
Evaluer les politiques de transport en associant accessibilité gravitaire et SIG

Aurélie Mercier

** Université Lyon 2
Laboratoire d'Economie des Transports
14, Avenue Berthelot, F-69363 Lyon Cedex 07
IUT Lumière
160 Boulevard de l'Université, 69676 Bron Cedex
aurelie.mercier@let.ish-lyon.cnrs.fr*

**Sections CNU de rattachement : 05 & 24
Secteur : Tertiaire**

RÉSUMÉ. Le présent article s'attache à démontrer l'intérêt des mesures d'accessibilité gravitaires couplées aux SIG pour l'évaluation économique des politiques de transport. Pour ce faire, l'article présente une série de mesures d'accessibilité gravitaires réalisées sur Strasbourg. Ces mesures visent, tout d'abord, à simuler et analyser la variation d'accessibilité pour les usagers des transports en commun et des automobilistes suite à la mise en service de quatre lignes de tramway. Le second objectif du papier consiste à utiliser ces mesures pour mettre en place des scénarios prospectifs. Au travers des deux leviers d'action que sont la baisse du temps de déplacement en transports en commun et l'accroissement du coût d'utilisation de l'automobile, nous chercherons donc à savoir comment améliorer le différentiel d'accessibilité en faveur des usagers des transports en commun.

Mots-clés : accessibilité gravitaire, évaluation économique, politiques de transport, politiques urbaines, SIG, illustration cartographique, Strasbourg.

1. Introduction

L'évaluation des politiques urbaines et des infrastructures de transport repose sur le concept de variation de surplus et intègre de ce fait l'accessibilité spatiale aux aménités urbaines. L'accessibilité est un concept largement utilisé, et ce dans de nombreuses disciplines, sans pour autant être défini précisément. Une définition de l'accessibilité, dans son acception générale, est donnée par Morris et al.. « L'accessibilité peut être définie comme une mesure de la séparation spatiale des activités humaines. Elle traduit

la facilité avec laquelle les activités peuvent être atteintes étant donné un lieu d'origine et un système de transport ».

Chaque discipline, voire chaque courant, entend l'accessibilité différemment selon qu'elle se concentre sur l'accessibilité d'un lieu ou l'accessibilité d'un individu, l'accessibilité relative (à une zone) ou l'accessibilité intégrale (à l'ensemble des zones d'un territoire), ou encore qu'elle envisage l'accessibilité comme un outil d'évaluation de la satisfaction des individus ou de la qualité d'un système de transport. Nous développons dans notre étude une approche gravitaire de l'accessibilité.

L'accessibilité gravitaire peut se définir comme « la mesure physique de la facilité de mouvement » et la facilité d'accéder à un lieu précis. Hansen, en 1959, fut l'un des premiers à mobiliser le concept d'accessibilité qu'il envisage comme « une variable de centralité ou de proximité à d'autres fonctions ou localisations et, plus généralement, comme une mesure de la distribution spatiale des activités autour d'un point, ajustée par la capacité et le désir des individus ou des firmes de franchir les barrières spatiales ». A partir des années 70, les travaux sur l'accessibilité s'orientent davantage sur les interactions entre accessibilité et surplus du consommateur pour analyser les comportements en termes de transport et de localisation des individus. Koenig s'inscrit dans cette logique lorsqu'il développe en 1974 la théorie économique de l'accessibilité urbaine, sur les fondements de l'accessibilité gravitaire, afin d'évaluer l'utilité procurée aux usagers par une nouvelle infrastructure de transport et par l'élargissement de l'univers de choix des destinations qui en résulte. Koenig part du constat de l'insuffisance du coût de déplacement (et donc du temps de déplacement) pour rendre compte du service rendu aux usagers par un système de transport urbain. Il souligne en effet qu'il existe des situations où, malgré l'accroissement du temps de transport, le service rendu aux usagers augmente et ce, grâce à la plus grande variété de destinations offertes. « La satisfaction que les citoyens retirent de leurs déplacements urbains dépend à la fois de la qualité de l'offre de transport et de l'intérêt des destinations possibles ». Un déplacement comporte ainsi deux facteurs antagonistes (un facteur résistant et un facteur motivant) qui peuvent se compenser : si le déplacement en lui-même est coûteux pour l'utilisateur (en termes d'argent mais également de temps et d'effort), atteindre sa destination est en revanche une source de satisfaction.

Bien que les mesures gravitaires de l'accessibilité aient fait l'objet de nombreuses critiques (Miller, 1999, Dong et al., 2006), des travaux font état de leur pertinence pour les réhabiliter (Raux et al., 2007). Cette réhabilitation s'appuie tout d'abord sur la cohérence entre les modèles de comportement, les mesures d'accessibilité gravitaire et le calcul de surplus. Un autre argument consiste à envisager la mise en œuvre de mesures gravitaires d'accessibilité grâce à l'utilisation d'un Système d'Information Géographique. Ceci présente un double intérêt tant dans la simulation que dans la représentation de l'accessibilité. En termes de simulation, le SIG, grâce à différentes couches représentant les différents réseaux de transports, permet de calculer précisément le temps de transport selon les modes et le niveau de congestion sur chacun

des deux réseaux. En termes de représentation, le SIG traduit les résultats sous forme cartographique et met ainsi clairement en évidence les zones accessibles.

L'objectif de notre papier est ainsi de mettre en œuvre des mesures d'accessibilité gravitaires couplées à un SIG afin d'évaluer *ex post* une politique de transport et d'illustrer ses impacts pour les usagers des transports en commun et pour les automobilistes. Après une brève présentation de l'étude en section 2, nous développerons la méthode utilisée en section 3 ainsi que la construction du SIG. La section 4 sera consacrée à l'application au cas strasbourgeois et à l'analyse des résultats.

2. Présentation de l'étude

Dans notre étude, nous développons des calculs d'accessibilité gravitaire sur les deux communes contiguës de Strasbourg et Illkirch-Graffestaden. Le choix de cette aire d'étude se justifie par le fait qu'une politique de transport favorable aux transports en commun ait été mise en place sur ces deux communes. Ainsi le réseau de transports en commun a été réorganisé avec en point d'orgue la mise en service de quatre lignes de tramway entre 1994 et 2005.

A travers l'exemple Strasbourgeois, le premier objectif de notre étude consiste à simuler et analyser la variation d'accessibilité gravitaire, en heure de pointe, pour les usagers des transports en commun et pour les automobilistes suite à la mise en place des quatre lignes de tramway. Par le biais de l'indicateur d'accessibilité, nous évaluerons ainsi *ex-post* l'impact de la politique des transports sur le niveau d'accessibilité des actifs empruntant (réellement ou potentiellement) la voiture ou les transports en commun pour se rendre sur leur lieu de travail. Un autre objectif vise à utiliser l'outil mis en place pour envisager des scénarios prospectifs. Nous chercherons ainsi à savoir comment améliorer le différentiel d'accessibilité en faveur des usagers des transports en commun.

Pour répondre à ces différents objectifs, trois étapes d'analyse seront mises en place :

- Une première étape vise à évaluer l'impact de la mise en service des quatre lignes de tramway en termes d'accessibilité. Nous envisagerons ainsi les niveaux d'accessibilité pour les usagers des transports en commun avant et après l'arrivée du tramway.
- Les étapes 2 et 3 illustrent la concurrence modale entre voiture particulière et transports en commun. La deuxième étape envisage tout d'abord le différentiel d'accessibilité entre ces deux modes, avant et après la mise en service du tramway, pour pouvoir dans une troisième étape mettre en œuvre des simulations. Cette troisième étape est consacrée à un scénario prospectif. Nous simulerons le montant de la taxe à appliquer aux automobilistes pour que

l'accessibilité globale des usagers des transports en commun se rapproche au maximum de celle des automobilistes.

3. L'apport du SIG pour mesurer l'accessibilité gravitaire aux emplois

Nous avons choisi de nous intéresser dans cette étude à l'accessibilité aux emplois. Outre leur caractère répétitif, les déplacements pour le motif travail présentent la particularité d'avoir une origine et une destination quasi invariantes (pour un individu donné) et de déterminer fortement le choix du lieu de domicile. L'accessibilité aux emplois est calculée à partir de la formule gravitaire suivante, à l'heure de pointe du matin:

$$A_i = \sum_j D_j \exp(-\beta c_{ij})$$

avec i la zone origine et j la zone de destination, A_i le niveau d'accessibilité depuis la zone i , D_j les opportunités à destination (ici les emplois) et c_{ij} le coût généralisé du transport entre les zones origine et destination. Le calcul de l'accessibilité gravitaire nécessite une démarche en deux temps : déterminer le coût généralisé des déplacements pour chacun des modes ainsi que le nombre d'opportunités à destination. Si ce dernier élément peut être directement obtenu, il est en revanche nécessaire de procéder à une série de calculs pour déterminer le coût généralisé.

Le coût généralisé s'écrit : $C = p + vt$ où p est le coût monétaire du déplacement, t sa durée et v la valeur du temps de l'individu. La composante temporelle s'obtient en pondérant le temps de déplacement par une valeur du temps prédéfinie tandis que la composante monétaire est déterminée en pondérant la distance effectuée par le coût de revient d'un kilomètre (pour les déplacements automobiles) et en prenant en compte le coût moyen d'un déplacement pour l'utilisateur (pour les déplacements en transports en commun). Les distances et les temps de déplacement sont ainsi calculés à partir du SIG.

3.1. Structuration du Système d'Information Géographique (SIG)

Le SIG comporte cinq couches dont trois dédiées aux réseaux de transport.

Le réseau routier a été créé à partir d'un plan papier numérisé représentant l'ensemble des axes de circulation de l'aire d'étude. Chaque tronçon est caractérisé par sa vitesse à vide, sa vitesse « en charge », sa capacité à vide, son volume de trafic et son sens de circulation.

Contrairement au réseau routier qui a peu évolué entre 1993 et 2005, le réseau de transport en commun a connu de nombreux changements. De ce fait le SIG représente sur deux couches séparées le réseau TC dans sa configuration de 1993 et dans sa

configuration de 2005, à partir des plans papier correspondants produits par la Compagnie des Transports Strasbourgeois (CTS). Chacun des tronçons des deux réseaux présente les attributs suivants : le numéro de ligne (29 lignes de bus en 1993, 33 lignes de bus et 4 lignes de tramway en 2005), la fréquence (en minute), la vitesse, calculée à partir des fiches horaires de chaque ligne

Parallèlement à ces trois réseaux, le SIG comporte une couche découpant le territoire d'étude en « micro-zones » de 250 m x 250 m ainsi qu'une couche faisant apparaître le nombre d'emplois pour chacune de ces « micro-zones ».

3.2. Détermination du coût généralisé

3.2.1. Calcul de la composante monétaire et de la composante temporelle

Le coût monétaire d'un déplacement automobile est établi en additionnant le coût moyen de l'utilisation d'une automobile (0.36 € pour 2005 et 0.3 € en 1994) et le coût moyen du stationnement dans le centre-ville. Pour les transports en commun, nous fixons le prix moyen du déplacement à 0.99 € en 1994 et à 1.07 € en 2005. Nous distinguons la composante temporelle pour les automobilistes et les usagers des transports en commun.

- La composante temporelle pour les automobilistes

Les temps d'accès au réseau routier se résument à un temps de marche à pied et nous considérons une vitesse d'accès au réseau de 3.5 km/h. Le temps de transport en voiture entre deux points est établi à partir de l'affectation d'une vitesse à chaque tronçon routier, en simulant le niveau de congestion. Les temps de trajets terminaux correspondent au temps de recherche d'une place de stationnement. Nous considérons que seul le stationnement dans le centre-ville nécessite un temps de recherche, évalué à 8 minutes.

- La composante temporelle pour les usagers des transports en commun

De la même façon, le temps d'accès au réseau de transports en commun depuis un point quelconque de l'aire d'étude est calculé pour une distance à vol d'oiseau, entre ce point et la station du réseau la plus proche, parcourue à 3.5 km/h. Le même raisonnement est appliqué pour les temps de trajet terminaux. Le temps de déplacement est calculé à partir de la vitesse et de la fréquence (permettant de tenir compte des temps d'attente aux correspondances) des différentes lignes de bus, et/ou de tramway. Les éléments de confort sont pris en compte. Ainsi, les temps de rabattement et d'accès aux destinations à pied ainsi que les temps d'attente (au départ ou en correspondance) sont doublés.

Quel que soit le mode envisagé, le coût temporel est exprimé en unité monétaire en pondérant le temps de transport par une valeur du temps de 12 €/h en 2005 et de 10.2 €/h en 1994 (valeur en euro 2005).

3.3. Calcul de l'accessibilité

Outre les couches dédiées aux réseaux de transport, le SIG intègre une couche dédiée à la localisation des emplois par « micro-zone ». Ce nombre d'emplois par zones a été calculé proportionnellement au nombre d'emplois à l'échelle Iris 2000. Il est pondéré par une fonction de résistance. La valeur du paramètre β pour le motif domicile-travail est estimée à 0.22.

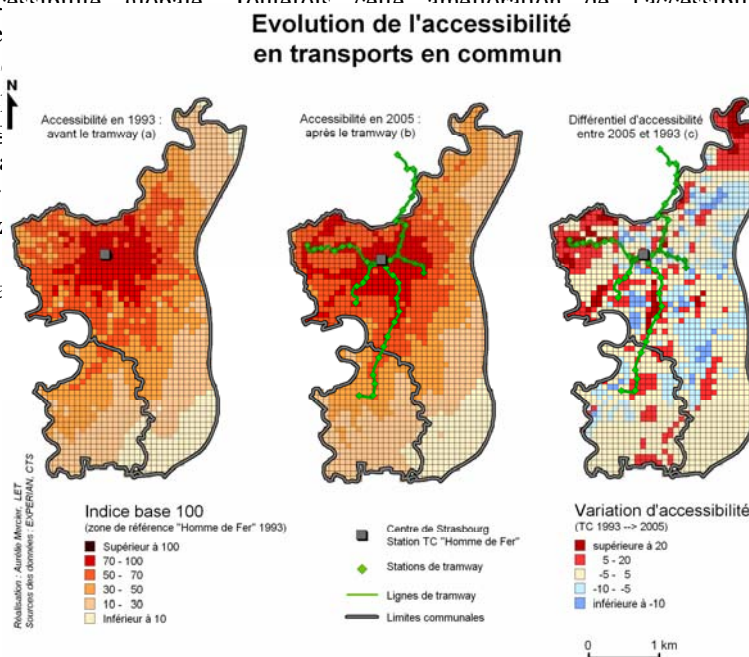
4. Résultats

Cette quatrième section présente les résultats cartographiques des trois étapes d'analyse présentés dans la section 3. Chaque étape correspond ainsi à une question relative à l'évaluation ex-post de la politique de transport. L'indice d'accessibilité calculé pour chaque zone correspond à l'accessibilité depuis cette zone à l'ensemble des emplois des autres zones de l'aire d'étude, soit en voiture particulière (VP) soit en transports en commun (TC).

4.1. Quel est l'impact de la politique de transport sur l'accessibilité aux emplois en transport en commun?

La Carte 1 illustre l'impact de la mise en place de quatre lignes de tramway sur le niveau d'accessibilité en transports en commun. Les figures (a) et (b), représentant respectivement l'accessibilité en 1993 et en 2005, soulignent une hausse de l'accessibilité globale. Toutefois, cette amélioration de l'accessibilité s'applique

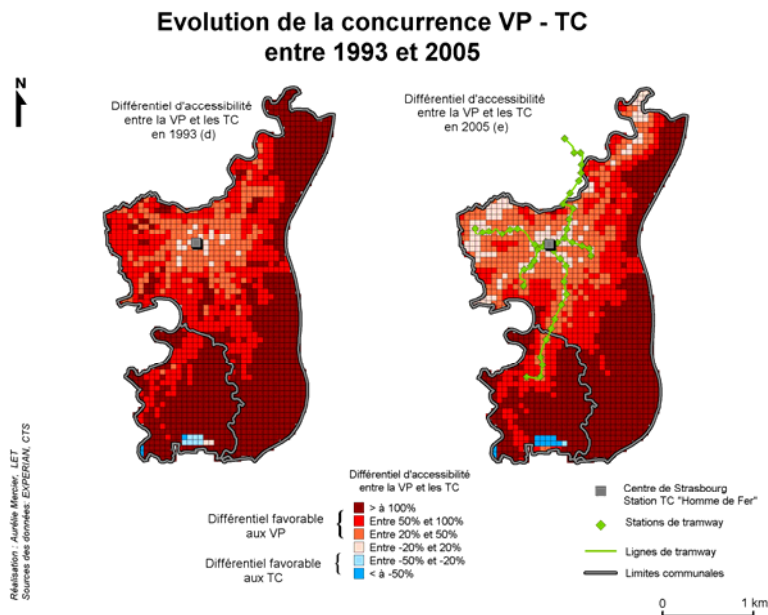
essentielle sur le niveau d'accessibilité des zones périphériques. On peut constater que les zones centrales ont vu leur accessibilité renforcée. L'objectif principal de la politique de transport est de renforcer l'accessibilité aux emplois en transport en commun, en particulier dans les zones centrales.



Carte 1: Evolution de l'accessibilité en transports en commun entre 1993 et 2005

4.2. Les transports en commun sont-ils en mesure de concurrencer l'automobile?

L'enjeu de cette seconde étape consiste à évaluer l'effet du tramway sur la compétitivité des transports en commun vis-à-vis de l'automobile (Carte 3). La situation antérieure à la mise en service du tramway laisse apparaître une accessibilité favorable aux automobilistes pour plus de 90% de la population (figure (d)). Toutefois la figure (e) illustre une évolution de la situation. La réorganisation du réseau de transports en commun ne se traduit pas directement par un différentiel d'accessibilité favorable aux transports en commun mais elle a permis en revanche d'améliorer la compétitivité de ces derniers sur une partie du territoire. Si les zones du centre-ville sont logiquement concernées, les territoires localisés sur la commune de Strasbourg et à proximité des itinéraires des lignes de tramway présentent en 2005 un niveau d'accessibilité comparable pour les deux modes. Certains quartiers, pas nécessairement localisés à proximité du tramway, bénéficient pourtant de sa mise en service grâce à la présence de

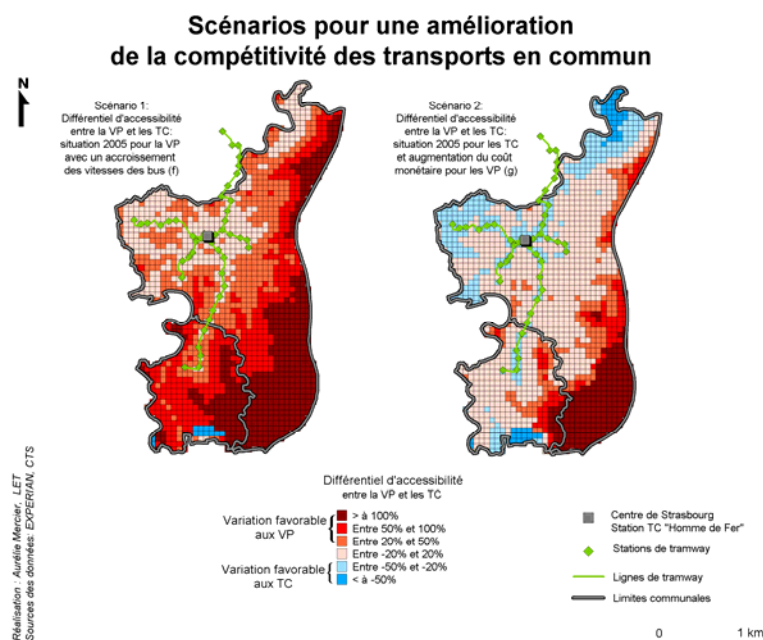


lignes de bus de rabattement très performantes.

Carte 2 : Evolution de la concurrence entre automobile (VP) et transports en commun (TC)

4.3. *Quel(s) scénario(s) pour améliorer la compétitivité des transports en commun?*

Si la mise en service du tramway se traduit par une amélioration de la compétitivité des transports en commun, il n'en reste pas moins que l'automobile demeure le mode le plus compétitif pour la majeure partie de la population. Comment inverser cette tendance ou du moins concurrencer la voiture particulière? Une première solution consisterait à améliorer la vitesse des bus en mettant l'intégralité des lignes de bus en site propre, ce qui se traduirait par un gain de 13% en termes de temps de déplacement pour les usagers des transports en commun. Une hausse de l'accessibilité globale en transports en commun est alors observée. En outre, le différentiel d'accessibilité entre la voiture particulière et les transports en commun tend à se réduire en faveur des transports en commun (comparaison entre la figure (e), carte 3 et la figure (f), carte 4). Toutefois, accroître la vitesse des bus présente un coût élevé pour la collectivité. Dès lors, comment obtenir le même niveau d'accessibilité globale qu'avec un accroissement des vitesses des bus mais sans engendrer un tel coût pour la collectivité? Au lieu de favoriser les usagers des transports en commun en améliorant leur temps de parcours, l'idée serait de "pénaliser" les automobilistes en augmentant le coût monétaire de leur déplacement. Il faudrait ainsi multiplier le coût monétaire d'un déplacement par 2.5 pour obtenir une accessibilité en voiture particulière, sur l'ensemble de l'aire d'étude, comparable à celle obtenue en améliorant la vitesse des bus. La figure (g) présente le différentiel d'accessibilité entre les deux modes lorsque le coût monétaire est doublé pour les automobilistes. Certaines zones localisées à l'Ouest, au Centre, au Nord et au Sud de l'aire d'étude, présentent un différentiel d'accessibilité favorable aux transports en commun. Ces zones présentent la particularité d'être parmi les plus peuplées de l'aire d'étude et d'être très bien desservies par les transports en commun (tramway au Centre et à l'Ouest et lignes de bus de rabattement au nord et au sud). L'accessibilité reste meilleure en voiture pour les résidents de la partie Est de Strasbourg mais cette zone présentant une faible densité de population (cf. **Carte 3**).



Carte 3 : Scénarios pour une amélioration de la compétitivité des transports en commun (TC)

5. Conclusion

L'objectif de ce papier était de rappeler et d'illustrer la pertinence des mesures d'accessibilité gravitaire dans le cadre de l'évaluation des politiques de transport et/ou d'aménagement du territoire. L'indicateur d'accessibilité gravitaire est pertinent à double titre. Au-delà de sa cohérence avec la théorie économique, il peut être, lorsqu'il est associé à un SIG, facilement lisible et interprété par l'ensemble des acteurs impliqués dans la décision publique.

Les sections 2 et 3 ont présenté le contexte de l'étude et les outils utilisés. L'association de l'accessibilité gravitaire et d'un SIG permet de calculer et de représenter à une échelle très fine le niveau d'opportunités, pondéré par les coûts de transport, auquel un individu peut accéder.

Nous avons choisi d'utiliser cet outil pour évaluer ex-post les effets d'une politique favorisant les transports en commun sur le niveau d'accessibilité aux emplois et alimenter ainsi le débat sur la compétitivité entre automobile et transports en commun (section 4). L'illustration cartographique des impacts de la politique révèle plusieurs

conclusions. La mise en service des quatre lignes de tramway s'est traduite par un gain généralement positif en termes d'accessibilité pour les usagers des transports en commun. Les principaux « gagnants » sont les résidents des zones desservies ou situées non loin du tramway. Plus surprenant, ces gagnants sont également localisés dans des zones plus éloignées du tramway mais qui y sont reliées par des lignes de bus performantes. Pour les actifs résidant en dehors de ces zones bénéficiaires, la voiture reste le mode offrant la plus grande accessibilité, tout en sachant que la perception du confort qu'ont les usagers dans les transports en commun est prise en compte dans cette étude. Toutefois, nous montrons qu'une baisse du temps de parcours (donc de temps de transport et des correspondances) ou une hausse des coûts de l'automobile ne peuvent inverser la tendance. Elles maintiennent une accessibilité comparable entre les deux modes dans le meilleur des cas.

Bibliographie

Automobile Club, 1995, Budget annuel de l'automobiliste 1994, Paris.

Commissariat Général du Plan, Transports : choix des investissements et coût des nuisances, rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux, La Documentation française, Paris, 2001.

Communauté Urbaine de Strasbourg, ADEUS, Rapport annuel de l'observatoire des effets du tramway :2001, 2003.

Dong X, Ben-Akiva M., Bowman J., Walker J., « Moving From Trip-Based to Activity-Based Measures of Accessibility », *Transportation Research A*, Vol. 2, 2006, p. 163-180.

Hansen W.G., « How accessibility shapes land use », *Journal of the American Institute of Planners*, 25, 1959, p. 73-76.

KOENIG C. ,1974, « Théorie économique de l'accessibilité urbaine ». *Revue Economique*. Vol XXV n°2.

Miller, H.J. (1999) Measuring Space-Time Accessibility Benefits Within Transportation Networks: Basic Theory and Computational Procedures. *Geographical Analysis*, vol 3, pp. 187-212.

Ortuzar J., Willumsen L., *Modelling Transport*, Third Edition, Wiley, 2001.

Raux , C., Souche, S., Mercier, A. (2007) De la modélisation des comportements au calcul économique : l'équité des politiques de transport. In Maurice, J., Crozet, Y. (eds). Les dimensions critiques du calcul économique. *Economica*, 2007.