème Plus court Chemin Multimodal et Dépendant du Temps

""Object modeling and path computation for multimodal travel systems""

Bielli. al, 2006

- **K-MULTIMODAL SHORTEST PATH ALGORITHM**

- Recherche O-D minimisant le temps de trajet
- Contraintes :
 - Viabilité
 - Nombre de transferts
- Experimentations
 - Graphe : 1000 noeuds et 3000 arcs
 - Modes : Bus, métro, marche, voiture, autobus
- Complexité : $O(K^2 M^2 N \log r) - O(M^2 N)$.

Deux types d'algorithmes

ALGORITHMES

- Multimodal Time Dependant Path 1
- Multimodal Time Dependant Path 2

CARACÉRISTIQUES

- Algorithme d'extension d'étiquettes (type Dijkstra)
- Etiquette
 - Sommet
 - état
 - Nombre de transferts
 - coût du trajet en fonction du temps

Multimodal Time Dependant Path 1

Algorithm 1 Multimodal Time Dependant 1

Require: $K_{max} \in \mathbb{N}$, Q une file de priorité

- 1: **for** $k = 0$ to K_{max} **do**
 - 2: $Q.add(\text{origine})$
 - 3: $x_{min} \leftarrow Q.top()$
 - 4: **while** $x_{min} \neq \text{destination}$ **do**
 - 5: $Q.pop()$
 - 6: **Etendre** cette étiquette vers ses Succ
 - 7: Ajouter les étiquettes **non dominées** tel que le
 $nbTransferts \leq k$ dans Q
 - 8: **end while**
 - 9: **end for**
-

Principe

- Extension :
 - Vérification de la viabilité (Graphe d'états)
 - Mis à jour de l'étiquette
- Dominance :
 - Vis-à-vis du temps de trajet
 - Vis-à-vis des états (Préférences des états)
- complexité : $K * o(M + (N * S) \log(N * S))$

Multimodal Time Dependant 2

Algorithm 2 Multimodal Time Dependant 2

Require: $K_{max} \in \mathbb{N}$, Q_{now}, Q_{next} des files de priorité

- 1: **while** $Q_{now}.size() \neq \emptyset$ **do**
- 2: $\mathbf{x}_{min} \leftarrow Q_{now}.top()$
- 3: **Etendre** cette étiquette vers ses Succ
- 4: **if** Transfert **then**
 Ajouter les étiquettes **non dominées** tel que
 $nbTransferts \leq K_{max}$ dans Q_{next}
- 5: **else**
 Q_{now}
- 6: **end if**
- 7: **if** $\mathbf{x}_{min} = destination$ || $Q_{now}.size() \neq \emptyset$ **then**
 $Q_{now} = Q_{next}$
- 8: **end if**

Le graphe

Les données : "Zone urbaine toulousaine"

VOLUME

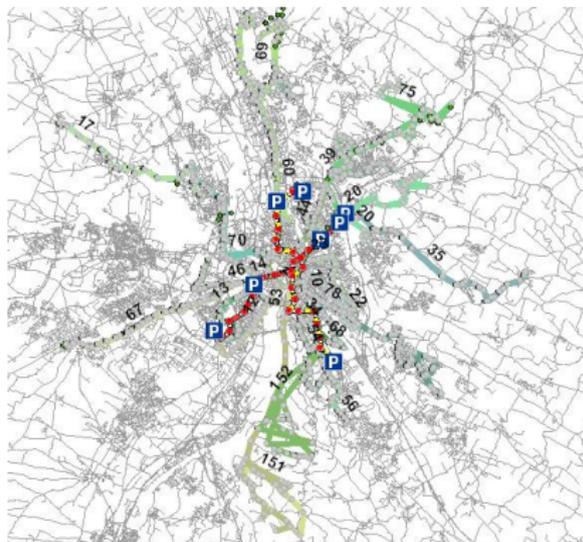
- Noeuds : 10507
- Arcs : 22788

TABLES HORAIRES

- Amplitude : 5h à 23h59
- Tableau de 739 horaires

MODES

- Bus, Métro, Piéton, Voiture



Résultats

SCÉNARIOS DE TEST

- 50 tests aléatoires pour chaque transfert

LES TEMPS DE CALCULS

temps de calcul	Algo MTDP 1			Algo MTDP 2		
	min	moy	max	min	moy	max
0	0,84	2,85	4,55	0,84	2,85	4,55
1	1,55	5,14	7,81	1,55	4,88	7,64
2	6,23	7,38	9,2	5,91	6,44	6,86

(Laptop, CPU=50, RAM= 2Go)

Conclusions et perspectives

- Poursuivre les tests qualitatifs et quantitatifs
- Etude du cas non FIFO
- Évaluation des critères supplémentaires
- Etudes d'heuristiques (A^* par exemple)
- Etudes des tournées multimodales

Bibliographie

- [1] Bielli, M., Boulmakoul, et A., Mouncif, H. Object modeling and path computation for multimodal travel systems. *European Journal of Operational Research* 175 p. 1705-1730.
- [2] Chabini, I. 1997. A new short path algorithm for discrete dynamic networks. *In the proceeding of the 8th IFAC symposium on transport system*, p. 551-556.
- [3] Lozano, A. et Storchi, G., 2001. Shortest viable path Algorithm in multimodal network. *Transportation Research Part A* 35, p. 225-241
- [4] Pallottino, S. et M. G. Scutellà, 1998. Shortest path algorithms in aransportation models: Classical and Innovative Aspects. *Equilibrium and Advanced Transportation Modelling*, Kluwer, p.245-281