



TOPIC 34
URBAN PUBLIC
TRANSPORT

**PLANIFICATION INTERMODALE DES RESEAUX
DE TRANSPORT URBAIN DE VOYAGEURS: UNE
METHODE DE LOCALISATION OPTIMALE DES
LIEUX D'ECHANGE VOITURE PARTICULIERE /
TRANSPORT COLLECTIF**

FABIENNE MARGAIL

Ecole Nationale des Ponts et Chaussées /
Laboratoire Techniques, Territoires et Sociétés
Central IV, 1 avenue Montaigne
93167 Noisy-le-Grand cedex FRANCE

PASCAL AUZANNET

Régie Autonome des Transports Parisiens /
Département du Développement
54 quai de la Râpée
75599 Paris cedex 12 FRANCE

Abstract

L'automobile et le transport collectif ont des domaines géographiques d'efficacité socio-economique maximum différenciés. Fondée sur la comparaison des coûts globaux de déplacements réalisés avec ces modes en Ile-de-France, cette recherche pose les bases d'une méthodologie de localisation optimale des lieux d'échange du point de vue de la collectivité.

Prize

This paper was awarded the WCTR Prize for Excellence, sponsored by the Australian Government, and presented by Dr Maurice Haddad of the Bureau of Transport and Communications Economics.

PROBLEMATIQUE, CONTEXTE ET OBJECTIFS

Le véhicule particulier et le transport collectif ont des domaines d'efficacité socio-économique maximum différenciés selon les zones géographiques traversées. Le transport en commun est notamment plus performant dans les zones denses où l'espace est rare et coûteux, car c'est le dispositif par excellence capable d'assurer un transport de masse; réciproquement la voiture est particulièrement efficace lorsque le tissu urbain est distendu, là où des dessertes collectives de qualité sont difficiles à mettre en place pour des questions de rentabilité, où les vitesses de circulation sont élevées et où le coût du foncier est plus faible.

Si l'intermodalité est en France assez unanimement prônée depuis plus de dix ans maintenant tant par les experts que par les responsables de politiques de transport (Loi d'Orientation sur les Transports Intérieurs, décembre 1982), force est de reconnaître que les démarches restent encore majoritairement sectorielles et que les évaluations, tant monomodales que multimodales et en terme de réseau, sont très peu nombreuses.

Transport collectif / transport individuel: recherche d'un "point" d'indifférence modale

Une recherche d'optimalité en matière de complémentarité conduit alors à considérer en premier lieu pour chacun des modes les coûts et avantages qu'ils génèrent pour les différents agents économiques impliqués dans le système de transport.

Parce que les coûts et avantages sont différenciés selon la zone géographique et les modes, on fait l'hypothèse qu'il existe un "point" pour lequel il peut être indifférent, du point de vue de la collectivité, d'utiliser un mode plutôt qu'un autre. Cela est rendu possible car les coûts de l'automobile sont décroissants lorsque l'on s'éloigne des aires centrales tandis qu'inversement le transport en commun, du fait de trafics en périphérie plus faibles (taux d'occupation inférieur), va générer des coûts unitaires de déplacement plus élevés et qui vont croissant.

L'objectif du travail présenté ici est double. Il s'agit d'une part de mettre en évidence l'existence de ce "point" d'indifférence et d'autre part de l'approcher géographiquement, proposant ainsi les bases d'une méthodologie de localisation optimale de ce type de lieu d'échange et donc plus largement des éléments d'une méthode de planification intermodale des réseaux de transport de voyageurs sur des aires urbaines élargies.

METHODOLOGIE

Principes de base

Les référents théoriques

La méthodologie retenue est directement dérivée de celle développée dans le cadre des "comptes transport de voyageurs" (SOFRETU et CETUR 1994).

Notre démarche consiste en l'adaptation de cet outil comptable et d'aide à la décision dans le but de tenter d'appréhender et de comparer les coûts globaux de déplacements effectués avec différents moyens de transport et dans divers secteurs géographiques. Ceci passe par la prise en considération des coûts économiques directs et aussi des coûts indirects afférents. Par coûts directs nous entendons les coûts en matière de personnel pour les entreprises de transport, d'énergie et carburant, d'entretien et maintenance, de réparations, d'assurance, auxquels s'ajoutent les coûts du capital. Quant aux coûts indirects, ils recouvrent à la fois les coûts sociaux ou externes—encore appelés externalités négatives—(conséquences des nuisances dues au bruit, à la pollution

atmosphérique, aux accidents et à la congestion de la circulation), le coût de la consommation d'espace, capital dans notre problématique et enfin le coût du temps passé.

L'intérêt d'une approche socio-économique

Dans l'optique où nous travaillons de comparaison de réseaux de transport à partir de la valorisation et de la comparaison des coûts de déplacements effectués avec ces réseaux, il est plus juste de considérer l'ensemble du stock de capital immobilisé sur plusieurs années une fois qu'est réalisé l'investissement plutôt qu'uniquement la dépense ponctuelle (flux financier) liée à la création de l'infrastructure et/ou des équipements, dépense engagée sur une ou un petit nombre d'années seulement. Cet angle d'analyse est celui retenu dans la démarche des comptes transport qui repose justement sur une approche économique et non simplement comptable, ce qui permet d'appréhender des coûts de déplacements pour l'ensemble de la collectivité et pas uniquement au niveau de certains agents économiques (entreprises de transport, etc).

L'approche est économique au sens où elle intègre en particulier les aspects de coût d'opportunité du capital et de coût du foncier, aspects qu'il serait impossible de prendre en compte dans le cadre d'une étude comptable qui ne retiendrait que les amortissements et les frais financiers liés aux emprunts. Un calcul d'actualisation peut donc être mené qui permet de déduire le revenu nécessaire pour rentabiliser le capital investi.

Consommation d'espace et externalités

Dans un calcul de coût global, si du point de vue de l'intégration des externalités tout le monde s'accorde sur la nécessité de la prise en compte des nuisances atmosphériques, sonores et des accidents de la circulation, il n'existe pas à l'heure actuelle de consensus sur les modalités de leur estimation et valorisation. Quant à la notion de consommation d'espace, elle apparaît nouvelle dans une optique d'agrégation de facteurs visant à approcher un coût global de mobilité.

Consommation d'espace

En matière de consommation d'espace par les transports, les réflexions développées peuvent être classées en deux groupes: celles—les plus nombreuses et “classiques” pourrait-on dire—relevant d'une approche physique et celles—plus novatrices—résultant d'un calcul économique. D'une façon générale, ce sujet a en fait été relativement peu abordé jusqu'à présent. Dans son article publié à l'été 1992, P. Merlin posant qu'une “troisième percée méthodologique peut être esquissée: la prise en compte de la valeur de l'espace consommé par les transports”, montre bien la relative jeunesse de la réflexion en la matière. (Les deux avancées précédentes au sens de l'auteur étaient la prise de conscience de l'importance des temps de déplacements et des conditions de confort pour les usagers, et l'évaluation des coûts sociaux causés par les transports et supportés par des tiers (Merlin 1992).

Or la question de la consommation d'espace apparaît particulièrement importante (et sensible) dès lors que l'on envisage, sous l'angle de la mobilité, le fonctionnement des secteurs urbains denses où l'espace est rare et cher et où celui consacré aux réseaux (viaires notamment) est difficilement extensible en essayant d'appréhender la répartition modale et les prééminences qui s'y opèrent.

Les approches physiques. Le premier type de démarche “physique” a été abordé dès la deuxième moitié des années 1970 dans les travaux précurseurs de A. Schmider (1977) qui a imaginé une unité de consommation d'espace, produit d'une unité d'espace par une unité de temps nécessaire pour effectuer un déplacement. Son ambition était d'éclairer les enjeux d'affectation de l'espace public urbain et de poser les premières bases scientifiques d'une gestion consciente et rationnelle de ces espaces. Sa démarche était alors totalement inédite, aucune comptabilité de ces consommations n'avait encore été esquissée. L. Marchand (1984) a ensuite, à la RATP, développé cette approche au niveau urbain estimant pour les différents moyens de transport une consommation par personne d'espace-temps de circulation et de stationnement. Le caractère innovant de sa démarche a résidé en particulier dans l'appréhension et la quantification conjointe

des deux types de consommation d'espace inévitablement induites par tout déplacement: la circulation et le stationnement à l'extrémité du parcours circulé.

A plus grande échelle la Commission des communautés européennes (1992) a quant à elle fourni dans le Livre Vert relatif à l'impact des transports sur l'environnement un certain nombre d'estimations chiffrées de la superficie globale des réseaux routier, ferroviaire et aérien, rapportée à celle de la Communauté. P. Merlin (1994) enfin qui a aussi travaillé dans ce sens a proposé un chiffrage global de l'occupation de l'espace par les infrastructures de transport en France.

Tous ces éléments, pour intéressants qu'ils sont, ne constituent cependant que la première étape du travail si l'on souhaite les intégrer dans un processus d'évaluation plus large en terme de coût global de déplacement, qui prendra en considération d'autres facettes de l'activité transport. Un prix devra alors être mis sur ces données et pour ce faire des modalités de valorisation seront nécessairement à proposer.

Un traitement économique de l'utilisation de l'espace. Le coût de la consommation d'espace est estimé à partir des coûts d'investissement de la voirie et d'une place de stationnement, et des coûts d'entretien associés. Une fois ces coûts définis, les cash flow qu'il serait nécessaire de dégager en moyenne annuelle pour rentabiliser les dépenses sont évalués. Le cash flow rapporté au trafic (voirie) et aux heures de location (parking) permet d'estimer un coût économique de la consommation d'espace.

Toutefois il faut voir que même avec ce deuxième type d'entrée, seul l'effet direct lié à l'utilisation de l'espace mobilisé par les infrastructures de transport peut être approché; les incidences en terme de localisations résidentielles et d'activités, d'impact sur les prix du foncier restent hors du champ d'analyse. Et ce dernier aspect ne peut être négligé dès lors que sont considérées des infrastructures relativement anciennes, le développement des formes d'urbanisation et la nature des réseaux de transport étant fortement corrélés. Or il est impossible à l'heure actuelle d'identifier avec précision des différentiels de valeurs foncières liés à des modifications structurelles d'accessibilité. Très peu de recherches existent en effet sur ce type de sujets (plus largement sur les effets positifs externes de l'activité transport, et en terme de développement économique en particulier). Cet état de fait a encore été rappelé récemment tant en France qu'à l'extérieur de nos frontières. (Lamure et Lambert 1993; Jeanrenaud et al. 1993; CEMT 1992.)

En outre il est difficile, voire impossible d'estimer la valeur d'une infrastructure en service depuis très longtemps (Quinet 1993). Tandis que pour des infrastructures récentes qui ont en général nécessité l'acquisition des emprises via une procédure d'expropriation approximativement à l'époque de leur construction, suivie des travaux de terrassement et autres, les tractations se sont faites au prix du marché et de ce fait l'évaluation des coûts de déplacements qu'elle permet rend superflète toute tentative supplémentaire d'identification d'un effet retour sur le coût du foncier en particulier.

Ainsi pour notre propos, mènerons-nous logiquement les calculs sur la base de projets d'investissements.

Coûts sociaux

Nuisances vis à vis de l'environnement. Les méthodes d'évaluation en vigueur peuvent être classées selon les quatre classiques catégories suivantes: calcul du coût d'évitement (ensemble des dépenses nécessaires pour respecter une norme fixée au niveau national ou européen), du coût de réparation (qui passe par l'évaluation des dommages causés par l'activité aux différents agents externes à cette activité mais qui en subissent les effets négatifs), du surcoût moyen d'écart à l'optimum de chaque nuisance (celui-ci étant atteint quand le coût marginal de protection est égal au préjudice marginal) ou choix d'une valeur tutélaire (c'est-à-dire ce que la collectivité est prête à payer pour réduire la nuisance).

D'une façon générale aucune de ces méthodes n'est d'un maniement simple et chacune peut être contestée. Les économistes s'accordent d'ailleurs sur ce point (OCDE 1988; Lamure et Lambert 1993; Commissariat général du Plan 1994):

- la méthode du coût d'évitement qui se fonde sur l'estimation des dépenses à engager pour supprimer ou réduire les nuisances, constitue une approximation par défaut du coût d'internalisation;
- l'évaluation des dommages s'avère extrêmement difficile à utiliser et cette méthode laisse beaucoup d'interrogations en suspens. (Difficulté d'identifier la responsabilité du bruit et de la pollution sur les dépenses de santé et problème pour en isoler la part exclusivement liée au transport. Comment estimer les effets à long terme du bruit et des émissions polluantes sur le sommeil et la santé ? Attention au fait que la combinaison de polluants (SO₂ et NO₂ en particulier) peut produire de effets plus négatifs sur la santé que la somme des nocivités de chacun pris individuellement. La dépréciation de la valeur des logements englobe-t-elle des effets liés à la circulation automobile tels que vibrations, effets visuels... ?);
- les méthodes fondées sur le consentement à payer présentent encore des limites conceptuelles et empiriques: manque d'information des agents, définition des biens, non prise en compte des générations futures, etc.

Si l'évaluation des coûts sociaux des transports dans leurs composantes environnementales pose d'une façon générale encore de nombreuses difficultés, dans les domaines spécifiques du bruit et de la pollution de l'air des techniques de quantification et d'évaluation monétaire relativement performantes ont tout de même été mises en œuvre. Le groupe de travail récemment institué par le Commissariat général du Plan a procédé à un examen comparatif de ces études développées en France et à l'étranger (Commissariat général du Plan 1994).

En ce qui concerne le coût de la pollution de l'air, deux conclusions principales peuvent être tirées de ces confrontations: d'une part la validité de considérer une méthodologie fondée sur l'estimation du coût d'évitement des nuisances et d'autre part la justesse des résultats obtenus dans les comptes transport de voyageurs sur ce registre. Quant à l'évaluation du bruit, ont été comparées les méthodes—et leurs résultats—qui en rapportent le coût pour l'ensemble d'un pays à son produit national brut (PNB): le coût du bruit s'élève en moyenne à 0,3% du PNB. Les estimations obtenues dans l'étude de la SOFRETU et du CETUR ressortent également validées, ce qui souligne la pertinence du recours aux résultats de ce travail dans ce domaine également.

En se fondant sur l'une de remarques conclusives des experts réunis pour la table ronde de la CEMT relative à l'environnement et aux infrastructures de transport qui est que: "la monétarisation est utilisable et acceptée si l'on peut expliquer facilement les méthodes utilisées" (CEMT 1989) et sur ces constats, nous choisissons pour les coûts externes liés à la pollution atmosphérique et sonore de reprendre et prolonger les résultats des évaluations effectuées par modes et par zones géographiques dans les comptes transport de voyageurs.

Sécurité et accidents. Si la question de la valorisation de la sécurité et du coût économique des accidents de la circulation a fait l'objet d'un certain nombre d'études, reste qu'en fin de compte deux écoles s'opposent: en plus des coûts monétaires (hospitalisation, réparations, frais de justice et police...) et du préjudice non économique (moral...)—en principe pris en compte par ailleurs au titre des primes d'assurance acquittées—, la question est posée de la valorisation ou pas des tués et des blessés graves au sens des pertes de production qui s'en suivent, avec les problèmes monétaires et déontologiques inhérents. Trois méthodes principales peuvent être envisagées pour éclairer le problème de la valorisation de la sécurité (ciblée sur cette dernière dimension de perte de production). Elles se fondent sur les principes suivants: disponibilité à payer (soit ici la disposition marginale des personnes à payer pour une réduction de leur probabilité de décès), "capital humain compensé" (qui consiste à évaluer la perte de production actualisée résultant du décès) et "valeur collective de la vie" (calculée comme la somme actualisée des satisfactions que l'individu concerné obtiendra dans le futur).

Le Commissariat général du Plan qui s'est efforcé de balayer les travaux—peu nombreux et assez disparates—dans ce domaine a conclu sur la nécessité d'approfondir ces différentes méthodes tant pour certaines dans leurs fondements théoriques qu'en ce qui concerne leur application.

Dans l'attente, des valeurs tutélaires ont été suggérées (Le Net 1994) mais des réserves demeurent. Notamment:

- il apparaît que ces coûts sont très différents entre pays et qu'en France même ils ont fait l'objet de fluctuations sensibles sur les dernières années. On relève par exemple les valeurs de 4,5 MF en ex-République fédérale d'Allemagne, 5,8 MF au Royaume Uni ou encore 7,5 MF en Finlande, toutes ces valeurs étant exprimées en francs 1988 (Commissariat général du Plan 1992); on note aussi que le prix estimé en Espagne est le quart de celui retenu au Royaume Uni (CEMT 1992). La "valeur du mort" utilisée en France est désormais de 3,6 MF (valeur 1993) selon les recommandations du Commissariat général du Plan; elle correspond à un doublement par rapport à la valeur précédemment en vigueur et permet à la France de se rapprocher des valeurs retenues dans les nations voisines;
- certains s'interrogent sur l'opportunité de comptabiliser les pertes de production dans une économie submergée par des problèmes de chômage persistants (RATP 1994);
- il convient de rappeler enfin—et peut être surtout—combien la monétarisation et la valorisation d'un mort est délicate moralement.

Suite à ces considérations, nous avons finalement retenu l'option de ne pas procéder à une monétarisation des tués et blessés.

La question de la valeur du temps

En France, le besoin de formaliser une valeur du temps s'est très tôt manifesté dans le domaine de l'évaluation des investissements routiers. Les pratiques en la matière sont codifiées par la circulaire de la Direction des Routes du 14 mars 1986 complétée d'une instruction de 1989, relativement aux projets interurbains mais aussi urbains (Ministère des Transports 1986). La valeur du temps a alors deux utilisations: la valorisation des gains de temps intervient dans le modèle de prévision en phase d'affectation des trafics, et lors du calcul des avantages pour la collectivité; mais la valeur du temps sollicitée dans ces deux cas n'était jusqu'à présent pas la même (révélée dans le premier cas pour refléter au mieux les comportements réels des usagers et tuteur dans le second, la valeur étant établie à partir de recommandations du Conseil Général des Ponts et Chaussées). Le récent groupe de travail du Commissariat du Plan "Transports 2010", dont l'une des missions était de poser les bases d'une harmonisation des méthodologies d'évaluation, a conclu à l'utilisation d'une valeur révélée pour le second calcul aussi. Le rapport Boiteux a confirmé cette préconisation et a recommandé pour les projets routiers le recours à titre conservatoire à la méthode de la Direction des Routes en gardant la valeur de 50 F/véhicule*heure (francs 1985). (Il s'agit de la valeur révélée pour un véhicule léger, la valeur tuteur était pour ce type de véhicule à la même date de 76 F/h.) L'actualisation de cette donnée fournie par l'instruction modificatrice du 28 juillet 1995 conduit à retenir la valeur (révélée) de 74 F/véhicule*heure (francs 1994).

Deux autres modèles à grande échelle (pour les transports interurbains) sont en vigueur en France. Il s'agit du modèle MATISSE (modèle d'analyse du transport international pour des scénarios de service en Europe) mis au point par l'INRETS et du modèle de la SNCF. MATISSE est un modèle multimodal complet traitant de déplacements de plus de 80 km (Julien et Morellet 1990). Le modèle SNCF est constitué de deux modèles à coûts généralisés dont l'un, modèle prix-temps, détermine le partage du trafic entre l'air et le fer et l'autre, gravitaire, estime l'induction de trafic ferroviaire (y compris le trafic détourné de la route).

Dans le cas de MATISSE, les valeurs sont révélées par le comportement observé des voyageurs en ce qui concerne le choix: de se déplacer ou non, du moyen de transport, de la classe tarifaire pour le train, de l'itinéraire pour l'automobile. Deux autres outils de mesure moins lourds et moins coûteux peuvent être sollicités avec le même objectif: la méthode des préférences déclarées et la méthode des prix de transfert qui toutes deux consistent à placer les individus interrogés dans des situations de choix potentiel (Papon 1992). Elles ont d'ailleurs été utilisées dans le cas de tests de mise en place de péages en France et à l'étranger.

Pour les études urbaines plus particulièrement on pourra noter le parti adopté dans les études de compte transport de voyageurs qui est de considérer le taux horaire calculé par l'INSEE à partir du salaire net annuel moyen pour l'ensemble des salariés du secteur privé et semi public; sa valeur s'élevait pour l'année 1990 à 54 francs dans les agglomération françaises de province et à 64

francs en Ile-de-France. Les travaux menés dans les années 1960 et 1970 avaient déjà mis en évidence une augmentation de la valeur du temps corrélativement à celle des revenus (CEMT 1976). Et P. Merlin aujourd'hui conseille qu'en matière d'étude de mobilité la valeur du temps retenue soit proportionnelle au revenu des usagers, mais de façon différenciée selon le motif de déplacement. Ainsi selon cet auteur, cette valeur devrait être supérieure au salaire horaire pour les déplacements professionnels, légèrement inférieure aux deux-tiers de ce salaire pour les migrations alternantes et pourrait en avoisiner le tiers dans le cas des déplacements non obligés.

Dans cet esprit nous avons choisi de retenir dans nos calculs d'évaluation de coût de déplacement la valeur révélée de 35 F/heure, qui est l'actualisation en francs 1993 de la valeur 32 F/h (valeur 1990) employée dans le modèle global de la RATP. Si ce choix est une simplification du point de vue de l'incidence du motif, ou du moyen de transport utilisé (Mitchell et Clark 1971), ou encore de la situation dans laquelle se réalise le déplacement sur la perception du temps, son mérite pour ce qui nous concerne est, en plus d'être une valeur comportementale, d'être issu d'un exercice de modélisation portant sur la mobilité urbaine au sens large.

La formation des coûts

Estimer le coût global d'un déplacement implique de quantifier les critères suivants: coût de l'investissement afférent au système qui va permettre de réaliser ce déplacement, coût économique direct d'exploitation du système, coûts externes attachés, consommation d'espace, temps passé et volume de trafic.

Si lorsque l'utilisateur cherche à évaluer le coût de son déplacement, il n'en considère souvent qu'une partie (le prix du billet ou du titre d'abonnement pour l'utilisateur des transports en commun et le carburant pour l'automobiliste), le planificateur doit quant à lui retenir l'ensemble des coûts. Ceux-ci se décomposent en coût privé et coût public.

Coût privé

Le coût privé comprend les dépenses supportées par les utilisateurs des réseaux (transport collectif et automobile sur voirie) et le temps passé qui doit être valorisé.

- En ce qui concerne les transports collectifs, le coût privé correspond essentiellement aux recettes tarifaires perçues auprès des usagers par les entreprises exploitant les réseaux (titres de transport); s'y ajoutent aussi les recettes perçues auprès d'autres agents économiques (recettes publicitaires, produits financiers, etc) mais qui restent relativement marginales. A ces deux composantes s'ajoute le temps passé dans le déplacement, temps qui est valorisé.
- Pour la voiture, le coût privé n'est autre que le coût direct, c'est à dire l'ensemble des charges supportées par les automobilistes pour l'acquisition, la possession et l'utilisation de leur véhicule (tarification du stationnement comprise si elle existe) et le temps passé valorisé.

Le coût privé total peut en outre être décomposé en coût ressenti par le voyageur et coût non ressenti; dans le cas du RER coût privé total et coût ressenti sont identiques, tandis que dans le cas de l'automobile il s'agit du coût ressenti complété des coûts liés à l'entretien, aux réparations, à l'assurance et aussi et surtout à l'acquisition du véhicule particulier.

Pour chaque système de transport considéré, il convient aussi d'estimer le rendement fiscal du déplacement permis—les différents calculs de coûts économiques étant des coûts hors taxe. Pour un déplacement en automobile, on doit se référer à la fiscalité spécifique (taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP), vignette, carte grise, etc) et TVA selon les taux en vigueur. Pour les transports en commun, le rendement fiscal est calculé sur la base d'un taux de TVA de 5,5% sur les recettes tarifaires et de 18,6% pour les autres recettes. Cette fiscalité est acquittée par les automobilistes et usagers des réseaux de transports collectifs, et perçue par l'Etat et les collectivités territoriales. Son montant est intégré dans le coût privé et vient ensuite en déduction du coût public.

Coût public

Le coût public correspond à la différence entre le coût global (présenté net de toute fiscalité) et le coût privé.

- Pour les transports collectifs, ce coût est à rapprocher du financement public (subventions de fonctionnement et d'investissement); mais pour saisir l'intégralité du coût public en matière de transport collectif, il faut ajouter à ce montant de subventions, les coûts sociaux que supporte la collectivité ainsi que le coût de consommation d'espace.
- Pour la voiture particulière, le coût public renvoie aux externalités négatives qu'elle génère et au coût de la consommation d'espace non tarifée (circulation et stationnement) particulièrement important en milieu urbain dense. Pour cette dernière nous sommes alors en présence d'un stock de capital immobilisé pendant des années pour lequel les collectivités ne revendiquent aucune rentabilité (absence de tarification). Il y a donc une "dévalorisation du capital public" (non valorisation) (Auzannet et Bellaloum 1993), c'est-à-dire qu'il s'agit d'un coût public intégralement supporté par la collectivité.

Cette décomposition des coûts est synthétisée dans les algorithmes relatifs respectivement au transport collectif (TC) et à la voiture particulière (VP) insérés en page suivante (Figure 1 et Figure 2).

Commentaires

Deux réserves, qui ont déjà été précédemment esquissées, méritent tout de même d'être rappelées à ce stade de la présentation de la méthode utilisée. D'une part en raisonnant en coûts on privilégie l'analyse des aspects chiffrables et monétarisables: la dimension qualitative voire subjective du choix modal n'est pas prise en considération—or on sait qu'elle est très forte en ce qui concerne l'automobile en particulier; d'autre part les externalités envisagées sont uniquement les externalités négatives: les externalités positives que peut engendrer l'activité du secteur ne sont pas estimées (amélioration de l'accessibilité, éventuelles plus values foncières, localisation des activités, etc).

Cette démarche s'attache à *un* critère (socio-économique) dans l'analyse de l'organisation des réseaux de transport d'une aire urbaine élargie et de la complémentarité entre les modes, et il convient simplement d'être conscient de la non intégration d'un certain nombre d'autres facteurs—néanmoins utiles pour la compréhension du phénomène—dans les résultats qu'elle fournit, ce qui précise les limites de l'approche et les réflexions complémentaires à lui adjoindre.

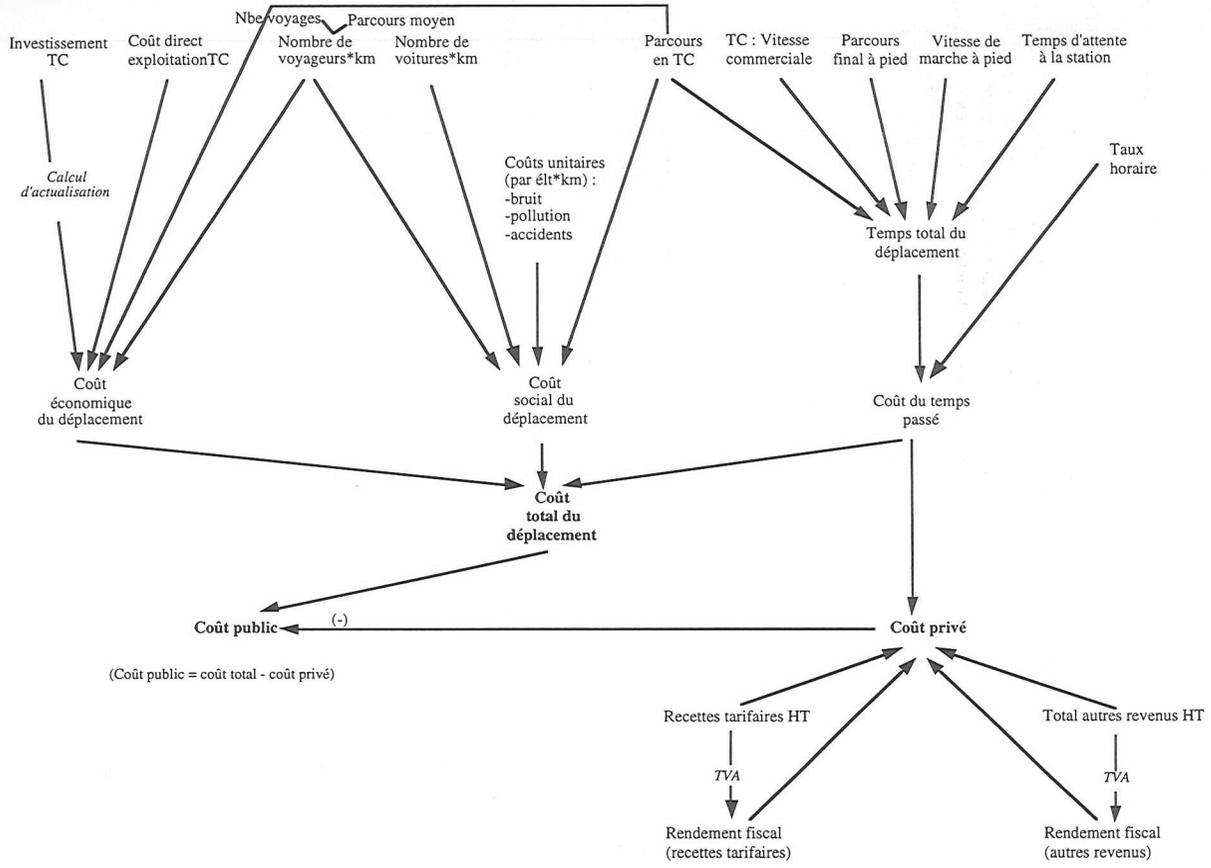


Figure 1 Estimation du coût d'un déplacement effectué en transport collectif (RER)

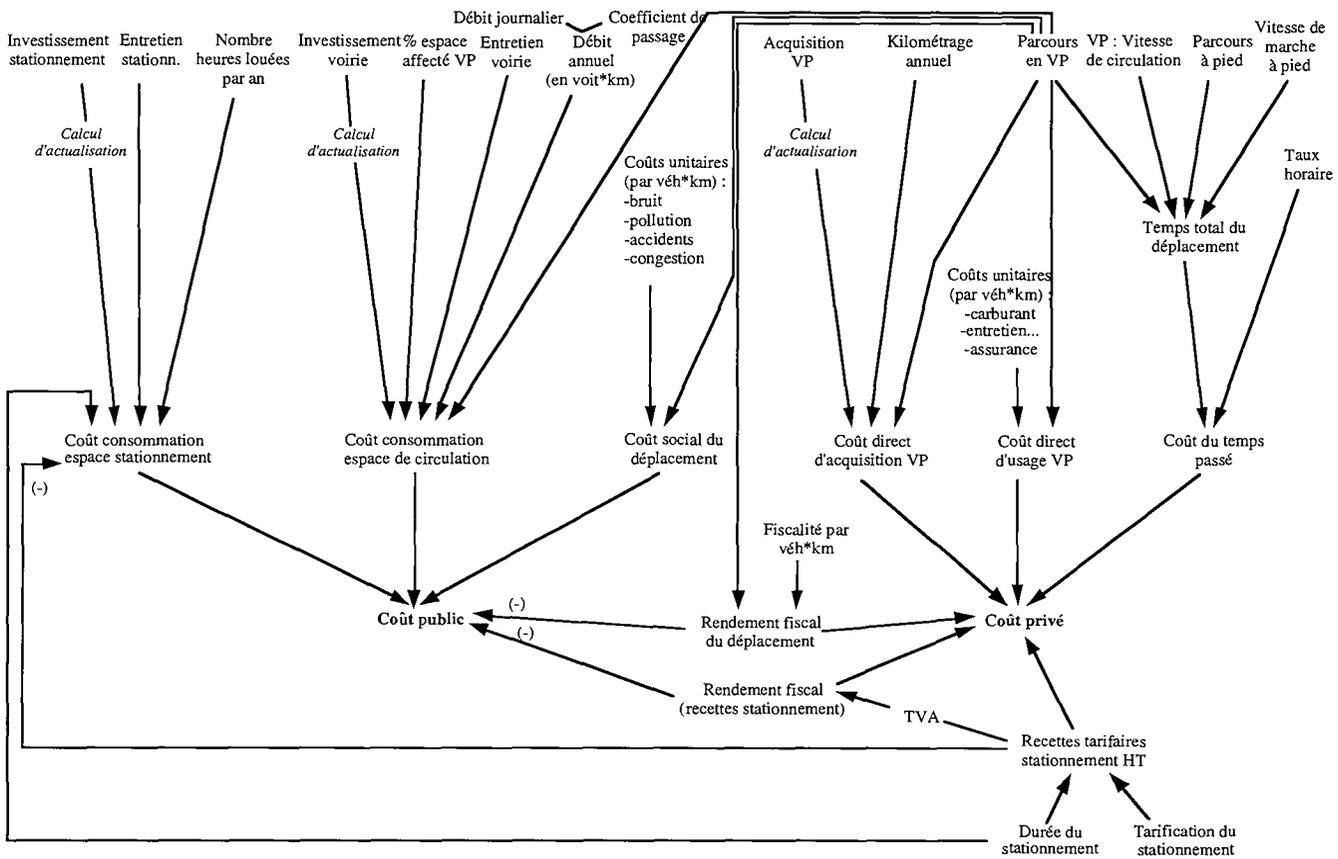


Figure 2 Estimation du coût d'un déplacement effectué en voiture

DETERMINATION DU “POINT” D’INDIFFÉRENCE MODALE

Choix du terrain et des modes de transport

Le terrain d’étude retenu est constitué par la région d’Ile-de-France. Le découpage géographique est élaboré à partir de Paris et de ses deux couronnes concentriques. Il est calé sur les limites administratives des départements franciliens. Du point de vue des modes de transport, à côté de la voiture particulière c’est, pour les transports collectifs, le réseau express régional (RER) qui a été choisi car parmi les moyens de transport en site propre proposés aux voyageurs en Ile-de-France c’est pour le moment le seul qui fonctionne dans les différents territoires considérés et pour lequel existent donc des données tant sur l’offre que l’usage qui en est fait.

Mise en évidence de la complémentarité spatiale

Les caractéristiques d’un déplacement varient fortement selon les zones géographiques considérées. Si les transports collectifs sont plus performants en milieu urbain dense, ils peuvent avoir une efficacité inférieure à l’automobile en périphérie. Dans ces conditions l’approche économique de la complémentarité spatiale des modes consiste à identifier la zone géographique pour laquelle les coûts globaux de déplacement des modes s’égalisent.

En d’autres termes, cela signifie qu’il y a effectivement un “point” d’indifférence qu’il convient de repérer, où du point de vue de la collectivité il peut être souhaitable d’organiser un rabattement d’un mode vers un autre. On peut également considérer que l’identification de ce “point” d’indifférence est une condition de l’affectation optimale des ressources publiques entre les différents modes de transport.

Première approche de la variabilité géographique des paramètres

On vérifie tout d’abord, assez logiquement, que les coûts d’investissement et de capital du RER décroissent nettement lorsque l’on s’éloigne du centre. En moyenne selon les zones géographiques, les coûts d’investissement par kilomètre de ligne sont pour le RER les suivants: 871 MF dans Paris, 258 MF en première couronne et 155 MF en seconde (Auzannet et al. 1994). Ainsi, en terme de production offerte, le rendement s’avère croissant quand on s’éloigne du centre: le coût unitaire à la PKO passe ainsi de 0,53 F à 0,37 F entre Paris et la deuxième couronne.

Mais cette baisse en terme de coût du capital s’accompagne d’un mouvement dans le même sens du point de vue de la fréquentation du RER: le taux d’occupation des places décroît lorsque l’on s’éloigne du centre. Il passe en effet d’une moyenne de 41% sur les tronçons à l’intérieur de Paris à 14% en première couronne, remontant ensuite très légèrement en deuxième jusqu’à 16%.

De ce fait, bien que le coût d’investissement diminue en direction de la périphérie, la chute de trafic, et donc des taux d’occupation, que l’on observe simultanément explique que le coût économique exprimé au voyageur*km augmente (1,28 F à Paris, 1,54 F en première couronne et 2,36 F en seconde).

Pour raisonner en coût global, il faut ensuite rajouter à ce coût celui provenant de la valorisation du temps nécessaire pour réaliser le déplacement. Or comme nous l’avons précédemment détaillé, si les vitesses atteintes par le RER augmentent légèrement en s’éloignant vers la périphérie, la fréquence devient elle plus faible et le temps d’attente aux stations croît de façon nettement plus significative. La pente croissante de la courbe de coût économique (en fonction de l’éloignement du centre) s’en trouve donc accentuée.

Ces considérations justifient que, du point de vue de la production consommée, le rendement du RER soit décroissant lorsque l’on s’éloigne du centre ville; et qu’à une certaine distance du centre—que la modélisation va nous permettre d’approcher, le coût unitaire de recours au RER devienne, dans les conditions actuelles de création et fonctionnement des réseaux, supérieur à

celui de l'automobile (qui lorsque l'on s'éloigne en périphérie nécessite des emprises viaires de moins en moins coûteuses, sur lesquelles la vitesse est de plus en plus élevée).

Résultats de la modélisation

Nous pouvons maintenant estimer le coût unitaire par voyageur*km d'un déplacement effectué en RER et en voiture particulière dans chacune des trois zones d'Ile-de-France considérées. Et de la représentation graphique de ces coûts se déduit notamment, dans le cadre des hypothèses retenues, le "point" d'indifférence modale en terme de coût global.

Récapitulons tout d'abord les hypothèses faites:

Tableau 1 Composantes du coût unitaire d'un déplacement en RER et en automobile (en francs 1993)

Déplacement en voiture particulière		Paris	1 ^{ère} c.	2 ^{ème} c.
Coût du temps		3,9	2,53	1,55
Total coûts directs (carburant, entretien, amortissement...)		1,244	1,278	1,278
Total coûts sociaux (bruit, pollution, congestion)		0,303	0,25	0,143
Coût de consommation d'espace		2,368	0,771	0,525
Coût global		7,815	4,829	3,496
Déplacement en RER		Paris	1 ^{ère} c.	2 ^{ème} c.
Coût du temps		1,724	2,401	2,944
Total coûts directs (capital et fonctionnement)		1,28	1,54	2,36
Total coûts sociaux (bruit)		0	0,009	0,009
Coût global		3,004	3,950	5,313

A noter que pour réaliser les graphiques nous avons choisi d'affecter au point géographique approximativement situé au milieu des trois secteurs d'étude les valeurs fournies par le modèle. Paris est assimilé à un disque de rayon 6 km, la première couronne et la seconde sont respectivement larges de 10 et 46 km approximativement; ainsi le premier point est à 3 km du centre de Paris (symbolisé par la cathédrale Notre Dame), celui en première couronne est à 11 km du centre et celui pour la deuxième couronne s'en trouve éloigné de 39 km. Il convient aussi de préciser que "déplacement" est ici à prendre au sens de la partie "circulée" du trajet (ie stationnement exclu).

Ainsi les résultats sont:

Tableau 2 Données relatives au coût unitaire d'un déplacement en RER et en automobile (en francs 1993)

Distance au centre (en km)	RER: coût global	RER: coût public	RER: coût privé usager	RER: coût privé autre
3	3,004	0,572	2,280	0,152
11	3,950	0,810	2,957	0,183
39	5,313	1,532	3,501	0,280
Distance au centre (en km)	VP: coût global	VP: coût public	VP: coût privé ressenti	VP: coût privé non ressenti
3	7,815	2,078	4,302	1,435
11	4,829	0,464	2,865	1,500
39	3,496	0,112	1,884	1,500

Le calcul en coût global montre un "point" d'indifférence à 20 km du centre de Paris. Le "point" d'indifférence modale serait, du point de vue de la collectivité, situé à une vingtaine de kilomètres du centre de Paris (20,3 km étant la valeur exacte fournie par le modèle)—toujours sous

l'hypothèse d'attribution de la valeur relative à la zone au point situé géographiquement en son milieu. Ce qui signifie, en rappelant que dans notre modèle la limite entre les deux couronnes franciliennes passe aux alentours de 16 km de Notre Dame, que le coût global unitaire d'un déplacement en début de grande couronne est pratiquement indépendant du choix du mode de transport (RER ou voiture particulière). Par contre le coût de la mobilité dans les secteurs plus centraux apparaît bien moindre en RER qu'en automobile, la situation s'inversant au-delà de 20 km environ du centre où l'écart en terme de coût global entre un déplacement en RER et en voiture se creuse au profit de cette dernière.

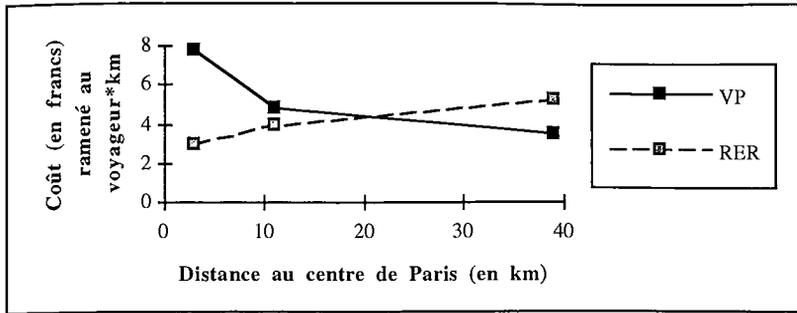


Figure 3 Coût global unitaire d'un déplacement en fonction du mode et de la distance au centre de Paris

Pour aller plus loin il est très intéressant, dans les conditions actuelles de fonctionnement et de tarification des réseaux, d'examiner la décomposition de ce coût global en coût public d'une part et en coût privé acquitté par l'utilisateur d'autre part, en opérant sur ce dernier registre la différenciation supplémentaire entre coût ressenti (renvoyant au temps passé à se déplacer quel que soit le mode utilisé et à l'achat du billet de transport collectif, respectivement du carburant pour le véhicule particulier) et autre coût privé.

Coût public et coût privé: des résultats contrastés. Il apparaît que le coût unitaire public de déplacement accuse un basculement entre le RER et l'automobile aux alentours de 9-10 km du centre de l'Ile-de-France, soit sensiblement plus près du centre de la région que cela n'intervient pour le coût global. Le coût public unitaire de tout déplacement effectué entre le centre et ce "point" est moins élevé dans le cas du RER que du véhicule particulier; par contre au-delà de 9,5 km environ la charge qu'impose à la société les déplacements en RER devient supérieure à celle induite par des déplacements en automobile.

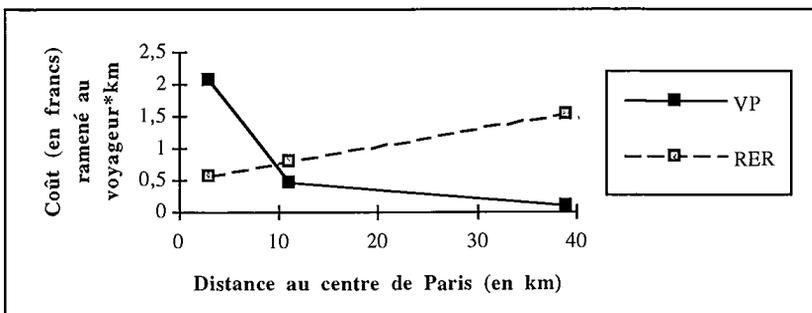


Figure 4 Coût public unitaire d'un déplacement en fonction du mode et de la distance au centre de Paris

Il ressort des deux précédents constats qu'entre 10 et 20 km approximativement du centre de la région, il est plus intéressant en terme de coût économique global pour l'ensemble de la collectivité que les déplacements soient effectués en RER; tandis que si l'on se place du point de vue du coût public uniquement, il apparaît souhaitable que cette mobilité soit prise en charge par la voiture particulière.

Pour comprendre la signification de cet état de fait, revenons à la définition de ces notions. Le coût public renvoie à la différence entre coût global et coût privé (fiscalité déduite), la sensibilité des résultats à la tarification est donc très forte. Le coût privé comprend la valorisation du temps et les dépenses supportées par les usagers des réseaux (plus marginalement quelques recettes annexes dans le cas des transports publics).

Du point de vue du coût privé assumé par le voyageur, il apparaît que ce n'est qu'en seconde partie de deuxième couronne qu'il devient moins coûteux, individuellement parlant, de se déplacer en voiture qu'en RER: c'est-à-dire qu'entre le centre et environ 37 km de celui-ci il est, dans les conditions actuelles de circulation, tarification, etc, plus rentable pour toute personne de prendre le RER. Autrement dit dans ce secteur l'automobiliste "paie" unitairement plus que l'utilisateur du RER. Si l'on considère plus particulièrement la zone comprise entre 10 et 20 km du centre, il apparaît ainsi que le différentiel de coût privé acquitté par le voyageur oscille entre 1,8 et 1,3 F (par km) et ce au détriment de l'automobiliste; et le différentiel de coût public, au détriment du RER, avoisine 70 centimes.

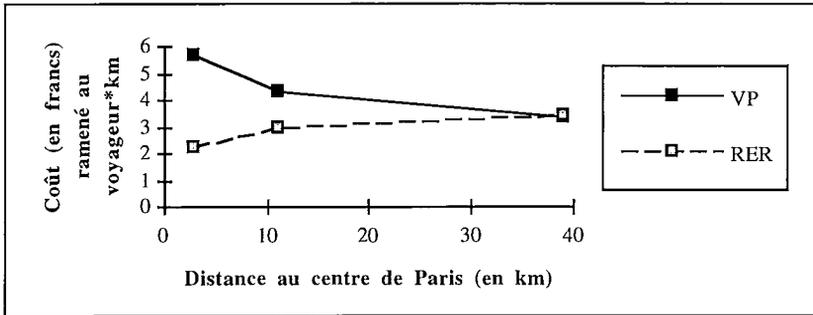


Figure 5 Coût privé unitaire acquitté par l'utilisateur d'un déplacement en fonction du mode et de la distance au centre de Paris

Coût ressenti par l'utilisateur: un "point" d'indifférence proche du centre de Paris. Pour affiner le raisonnement il est intéressant d'identifier dans le coût privé acquitté par l'utilisateur la partie qui est ressentie, levier davantage susceptible de guider l'individu dans son choix modal que le coût privé total. On observe alors une grande proximité dans le positionnement des "points" d'indifférence en coût privé ressenti et en coût public.

Il s'avère que le point de renversement de la situation est beaucoup plus proche du centre de la région qu'en ce qui concerne le coût privé total et le coût global. C'est en effet à un peu plus de 10 km du centre (11 km précisément d'après le modèle), soit au cœur de la première couronne que l'utilisateur, s'il raisonne en terme de coût de trajet, tendra à changer de moyen de transport: il aura recours au RER entre le centre de Paris et seulement 11 km au-delà et préférera sa voiture pour tout parcours plus périphérique. Du point de vue de la rationalité économique du comportement individuel, on serait alors assez proche de préférences modales que pourrait préconiser la collectivité publique si elle privilégiait une approche exclusivement financière, mais assez loin de la situation d'optimisation en coût global.

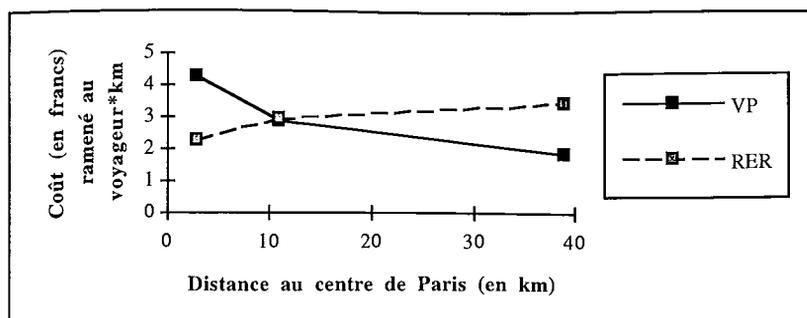


Figure 6 Coût ressenti unitaire d'un déplacement en fonction du mode et de la distance au centre de Paris

Il existe donc des préférences financières pour ne pas prendre le RER. Mais il est intéressant de tester la dimension explicative du coût privé ressenti par le voyageur par la confrontation de ces éléments de réflexion avec la situation en terme de parts modales telle qu'elle peut être observée dans chacune des trois zones que nous avons distinguées. L'exploitation de la dernière enquête globale de transport (1991-1992) donne par type de liaison pour l'ensemble des motifs la répartition suivante pour les transports collectifs et l'automobile :

Tableau 3 Déplacements motorisés en Ile-de-France par mode de transport et type de liaison (en millions) (Dreyfus 1993)

	Transports collectifs	dont RER	Voiture particulière	Tous modes motorisés
Paris - Paris	1,94 (62,0%)	0,085 (2,7%)	1,02 (32,6%)	3,13 (100%)
Paris - 1 ^{ère} couronne	1,56 (55,7%)	0,517 (18,5%)	1,16 (41,4%)	2,80 (100%)
Paris - 2 ^{ème} couronne	0,82 (66,1%)	0,427 (34,4%)	0,4 (32,3%)	1,24 (100%)
1 ^{ère} couronne - 1 ^{ère} c.	1,06 (21,6%)	0,215 (4,4%)	3,67 (74,9%)	4,90 (100%)
1 ^{ère} couronne - 2 ^{ème} c.	0,45 (23,8%)	0,245 (13,0%)	1,39 (73,5%)	1,89 (100%)
2 ^{ème} couronne - 2 ^{ème} c.	0,77 (10,0%)	0,088 (1,1%)	6,53 (84,9%)	7,69 (100%)
IDF - hors IDF et NR	0,05 (17,9%)	0,01 (3,6%)	0,20 (71,4%)	0,28 (100%)
Ensemble	6,65 (30,3%)	1,587 (7,2%)	14,37 (65,5%)	21,93 (100%)

Il ressort de ce tableau que sur toutes les liaisons concernant la ville de Paris le transport collectif est prépondérant tandis que pour la mobilité interne à la banlieue, qu'il s'agisse de déplacements au sein de la 1^{ère} couronne ou de la 2^{ème} ou entre ces deux zones, l'automobile est, en terme de part de marché, le premier mode motorisé; la part du RER parmi l'ensemble des transports en commun n'est cependant supérieure à celle de la voiture que sur la liaison Paris - 2^{ème} couronne. Une certaine cohérence est donc notable entre les pratiques constatées et les préférences financières telles qu'elles apparaissent à l'issue de la modélisation pour la situation parisienne et celle en 2^{ème} couronne.

CONCLUSION

Ces résultats tendent à signifier qu'il serait socio-économiquement plus efficace du point de vue de l'ensemble de la collectivité que les déplacements, tant radiaux que de rocade, réalisés dans la région capitale, mais à plus de 20 km de son centre, soient effectués en voiture. Et si l'on prolonge le raisonnement pour les déplacements qui ne sont pas cantonnés dans un seul des secteurs de notre découpage du territoire francilien, il s'ensuit la préconisation de rupture de charge pour

changement de mode à environ 20 km du centre: RER vers Paris et voiture particulière vers les confins de l'Ile-de-France. C'est donc approximativement dans ce type de zone que, dans les conditions actuelles de fonctionnement et de tarification des réseaux, pourraient être localisés des parcs relais (*park-and-ride*) (Margail et al. 1993) satisfaisant des objectifs de rationalisation économique et sociale de la mobilité du point de vue de l'intérêt général.

Toutefois si, dans les déterminants du choix modal du voyageur, on se focalise sur l'argument économique, rappelons que c'est la partie ressentie des coûts privés qui peut influencer les comportements individuels. Or, comme cela vient d'être démontré, elle ne suggère pas les mêmes priorités géographiques: la zone de transfert idéal se situerait de ce point de vue plus près du centre de Paris, vers 11 km. Une politique de report modal de l'automobile vers les transports publics pourrait trouver une traduction au travers de la poursuite de l'objectif d'éloignement de Paris du "point" d'indifférence en coût ressenti et de son rapprochement de celui en coût global. Deux types d'actions peuvent être envisagés pour ce faire qui renvoient à des options politico-économiques différentes. Il peut s'agir d'une part d'une augmentation de la partie ressentie des coûts privés imputés aux automobilistes (par exemple élévation de la fiscalité sur le carburant ou instauration d'un péage), d'autre part d'une diminution des coûts privés supportés par les usagers du RER (par une baisse des tarifs par exemple). Dans les deux cas de figure le point d'intersection entre les courbes décrivant par zone le coût privé ressenti se trouvera décalé vers la droite et l'optimisation par chacun de son choix modal correspondra mieux à la situation d'optimum pour l'ensemble de la collectivité.

Il apparaît donc que bien que l'optimum global puisse être localisé à approximativement 20 km du centre de Paris, une politique de transport en commun attractive et consensuelle dans laquelle se retrouveraient simplement intérêt public (financièrement parlant) et préférence individuelle (en coûts ressentis) devrait à l'heure actuelle inciter à des reports modaux de l'automobile vers les transports collectifs à environ 11 km du centre—sauf à modifier les conditions de fonctionnement des réseaux (hausse de la fiscalité automobile, péage urbain, baisse de la tarification du RER...) auquel cas des incitations à des transferts modaux plus loin en périphérie pourraient être couronnées de succès. La dimension d'instrument de régulation du système dont est porteur le coût privé, et plus particulièrement sa partie ressentie, est évidente ici.

Ce constat apporte de plus un éclairage économique à un problème institutionnel inhérent aux parcs relais: la contradiction d'intérêt entre financeurs et bénéficiaires de ces politiques. Il est clair, sur l'exemple francilien, que dans le cas de déplacements radiaux c'est l'autorité publique de la commune centre de la région urbaine (ici Paris) qui a le plus intérêt à ce que soient réalisés en amont de son territoire des rabattements de la voiture sur le RER car c'est là que les coûts publics de la voiture sont les plus élevés. On est donc en droit de s'interroger sur la pertinence de dispositifs de financement qui permettent à la commune centre d'esquiver toute participation financière dans la mise en place de ces aménagements et à l'inverse est mis en évidence le caractère indispensable de financements de niveau régional (dont la non coïncidence entre le "point" d'indifférence en coût global et en coût public renforce encore le bien-fondé).

REFERENCES

Auzannet, P. et Bellaloum, A. (1993) Le coût des déplacements pour la collectivité, *Revue générale des chemins de fer* 3, 15-21.

Auzannet, P., Robert, F. et Spitzmuller, C. (1994) *Les coûts marginaux de développement des transports: par modes, heures de pointe et heures creuses, par zone géographique*, RATP, Paris.

CEMT (1976) *Valeur du temps. Rapport de la 30^{ème} table ronde d'économie des transports*, OCDE, CEMT, Paris.

CEMT (1989) *Environnement et infrastructures de transport, Rapport de la 79^{ème} table ronde d'économie des transports*, OCDE, CEMT, Paris.

CEMT (1992) *Evaluer les investissements en infrastructures de transport. Rapport de la 86^{ème} table ronde d'économie des transports*, OCDE, CEMT, Paris.

- Commissariat général du Plan (1992) *Transports 2010, Rapport du groupe présidé par le Commissaire au Plan*, La Documentation française, Paris.
- Commissariat général du Plan (1994) *Transports: pour un meilleur choix des investissements, Rapport du groupe présidé par M. Boiteux*, La documentation française, Paris.
- Commission des communautés européennes (1992) *Green paper on the environment—A Community strategy for “sustainable mobility”*, CCE, Bruxelles.
- Dreyfus, J. (1993) *Les déplacements en Ile-de-France un jour ouvrable d’hiver—Analyse des résultats de l’Enquête globale de transport 1991-1992*, RATP, Paris.
- Jeanrenaud, C. et al. (1993) *Les coûts sociaux des transports en Suisse: un compte global par mode - Rapport final*, Département fédéral des transports, des communications et de l’énergie, Neuchâtel.
- Julien, H. et Morellet, O. (1990) *MATISSE, un modèle intégrant étroitement induction et partage modal fin du trafic*, INRETS, Arcueil.
- Lamure, C. et Lambert, J. (1993) *Impact des transports terrestres sur l’environnement - Méthodes d’évaluation et coûts sociaux*, INRETS, Arcueil.
- Le Net, M. (1994) *Le prix de la vie humaine - Calcul par la méthode du capital humain compensé, Application à l’évaluation du coût économique de l’insécurité routière*, Commissariat général du Plan, Paris.
- Marchand, L. (1984) Un concept fécond: la consommation d’espace-temps, *Les cahiers scientifiques de la revue Transports*, 2^{ème} semestre, 55-62.
- Margail, F. et al. (1993) *Parcs relais*, CETUR, Bagneux.
- Merlin, P. (1992) Prendre en compte les coûts sociaux dans les transports, *Transport Public* 906, 36-45.
- Merlin, P. (1994) *Les transports en France*, La Documentation française, Paris.
- Ministère des Transports (1986) *Méthodes d’évaluation des investissements routiers en rase campagne et en milieu urbain - Lettre-circulaire du 14 mars 1986*, Ministère des Transports, Paris.
- Mitchell, C.G.B. and Clark, J.M. (1971) Modal choice in urban areas, in *Proceedings of the 5th International symposium Theory of traffic flow and transportation*, University of Berkeley, California.
- OCDE (1988) *Transports et environnement, Rapport de synthèse du groupe ad hoc de l’OCDE sur les transports et l’environnement*, OCDE, Paris.
- Papon, F. (1992) *Péage urbain - Les routes de première classe*, Paradigme, Caen.
- Quinet, E. (1993) Les coûts sociaux des transports: évaluation des liens avec les politiques d’internalisation des effets externes, in *Séminaire L’internalisation des coûts externes des transports*, OCDE, Paris.
- RATP (1994) *Révision des méthodes d’évaluation des projets d’investissement pour la création d’infrastructures de transport collectif*, RATP, Paris.
- Schmider, A. (1977) L’espace urbain: un bien public, *Métropolis* 41/42, 55-57.
- SOFRETU, CETUR (1994) *Analyse des coûts de déplacement: élaboration d’une méthodologie dans le cadre d’un compte transport de voyageurs - Année 1990*, SOFRETU, CETUR, Paris.

