

Réseaux de transport

Formalisation et *modus operandi*

Module D2 – Graphes et réseaux

01. Contexte et état de l'art
02. Modes motorisés individuels
03. Modes doux
04. Modes communs
05. Conclusion et perspectives

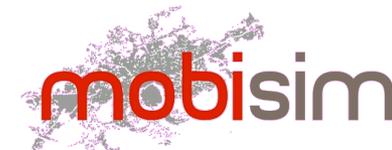
Partie 1

Contexte et état de l'art

- 01. Contexte et état de l'art**
02. Modes motorisés individuels
03. Modes doux
04. Modes communs
05. Conclusion et perspectives

Introduction

La question des données



Modéliser les déplacements individuels nécessite de disposer d'un réseau de tronçons de toutes sortes, figurant les voies de circulation dédiées à ces déplacements

Ces tronçons ne sont pas tous du même type, ne permettent pas tous l'utilisation des mêmes modes de transport, n'accueillent pas le même trafic

Données fournies par la BD Topo de l'IGN

Elles synthétisent l'ensemble des voies répertoriées sur le territoire, qu'elle classent hiérarchiquement dans des catégories qui s'étendent du chemin de terre jusqu'à l'autoroute, et auxquelles elle attribue des informations complémentaires comme la largeur ou le sens de circulation des voies

→ une excellente base !

Mais

la BD Topo n'est pas suffisante pour deux raisons :

- Les déplacements doivent être mis en relation avec des notions complémentaires : congestion, calcul d'itinéraire, vitesse, capacité de charge, stationnement, etc.
- Elle est muette sur les réseaux de transport en commun et les rues piétonnières

Le module D2 permet d'apporter les compléments nécessaires

Introduction

Objectif du Module D2



Objectif

Formaliser le réseau de transport afin qu'il serve de support à la modélisation, c'est-à-dire de fournir un *modus operandi* pour la prise en compte des déplacements

Contrainte

Les données doivent être le moins “transformées” possible par rapport aux standards, afin de conserver une comptabilité avec les autres données de l'IGN, et de pouvoir servir dans d'autres modèles de transport

● Pour le réseau de routes

(routes empruntables par les véhicules individuels motorisés et les modes doux)

Le module construit automatiquement l'ensemble des informations nécessaires à la modélisation des mobilités à partir des données d'entrée de l'IGN et de paramètres relativement basiques, intégrés dans le programme mais modifiables manuellement par l'utilisateur

● Pour le transport en commun et les voies piétonnières

Le module fournit un protocole de numérisation transposable à n'importe quel terrain d'étude, utilisable à partir des données (plans et fiches horaires) obtenues auprès des collectivités territoriales, des autorités organisatrices de transport (AOT) et des exploitants des réseaux

Partie 2

Modes motorisés individuels

01. Contexte et état de l'art
- 02. Modes motorisés individuels**
03. Modes doux
04. Modes communs
05. Conclusion et perspectives

Modes motorisés individuels

Le réseau de la BD Topo



Dix types de routes dans la BD Topo
(champ "nature")

Autoroute	■	■ Retenu pour les modes motorisés
Quasi-autoroute	■	
Bretelle	■	■ Non retenu pour les modes motorisés
Route à 2 chaussées	■	
Route à 1 chaussée	■	
Route empierrée	■	
Chemin	■	
Sentier	■	
Piste cyclable	■	
Escaliers	■	



Quatre informations complémentaires sont recensées :

- **La largeur des voies**
Attribut utile au calcul de la capacité des tronçons
- **L'altitude**
Attribut utile au calcul des pentes (définie par les champs z_{min} et z_{max})
- **Le sens de circulation des voies**
Attribut utile au calcul d'itinéraire
- **L'importance des tronçons**
Attribut utile au calcul des capacités
Il est défini par l'IGN en fonction des caractéristiques physiques des tronçons et de leur position hiérarchique au sein du réseau complet

Modes motorisés individuels

Sinuosité

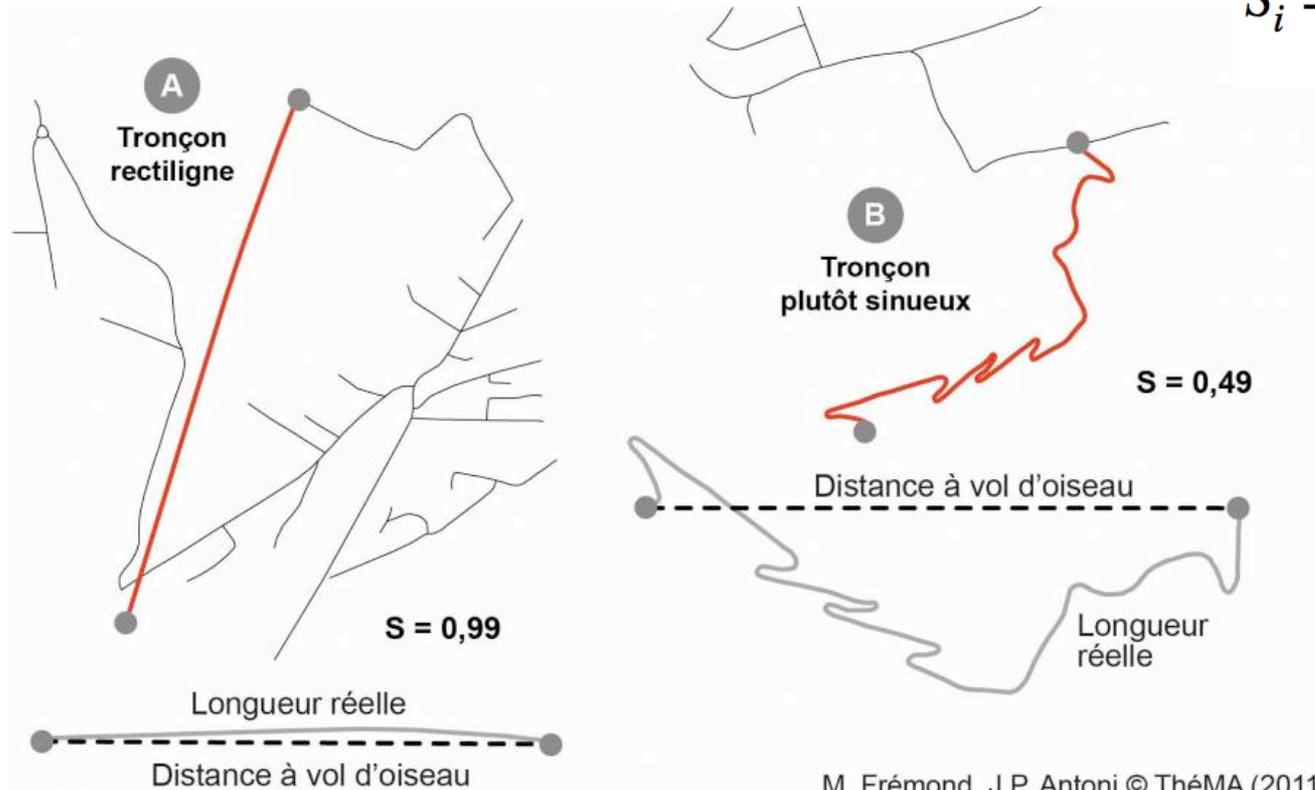


Sinuosité

Suite de courbes irrégulières et dans des sens différents

- influence sur les déplacements par une réduction de la vitesse afin d'anticiper et de prendre les virages
- moyen de paramétrer les vitesses de circulation sur les tronçons
- le choix d'un itinéraire, les temps d'accessibilité, la congestion, etc. dépendent de la vitesse

$$S_i = \frac{D_{vol,i}}{L_{reel,i}}$$



Modes motorisés individuels

Pente



La problématique de la pente est globalement la même que celle de la sinuosité : elle implique une réduction de la vitesse de circulation, qui influence la répartition du trafic et l'accessibilité des lieux



Toutefois, son impact est nettement moins important :

- les pentes sont moins fréquentes que les virages, notamment en milieu urbain (un rond-point constitue par exemple un aménagement très courbe, mais généralement construit sur un terrain aplani)
- il existe une forte corrélation entre la présence de virages et la présence de pentes, les premiers servant à atténuer les effets des secondes

Mais

il n'en est pas nécessairement de même pour **les consommations énergétiques** et les **pollutions atmosphériques** associées

La pente est calculée dans
MobiSim et prise en compte dans
le calcul des vitesses

$$Pente_{\%} = \frac{z_{max} - z_{min}}{longueur_{geometrique}} \times 100$$

Modes motorisés individuels

Capacité

Capacité

Nombre de véhicules qui peuvent circuler sur une route ; débit maximal de véhicules supportable par un tronçon



La capacité d'une route est dépendante :

- des caractéristiques géométriques des tronçons (nombre et largeur des voies)
- du type de véhicules qui y circulent
- de la vitesse de circulation des véhicules
- de l'importance du tronçon (niveau de desserte)

Classe	Importance	Nature du tronçon	Capacité
1	1	Autoroute	14400
1	2	Quasi-autoroute	11125
1	2	Bretelle	2100
1	2	Route à 2 chaussées	4000
1	2	Route à 1 Chaussée	2700
1	3	Bretelle	2100
1	3	Route à 2 chaussées	4000
1	3	Route à 1 Chaussée	2700
2	4	Bretelle	1575
2	4	Route à 2 chaussées	3000
2	4	Route à 1 Chaussée	2025
3	5	Bretelle	1050
3	5	Route à 2 chaussées	2000
3	5	Route à 1 Chaussée	1350

La détermination des capacités se fonde essentiellement sur le champ « Importance » de la BD Topo

Importance	Caractéristiques
1	Liaisons entre métropoles (Le réseau est composé en général d'autoroutes et quasi-autoroutes, parfois de nationales.)
2	Liaisons entre départements (Les liaisons d'importance 2 ont fonction d'assurer les liaisons à fort trafic à caractère prioritaire entre agglomérations importantes, d'assurer les liaisons des agglomérations importantes au réseau d'importance 1, d'offrir une alternative à une autoroute si celle-ci est payante, de proposer des itinéraires de contournement des agglomérations, d'assurer la continuité, en agglomération, des liaisons interurbaines à fort trafic quand il n'y a pas de contournement possible.)
3	Liaisons ville à ville à l'intérieur d'un département. (Ce niveau est majoritairement représenté par des routes départementales, toutefois certaines départementales peuvent avoir une importance 4 ou 5.)
4	Voies permettant de se déplacer rapidement à l'intérieur d'une commune et, dans les zones rurales, de relier le bourg aux hameaux proches.
5	Voies permettant de desservir l'intérieur d'une commune. (Valeur prise par exclusion des autres valeurs de l'attribut.)

Modes motorisés individuels

Vitesses réglementaires et réelles (1/2)

Vitesse de circulation

Elément déterminant pour le calcul des temps d'accès et de l'accessibilité, susceptible d'influencer le choix d'un mode de déplacement ou d'un autre



● Vitesse réglementaire

- 130 km/h sur l'autoroute
- 110 km/h sur les quasi-autoroutes
- 90 km/h sur les nationales et départementales
- 50 km/h dans les villes et les villages

● Vitesse en trafic pulsé

- 25 km/h sur les tronçons situés à moins de 100 mètres des zones d'habitation (*buffer* définissant la tache urbaine)

Type de voie	V_r non pulsé	V_r pulsé
Autoroute A_1	130	-
Quasi-autoroute A_2	110	-
Bretelle A_3	50	-
Route à 2 chaussées A_4	90	25
Route à 1 chaussée A_5	90	25

La vitesse est en grande partie déterminée par la réglementation, mais la vitesse réglementaire n'est que rarement la vitesse réellement pratiquée sur le réseau

→ calcul de la vitesse « réelle »

$$V_c = V_r \times e^{\frac{-\alpha(1-\sinus) - (\beta \frac{Pente}{100})}{(\alpha + \beta)}}$$

Modes motorisés individuels

Vitesses réglementaires et réelles (2/2)



Paramètres pour la calcul de la vitesse réelle

Nature du tronçon	V_r	α	β
Autoroutes	130	1	1
Quasi-autoroutes	110	1	1
Bretelles	50	0	0
Routes à deux chaussées	90	5	1
Routes à une chaussée	90	5	1
Trafic pulsé	50/25	0	0

Vitesse constatée des agents dans MobiSim

Nature du tronçon	V_r	V_{cmin}	V_{cmax}	V_{cmoy}	V_{csd}
Autoroutes	130	123,0	130	129,2	0,9
Quasi-autoroutes	110	65,9	109,9	101,0	11,8
Bretelles	50	25	25	25	25
Routes à deux chaussées	90	27,3	89,9	87,2	3,3
Routes à une chaussée	90	27,1	90	78,4	10,4
Autres routes	70	67,7	70	69,2	0,6

Modes motorisés individuels

Stationnement



L'usage de l'automobile nécessite de stationner son véhicule. La rareté des places de stationnement peut entraîner une modification dans le comportement des usagers : changement d'itinéraire, de mode de transport, des vitesses liées à la recherche d'une place, boucle autour du lieu de destination, etc.

L'offre en stationnement peut être approchée à travers trois types d'information :

- l'offre privée incluse dans les bâtiments (cf. le Module D1)
- l'offre des grands parkings publics (à acquérir)
- l'offre des stationnements publics de rue (à localiser)

Localisation du stationnement de rue

Nous distinguons dans chaque agglomération une **zone dite de "stationnement réglementé"**. Cette zone est découpée en cellules auxquelles est associé un nombre de places selon quatre hypothèses :

- proche d'un axe important ("Importance" 3 ou 4)
- le moins densément bâti
- le long d'une route à 1 ou 2 chaussées
- pas en secteur piétonnier

→ **Un modèle de localisation**
(scoring)



Modes motorisés individuels

Stationnement

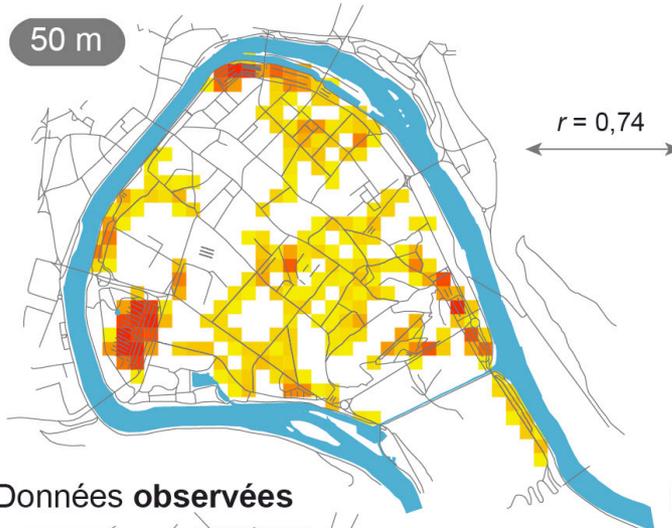
Modélisation des places de stationnement

Centre-ville de Besançon

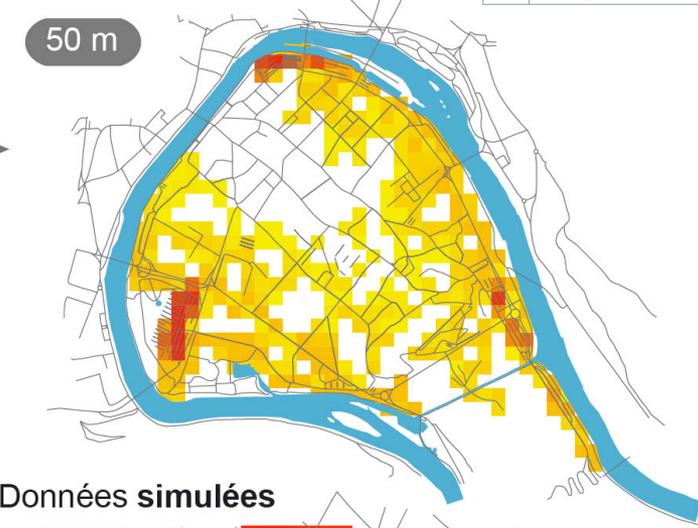


Note	Distance aux grands axes	Pourcentage de bâti
5	00-50m	00-05%
4	50-100m	05-10%
3	100-200m	10-20%
2	200-300m	20-40%
1	300 et plus	40% et plus

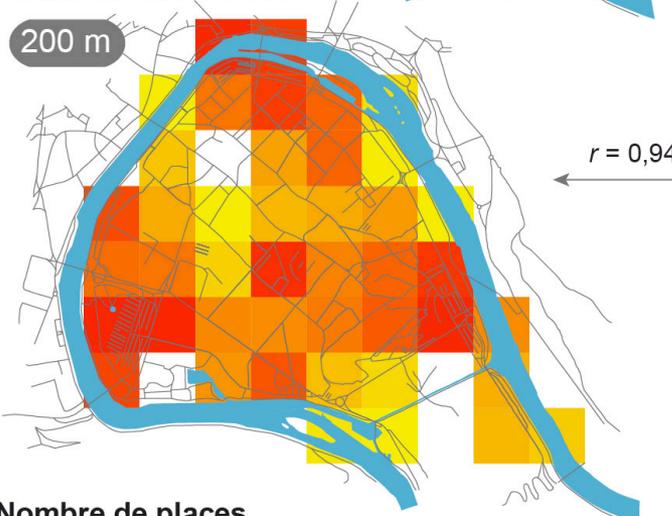
Données observées



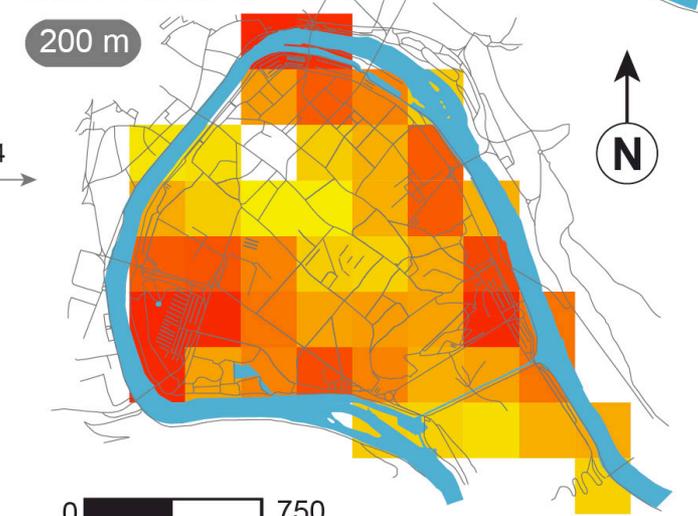
Données simulées



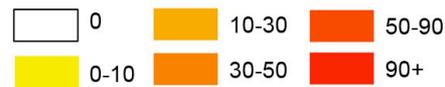
Données observées



Données simulées



Nombre de places
de stationnement par cellule



Sources

Ville de Besançon, BD Topo (IGN)

M. Bourgeois, J.P. Antoni © ThéMA (2011)

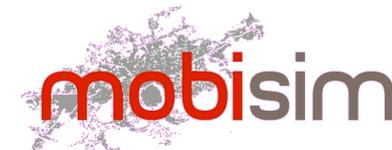
Partie 3

Modes doux

01. Contexte et état de l'art
02. Modes motorisés individuels
- 03. Modes doux**
04. Modes communs
05. Conclusion et perspectives

Modes doux

Marche à pied



Les piétons n'empruntent pas les mêmes tronçons de routes que les voitures, même si une partie est commune. Par rapport au réseau des modes motorisés, il convient donc :



- d'ajouter les routes empierrées, les chemins, les sentiers et les escaliers
- d'exclure les autoroutes, les quasi-autoroutes et les bretelles
- de considérer les rues piétonnes comme utilisables dans les deux sens

Autoroute	■	
Quasi-autoroute	■	
Bretelle	■	
Route à 2 chaussées	■	
Route à 1 chaussée	■	
Route empierrée	■	
Chemin	■	
Sentier	■	
Piste cyclable	■	■ Retenu pour la marche à pied
Escaliers	■	■ Non retenu pour la marche à pied

La vitesse des piétons sur ces tronçons est constante et fixée à 5km/h, ce qui correspond à une moyenne classique pour ce type de mode de déplacement

Modes doux

Autres modes doux



Les cyclistes et les usagers des modes n'empruntent pas non plus les mêmes tronçons de routes que les voitures et les piétons, même si une partie est commune. Par rapport au réseau des piétons, il convient donc :



- d'ajouter les pistes cyclables
- d'exclure les escaliers

Autoroute	■	
Quasi-autoroute	■	
Bretelle	■	
Route à 2 chaussées	■	
Route à 1 chaussée	■	
Route empierrée	■	
Chemin	■	
Sentier	■	
Piste cyclable	■	■ Retenu pour les modes doux
Escaliers	■	■ Non retenu pour les modes doux

La vitesse des modes doux sur ces tronçons est constante et fixée à 15km/h, ce qui correspond à une moyenne classique pour ce type de mode de déplacement

Partie 4

Modes communs

01. Contexte et état de l'art
02. Modes motorisés individuels
03. Modes doux
- 04. Modes communs**
05. Conclusion et perspectives

Modes communs

Généralités



Transports en commun

Ensemble des modes de déplacement régulés par des lignes et des arrêts fixes, selon des horaires définis



Trois types de réseaux répondent généralement à ces critères au sein des agglomérations françaises :

- le réseau de bus
- le réseau de tram, ou plus généralement de TCSP (Trolley, BHNS)
- le réseau ferré (Grandes lignes, TGV, TER)

Pour ces trois modes de transport, aucune information n'est actuellement disponible de manière standardisée dans une base de donnée uniformisée. De surcroît :

- la structure du réseau de transport n'est pas toujours inscrite au sol
- les lignes et les horaires de bus sont mobiles dans l'espace et le temps

**Nécessité de numériser ces réseaux
selon un protocole qui s'organise en trois temps :**

- la numérisation des arrêts
- la numérisation des fiches horaires correspondant
- la génération du graphe associé à l'ensemble

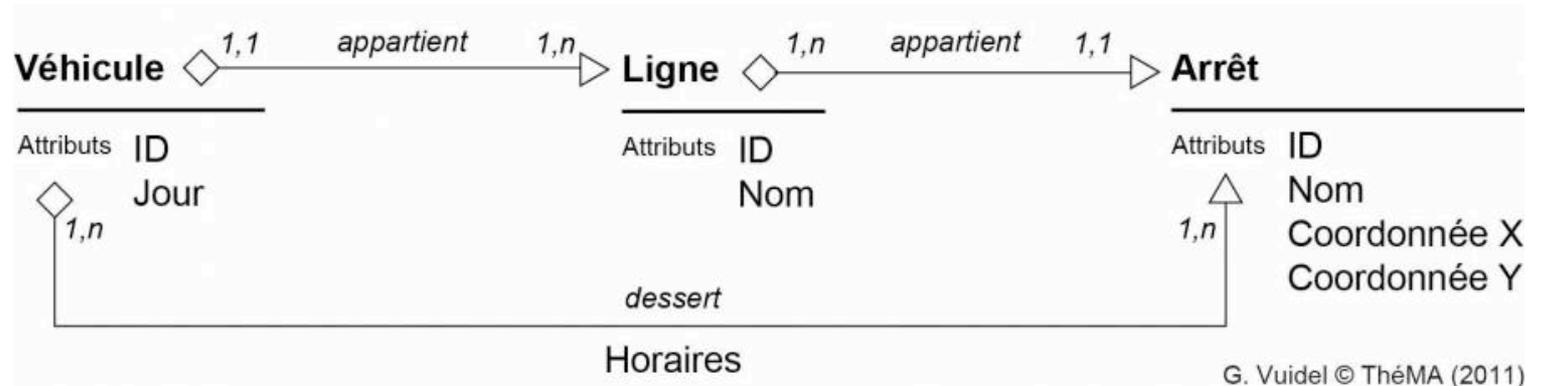
**→ Modèle
conceptuel de données**

Modes communs

Modèle conceptuel de données et arrêts



Model conceptuel de données



Numérisation des arrêts

→ Production d'un shapefile ponctuel
(chaque arrêt est représenté par un point)

Numérisation des horaires

→ Numérisation des fiches horaires du
réseau en les intégrant dans un tableau
dans lequel sont également saisis :

- les jours de circulation
- les identifiants des arrêts
précédemment numérisés

→ Construction des liens
arrêt/horaires par le module D2

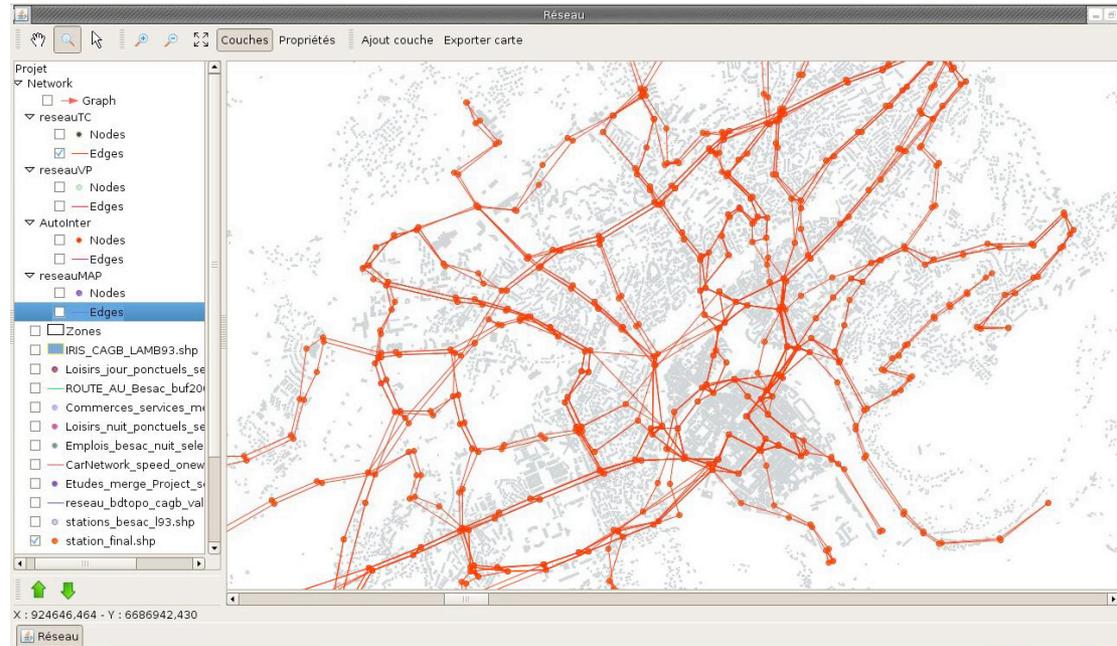
*Le "?" permet d'interpoler automatiquement les
horaires quand ces derniers ne sont pas connus.*

*Le "-" permet de spécifier si un arrêt n'est pas
desservi par le véhicule*

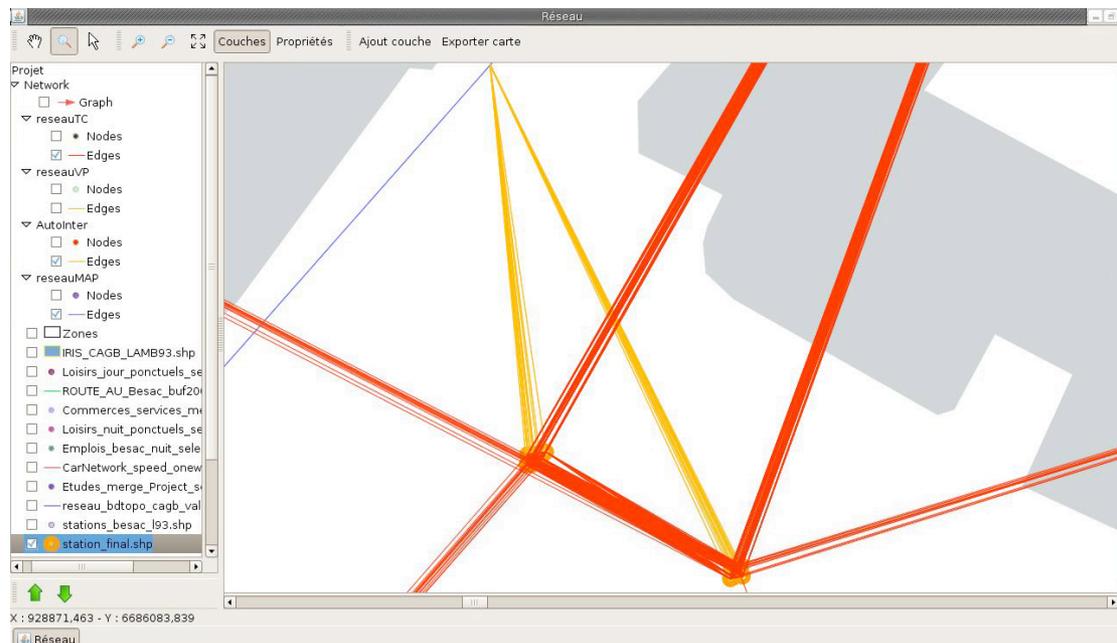
Id arrêt	Nom arrêt	Immjvsd	l-m-v-
1	Porte de l'hopital	08:00	09:00
2	Homme de Fer	08:05	?
3	Gare centrale	-	09:10

Modes communs

Exemples de graphes



Le réseau TC tel qu'il apparaît dans MobiSim (lignes et arrêts)



Zoom sur les connexions d'un arrêt du centre-ville



Intersection des réseaux MAP et TC : les liens intermodaux

Partie 5

Conclusion et perspectives

01. Contexte et état de l'art
02. Modes motorisés individuels
03. Modes doux
04. Modes communs
- 05. Conclusion et perspectives**

Conclusion

Intermodalité et connexion des réseaux



Intermodalité

Fait d'effectuer un déplacement en utilisant plusieurs modes de transport de manière combinée, qui repose généralement sur l'idée d'optimisation à l'échelle des individus



- Chaque mode peut être utilisé en fonction de ses avantages propres (vitesse, confort, souplesse, etc.) pour chaque partie d'un même trajet.
- La difficulté réside dans la gestion des changements de mode : éviter les ruptures de charges pénibles par l'aménagement de plateformes multimodales (Parking-relais par exemple).

Dans MobiSim :

- **Pour les liens entre marche à pied et transport en commun**, chaque arrêt est rattaché au tronçon du réseau de rue le plus proche. Cette mise en relation est complètement automatisée à partir des informations contenues pour le réseau emprunté par les piétons (tronçons) et les transports en commun (arrêts).
- **Pour les liens entre voiture et transport en commun**, les connexions se font par l'intermédiaire des parkings-relais uniquement. La procédure de rattachement des tronçons de routes avec les arrêts de transport en commun est également automatisée, mais nécessite la numérisation préalable des parking-relais.

L'intermodalité est finalement un mode de transport comme un autre.