



**HAL**  
open science

## Time and passenger transport

Yves Crozet

► **To cite this version:**

Yves Crozet. Time and passenger transport. ECMT (Ed.) = CEMT. Round Table 127 = Table ronde 127 - Time and Transport = Le temps et les transports, 2005, Paris, France. pp. 25-65 (English language) - pp. 33-40 (version française). halshs-00194583

**HAL Id: halshs-00194583**

**<https://shs.hal.science/halshs-00194583>**

Submitted on 6 Dec 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ce document vous est proposé avec l'aimable autorisation de l'auteur et de l'éditeur, CEMT / ECMT. La présente version en PDF est sous le copyright de la CEMT / ECMT (<http://www.cemt.org/>) - 2005. Ce document est protégé en vertu de la loi du droit d'auteur.

## **LE TEMPS ET LES TRANSPORTS DE VOYAGEURS**

**Yves CROZET**  
**Laboratoire d'Économie des Transports (LET)**  
**Université Lumière Lyon 2**  
**Lyon**  
**France**



# LE TEMPS ET LES TRANSPORTS DE VOYAGEURS

## SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	31
1. LE TEMPS : UNE VARIABLE CLÉ DES CHOIX INDIVIDUELS ET DES CHOIX COLLECTIFS .....	32
1.1. Le temps : une ressource rare dotée d'un équivalent monétaire .....	32
1.2. Temps et coût généralisé du transport : vers un équivalent monétaire synthétique.....	35
1.3. Les modèles prix-temps et le choix modal.....	39
1.4. Le temps et le choix des investissements.....	42
1.5. La tarification de la congestion : illustration ou pierre d'achoppement de l'importance de la variable « temps de transport » ?.....	47
2. LE TEMPS DE TRANSPORT : UNE CONSTANTE DES PROGRAMMES D'ACTIVITÉ ET UN DILEMME POUR LES CHOIX COLLECTIFS.....	51
2.1. La conjecture de Zahavi.....	52
2.2. Valeur du temps et optimisation des programmes d'activité.....	54
2.3. Mobilité interurbaine : un impossible découplage entre croissance économique et transport ?.....	56
2.4. Mobilité quotidienne : vitesse des déplacements et programmes d'activité.....	59
2.5. Conclusion : Vers une tarification des déplacements au coût généralisé ?.....	62
NOTES.....	64
BIBLIOGRAPHIE.....	66

Lyon, juin 2003



## INTRODUCTION

*Le temps, c'est de l'argent !* Reprenant à leur compte cette formule du langage courant, les économistes, à la suite de Gary Becker, ont depuis plusieurs décennies intégré la question du temps dans leurs raisonnements. Ressource rare, le temps est un objet d'étude particulièrement propice aux démonstrations fondées sur des principes d'optimisation. Affecter du temps à l'une ou l'autre des activités qui s'offrent à nous dans la définition de nos programmes d'activité conduit à des niveaux d'utilité variables entre lesquels l'*homo œconomicus* est capable d'arbitrer. Les économistes des transports, à la suite de C. Abraham et M.E. Beesley, ont rapidement emboîté le pas de leurs collègues généralistes. Ils l'ont fait en considérant le temps de transport comme une composante d'un coût global du déplacement, qualifié de coût généralisé.

Dans cette perspective, comme nous le verrons dans une première partie, la vitesse du déplacement est devenue une variable clé de la demande globale de transport, puisque l'accroissement de la vitesse représente potentiellement une réduction du coût généralisé du déplacement. Dans le même ordre d'idées, le choix d'un mode de transport tiendra compte de la vitesse relative, laquelle va devenir déterminante dans le partage modal, en relation étroite avec la valeur du temps des différentes catégories d'usagers. Les usagers du transport vont ainsi révéler des préférences que les décideurs publics vont devoir prendre en compte dans les investissements en infrastructures de transport. Le calcul économique va logiquement recommander d'investir prioritairement là où des gains de temps sont possibles, c'est-à-dire là où apparaîtra aisément un surplus collectif. Sur cette base, accroître le surplus de la collectivité par une amélioration des vitesses moyennes de déplacement, les économistes ont proposé depuis de nombreuses années de mettre en place une tarification de la congestion, le prix payé par l'utilisateur étant destiné à créer une fluidité, et donc une vitesse accrue réduisant le temps perdu dans les transports. Cette proposition a trouvé de multiples domaines d'application où elle a prouvé sa robustesse. Mais dans le domaine de la congestion urbaine, elle se heurte à des difficultés qui, sans remettre en cause l'idée de tarification de l'usage de la voirie, conduisent les autorités publiques à une autre approche de la relation entre le temps et les transports.

La seconde partie de ce rapport examine les fondements, le contenu et les implications de cette remise en cause partielle que l'on peut résumer ainsi. Si le temps de transport, au lieu d'être considéré comme une variable à réduire, est analysé plutôt comme une constante dans les programmes d'activité des individus, alors, les politiques publiques peuvent, dans certaines situations spécifiques, se donner d'autres objectifs que ceux qui consistent à accroître le surplus collectif par l'augmentation tendancielle des vitesses. Nous noterons avec intérêt que ce point de vue est, tout autant que le précédent, fondé sur une analyse microéconomique. C'est le cas notamment chez Y. Zahavi qui a montré la robustesse et l'intérêt de l'hypothèse d'une double constance : celle du budget temps et celle du budget monétaire relatif consacrés au transport. Si cette conjecture de la double constance devait se confirmer, il en découlerait des implications nombreuses tant pour la mobilité interurbaine que pour la mobilité urbaine. Pour l'une comme pour l'autre, nous sommes confrontés à un couplage très étroit entre croissance économique et accroissement des distances parcourues par les voyageurs. A tel point que dans une perspective de mobilité durable, se pose la question des modes de transport à privilégier, compte tenu notamment de leurs consommations énergétiques et de leurs émissions polluantes

relatives. Nous retrouvons ici, dans une vision enrichie, les relations entre temps de transport et choix des investissements. Quel sera notamment la cohérence des choix collectifs en matière de valeur du temps d'une part, et de taux d'actualisation d'autre part ? Cette interrogation s'impose surtout pour la mobilité quotidienne. Pour remédier aux effets négatifs de l'accroissement de la portée moyenne des déplacements et de l'étalement urbain qui en découlent, faut-il envisager une autre façon de tarifier les déplacements urbains et périurbains ? A l'idée selon laquelle la tarification est compensée par l'accroissement de la vitesse moyenne des déplacements, faut-il substituer, comme le préconisent implicitement de nombreux responsables des politiques urbaines de transport, une « tarification au coût généralisé », destinée à accroître les deux composantes de ce coût : le prix et le temps ?

## **1. LE TEMPS : UNE VARIABLE CLÉ DES CHOIX INDIVIDUELS ET DES CHOIX COLLECTIFS**

Le transport étant considéré comme une consommation intermédiaire, la demande de transport émanant des personnes est le plus souvent traitée comme une demande dérivée. En d'autres termes, le transport constituerait pour les voyageurs une condition nécessaire, mais non suffisante, à la réalisation de nos différentes activités. Dans cette perspective, l'analyse économique suppose que les individus vont chercher à réduire le coût du transport, notamment par le biais d'un accroissement des vitesses. Cette recherche de vitesse s'accroît avec l'augmentation de la valeur du temps, fortement liée à la hausse des revenus. En reliant cet accroissement tendanciel de la valeur du temps à une autre façon de mesurer le prix du temps, à savoir le taux d'actualisation, nous abordons une autre dimension de la relation entre le temps et les transports. Celle qui, en agrégeant les demandes individuelles dans le calcul économique, vise à fournir une aide à la décision, notamment dans la question stratégique de la programmation des infrastructures de transport. L'actualisation, c'est-à-dire la valorisation à une date donnée de valeurs estimées disponibles dans un temps futur, est une façon d'intégrer dans une approche collective et intertemporelle la relation entre le temps et les transports. Elle est aujourd'hui fondamentale pour comprendre les priorités que se donnent les politiques publiques. Notamment les raisons pour lesquelles elles poussent au développement de systèmes de transport où les gains de temps sont importants (transport aérien, grande vitesse ferroviaire, autoroutes interurbaines) et justifient la mise en place d'une tarification tenant compte de l'amélioration de la qualité de service que constitue la vitesse. Le couple vitesse-tarification va-t-il pour autant devenir le fondement des politiques publiques dans tous les domaines où existent à la fois une capacité de paiement et des situations de congestion ? Ce n'est pas évident et, dans ce domaine, il n'y a sans doute pas de réponse unique comme le montre le petit nombre d'exemples de « péage urbain », solution pourtant évidente du point de vue économique.

### **1.1. Le temps : une ressource rare dotée d'un équivalent monétaire**

Dans un article célèbre publié en 1965, G. Becker a proposé une analyse générale de la question de l'allocation de cette ressource rare en la reliant directement aux composantes monétaires du choix des consommateurs. En s'intégrant dans la nouvelle théorie du consommateur, G. Becker suggère que l'utilité d'un individu ne provient pas seulement de la quantité des biens et services consommés, mais des commodités (*commodities*) auxquelles ils correspondent (repas, garde des enfants, soins

personnels, partie de golf, soirée au cinéma...). Le consommateur n'est pas donc pas un être passif, il est en réalité le producteur des commodités qu'il consomme. Or, la production de ces commodités nécessite des biens et services, mais aussi du temps. Ces deux inputs sont à relier à deux dotations dont disposent les individus, une dotation en temps et une dotation en monnaie. Une relation étroite existe entre ces deux dotations, puisqu'il est possible d'accroître la dotation en monnaie par une modification de l'usage que nous faisons de notre dotation globale en temps.

Un tel raisonnement nous conduit à un problème classique d'optimisation. L'individu doit maximiser son utilité ( $U$ ) en combinant des inputs  $X$  (biens et services) et  $T$  (temps) qui lui sont nécessaires pour produire les commodités ( $Z$ ). Les commodités étant au nombre de 1 à  $n$  et indexées  $i$ .

L'utilité totale dépend donc des diverses commodités.

$$U = U(Z_1, \dots, Z_n)$$

Pour chaque commodité  $i$ , il faut prendre en compte la combinaison de biens et de temps.

$$Z_i = f_i(x_i, t_i)$$

Compte tenu de la contrainte de budget ( $P$  désigne les prix,  $W$  ( $Z_n$ ) le salaire,  $V$  le revenu hors travail),

$$\sum P_i X_i = W(Z_n) + V$$

et de la contrainte temporelle ( $T$  = le temps total disponible),

$$\sum T_i = T$$

la maximisation du bien-être conduira à une allocation optimale des activités qui égalisera l'utilité marginale de chacune des activités avec son prix d'ombre (*shadow price*) pondéré par l'utilité marginale du revenu ( $\lambda$  correspondant à la valeur marginale du revenu et  $\Pi_i$  au prix d'ombre de l'activité  $i$ ) soit :

$$\delta U / \delta Z_i = \lambda \Pi_i$$

Au total, la combinaison optimale d'inputs pour chaque activité est ( $\tau$  étant le prix d'ombre du temps)

$$(\delta Z_i / \delta T_i) / (\delta Z_i / \delta X_i) = \tau / P_i$$

ce qui signifie que l'affectation relative de temps et de biens à une activité doit correspondre au rapport du prix du temps au prix du bien  $i$ .

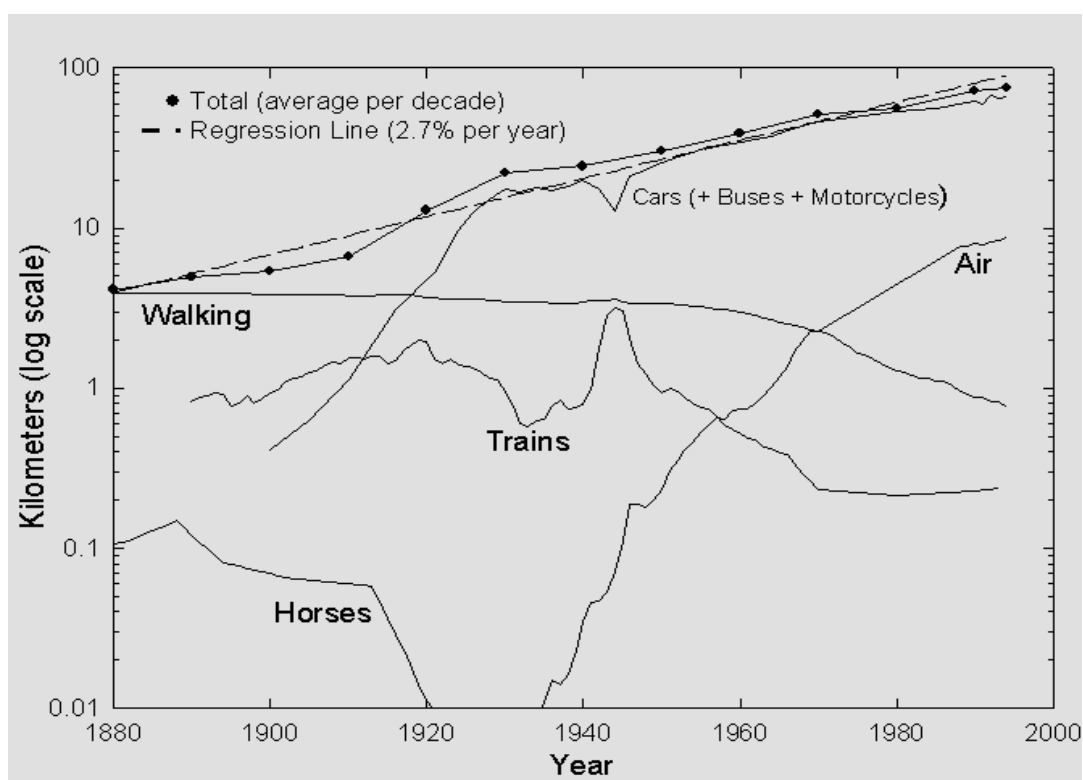
Les choix dépendront donc du prix relatif des biens et des services, mais aussi et surtout du taux de salaire, c'est-à-dire de l'incitation relative à échanger du temps contre du revenu. L'une des principales conclusions des travaux de G. Becker est de montrer que l'accroissement du taux de salaire, ou des opportunités d'emploi, modifie sensiblement les programmes d'activité, et notamment les choix des femmes. Dès que ces dernières peuvent obtenir un salaire à l'extérieur, elles vont substituer du temps de travail au temps domestique, lequel sera remplacé par l'achat de biens (machine à laver, plats cuisinés) ou de services (garde d'enfant, femme de ménage) qui rendront plus aisée cette substitution. La réduction du nombre d'enfants est bien sûr un autre moyen de diminuer le temps domestique. Comme pour illustrer la puissance du raisonnement de G. Becker, dans tous les pays connaissant un certain niveau de développement et de croissance économique, ce phénomène de



substitution est apparu. Emploi féminin, réduction de la fécondité, mais aussi accroissement de la proportion de célibataires et de divorce sont ainsi des conséquences parmi d'autres des implications de la hausse des revenus monétaires sur l'allocation du temps.

Le champ des transports est également concerné par la substituabilité entre les diverses façons de gérer son temps. Dans la mesure où le transport est essentiellement une consommation intermédiaire, une demande dérivée liée à la production d'une « commodité » particulière (le travail, les loisirs...), il va être tentant de réduire le temps consacré à cette consommation intermédiaire. De même que l'on peut substituer des biens ou des services à du temps domestique, afin de libérer celui-ci pour le travail ; de même il sera avantageux de substituer un mode de transport rapide à un mode lent. Le gain de temps qui en résultera pourra être réinvesti en loisir, et/ou en travail, notamment si ce dernier donne accès à un revenu supérieur dont une des destinations possibles sera de payer la vitesse accrue des déplacements<sup>1</sup>. Les travaux fondateurs de C. Abraham et M.E. Beesley ont ainsi montré qu'il existait bien une valeur du temps dans le domaine des transports. Compte tenu de leurs revenus, de leurs préférences, des opportunités d'activité et de transport qui s'offrent à eux, etc., les individus sont prêts à payer une certaine somme pour accéder à un mode plus rapide. La Figure ci-dessous en est la manifestation dans une perspective de long terme. Avec l'accroissement du revenu, les modes de transport lents cèdent la place devant les modes rapides, lesquels accroissent sensiblement les opportunités de diversification de nos programmes d'activité, base de l'accroissement recherché de l'utilité.

Figure 1. Évolution des distances parcourues par personne depuis 1800 aux États-Unis



Source : Ausubel, J.H., C. Marchetti, P.S. Meyer.

On notera en observant les principales tendances, relevées ici aux États-Unis, qu'avec la croissance économique et la hausse des revenus réels, nous ne sommes pas seulement en présence d'un effet de substitution. Les modes lents (marche à pied, cheval...) sont remplacés par les modes rapides, mais cela se traduit aussi par un accroissement des distances moyennes parcourues par an (+ 2.7 pour cent en tendance). Il existe donc un effet revenu qui se traduit par l'augmentation globale de la demande de transport, phénomène directement lié à la substitution des modes rapides au mode lent. Nous sommes ici en présence du même paradoxe que celui qui s'est manifesté, sur la base des travaux de Gary Becker, avec le temps de loisir. Lorsque les taux de salaire et les opportunités d'emploi augmentent, le temps de loisir doit logiquement être converti en temps de travail, qui représente l'accès à des opportunités nouvelles pour nos programmes d'activité.

En réalité, cela ne vaut que si le temps de loisir est en quelque sorte un temps mort, ce que les économistes appellent un bien inférieur, dont la consommation a tendance à décroître quand le revenu augmente. Si l'on considère au contraire que le temps de loisir est un temps fort, et correspond à un bien normal (la consommation croît comme le revenu) voire à un bien supérieur (la consommation progresse plus vite que le revenu), alors nous pouvons avoir à la fois hausse des salaires et accroissement du temps de loisir. Le même raisonnement s'applique au champ des transports. Avec la hausse des salaires, certains types de déplacement vont être réduits, car ils correspondent à une forme inférieure du service de transport. Mais d'autres vont au contraire se développer rapidement, notamment les modes rapides, comme nous allons le montrer ci-dessous en soulignant le rôle clé du coût généralisé du déplacement.

## 1.2. Temps et coût généralisé du transport : vers un équivalent monétaire synthétique

Une façon d'illustrer le rôle clé de la question du temps dans le domaine des transports consiste à s'intéresser à la relation entre la vitesse d'un mode de transport et le trafic qui en résulte. Dans ce domaine, on peut tenir pour un acquis essentiel le raisonnement gravitaire, celui qui permet de prévoir l'importance du trafic reliant deux agglomérations à leur poids relatif (par exemple la population) et à la distance qui les sépare. Même si ce raisonnement général souffre quelques exceptions, notamment lorsqu'une frontière internationale sépare deux agglomérations, les modèles gravitaires offrent une bonne capacité prédictive des trafics potentiels. Or, lorsqu'il s'agit de mesurer la distance entre deux agglomérations, ce qui va compter sera surtout le temps de transport, associé à son coût, plutôt que le nombre de kilomètres. Le terme gravitaire s'explique donc par le fait que le trafic est proportionnel aux populations des pôles reliés entre eux et inversement proportionnel aux coûts généralisés. La distance est donc mesurée par le coût généralisé du déplacement qui se définit ainsi :

$$C_g = p + hT_g$$

avec :

P : Prix monétaire du voyage entre lieu i et lieu j

T<sub>g</sub> : Temps généralisé entre i et j

H : Paramètre monétaire représentant la valeur moyenne du temps ressenti par les voyageurs.

On notera avec intérêt que le coût généralisé prend en compte le prix monétaire, le temps complet du transport, mais aussi un terme lié à la façon dont ce temps de transport est ressenti. Il s'agit de tenir compte ici des ruptures de charge, de la fréquence de la desserte lorsqu'il s'agit d'un transport en commun, du nombre de correspondances, etc. Il existe donc une dimension qualitative dans la valorisation du temps de déplacement. Pour prendre en compte cette dimension qualitative, selon le mode étudié, le paramètre  $T_g$  pourra être détaillé afin de mieux refléter les temps de trajet, mais aussi les temps d'accès en amont et en aval si nécessaire, ainsi que des performances et qualités intrinsèques du mode considéré.

S'il s'agit par exemple de transport ferroviaire ou aérien, pourront être pris en compte :

- le temps de trajet sous forme de temps de parcours moyen entre les points d'origine et destination des zones  $i$  et  $j$  ;
- un indicateur d'intervalle moyen entre deux trains (avions) selon l'amplitude horaire d'une journée de service ;
- le nombre de changements de train (avion) imposés au voyageur (rupture de charge) ;
- la fréquence des trains ou des avions sur la relation ;
- une constante représentant les temps de trajet terminaux.

Il résulte de tout cela un temps total agrégé, valeur physique que l'on va devoir rendre compatible avec le prix du déplacement en choisissant une valeur moyenne du temps pour les voyageurs.

- Pour mesurer cette dernière, d'un point de vue théorique, l'analyse économique se fonde sur le principe de la rareté du temps. L'individu arbitre entre les différentes activités possibles en comparant l'utilité qu'il en retire et la part ainsi consommée du temps total qui lui est imparti. Ainsi, le temps passé à se déplacer est un temps pris sur d'autres activités.
- D'un point de vue pratique, la monétarisation et la valorisation du temps s'effectuent au travers de la notion de **Valeur du Temps (VDT)**, ou valeur monétaire du temps. Cette dernière découlant de l'étude des comportements des individus peut s'interpréter comme une valeur comportementale : le consentement à payer des individus pour gagner du temps.

La valeur du temps est en général obtenue par des méthodes directes d'évaluation des effets et notamment au travers d'enquêtes de préférences déclarées ou des méthodes de préférences révélées. Les travaux effectués, même s'ils comportent encore de nombreux biais, ont permis d'améliorer les connaissances. Néanmoins, il reste encore très difficile de distinguer des classes fines d'individus homogènes en valeur du temps, de même qu'il serait tout aussi difficile de segmenter la clientèle d'un axe de transport en sous-classes et d'estimer le nombre d'usagers et d'anticiper l'évolution de chaque sous-classe. A défaut, on utilise une approche moyenne du coût d'opportunité du temps, en rapprochant la valeur horaire du temps avec les salaires horaires moyens.

La valeur du temps, qui symbolise la valorisation monétaire du temps par les individus, provient donc d'un processus de simplification. Pour autant, elle dépend théoriquement de facteurs individuels socio-économiques tels que la richesse, le revenu, la catégorie socioprofessionnelle, le motif de déplacement, le mode, etc. Il est ainsi d'usage de choisir des valeurs du temps différentes en zone urbaine et pour les déplacements interurbains comme le suggère pour la France le rapport Boiteux 2 qui recommande de distinguer trois motifs et une meilleure prise en compte des éléments de confort en introduisant des coûts de pénibilité (ou coût d'inconfort) de 1.5 pour les situations de congestion (+ 50 pour cent du coût du temps passé) et de 2 pour les situations d'attentes (+ 100 pour cent du coût du temps) dans les évaluations.

En milieu interurbain, les valeurs du temps proposées sont différentes suivant les modes, afin de tenir compte des différences de clientèle. La valeur du temps est plus grande en moyenne dans un avion que dans un train ou une voiture. Les valeurs proposées distinguent aussi la distance du trajet et dans le cas des transports ferroviaires la classe du service (cf. Tableaux 1 et 2).

Tableau 1<sup>2</sup>. **Valeur du temps proposée en milieu urbain par voyageur**  
(en euros 1998 par heure)

Mode de déplacement	% du coût salarial	% du salaire brut	France entière	Île-de-France
			euros 1998 par heure	
Déplacement professionnel	61	85	10.5	13.0
Déplacement domicile-travail	55	77	9.5	11.6
Autres déplacements (achat, loisir, tourisme, etc.)	30	42	5.2	6.4
Lorsqu'on ne dispose pas du détail des trafics par motifs, valeur moyenne <sup>3</sup>	42	59	7.2	8.8

Tableau 2. **Valeur du temps en 1998 en interurbain par voyageur (en euros 1998 par heure)**

Mode	Pour les distances inférieures à		Pour les distances d comprises entre 50 km ou 150 km et 400 km	Stabilisation pour D > 400 km
	50 km	150 km		
Route	8.4	-	50 km < d $VDT=(d/10+50).1/6.56$	13.7
Fer 2ème Classe	-	10.7	150 km < d $VDT=1/7(3d/10+445).1/6.56$	12.3
Fer 1ère Classe	-	27.4	150 km < d $VDT=1/7(9d/10+1125).1/6.56$	32.3
Aérien	-	-	45.7	45.7

Du fait de l'évolution conjoncturelle des prix, de la consommation des principaux postes, des revenus, de la richesse, la valeur du temps est aussi amenée à évoluer. La règle d'évolution dans le temps de la valeur du temps préconisé par le rapport Boiteux 2 est celle d'une évolution en fonction de la consommation par tête des ménages avec une élasticité de 0.7.

Au total, même s'il existe des enquêtes de préférences déclarées, il est extrêmement rare qu'une personne puisse annoncer en équivalent monétaire sa propre valeur du temps à un instant et pour une activité donnée. La valeur du temps est le plus souvent révélée à travers des comportements qui ne sont d'ailleurs pas toujours aussi rationnels que l'analyse le suppose. C. Segonne a, par exemple,

montré comment les utilisateurs du Tunnel Prado-Carénage à Marseille surestimaient le temps gagné par l'usage de cette infrastructure à péage. Symétriquement, les non-utilisateurs surestimaient le temps qu'ils auraient gagné en prenant ce nouvel itinéraire. Mais le fait qu'il existe, dans le domaine des transports comme dans les autres espaces de choix du consommateur, une rationalité limitée par l'impossibilité de connaître en détail le contenu des alternatives possibles ne remet pas en question le cœur de l'analyse : les individus par leurs déclarations ou par leur comportement révèlent une certaine valeur du temps. Les limites de la rationalité peuvent conduire à des comportements routiniers ou grégaires qui affaiblissent les capacités d'optimisation permanente que la microéconomie prête aux acteurs. Elles ne retirent rien à l'idée selon laquelle les individus cherchent à réduire les coûts liés à la réalisation d'une activité particulière, notamment en prenant en compte le temps de transport qui lui est lié.

Sur ces bases d'une préférence généralisée pour la vitesse, ce que l'économiste des transports va rechercher sera une élasticité de la demande au coût généralisé. Selon le type de transport en effet, et plus précisément selon le type d'activité qui lui est lié, la demande de transport réagira plus ou moins fortement à une variation des prix. Si le bien « transport » est un bien supérieur, c'est-à-dire un bien doté d'une forte utilité, il y a de fortes chances pour que l'élasticité de la demande par rapport au prix soit forte. Toute baisse du coût généralisé du transport, rendue possible par un accroissement des vitesses et/ou une baisse du coût monétaire, va se traduire par une forte progression de la demande. Ainsi, en revenant au modèle gravitaire, nous dirons donc que le volume de trafic entre deux zones  $i$  et  $j$  va s'exprimer comme suit :

$$T_{ij} = K \frac{P_i P_j}{C_{g_{ij}}^\gamma}$$

avec :

$P_i$  et  $P_j$  : Population respective des deux zones géographiques  $i$  et  $j$ ,

$C_{g_{ij}}$  : Coût généralisé du transport considéré entre les zones  $i$  et  $j$ ,

$\gamma$  : Élasticité du trafic au coût généralisé,

$K$  : Paramètre d'ajustement.

Le numérateur comporte les facteurs d'attraction et le dénominateur ceux de répulsion ou de résistance qui seront d'autant moins importants que l'élasticité est forte. Raison pour laquelle on avance parfois l'idée que la loi gravitaire fonctionne d'autant mieux que l'élasticité  $\gamma$  se situe au-dessus de 1 et même autour de la valeur 2. Une élasticité forte signifie ici une forte sensibilité à la baisse des coûts généralisés et, notamment à la réduction du temps de parcours que permet l'accroissement des vitesses. Or, comme l'évolution des vitesses n'est pas la même pour les différents modes, il est important de souligner qu'au-delà des questions d'élasticité, il faut montrer comment la modification des vitesses relatives modifie assez sensiblement les coûts généralisés relatifs et, par conséquent, la répartition modale des trafics.

### 1.3. Les modèles prix-temps et le choix modal

Pour illustrer le rôle clé des vitesses relatives, nous présenterons succinctement le raisonnement qui a permis en France de donner leur crédibilité économique aux projets de lignes ferroviaires à grande vitesse. Il s'agit d'un modèle économétrique conçu pour comprendre le partage modal entre le rail et l'avion pour des lignes nouvelles à grande vitesse. Il combine un modèle Prix Temps et un modèle gravitaire et prend donc en compte deux modes de transport (fer et aérien).

Dans un premier temps, il convient d'explicitier les coûts généralisés associés à chacun des modes de transport en concurrence. En effet, ce modèle repose sur l'hypothèse que le choix d'un voyageur entre deux modes s'effectue en fonction de la valeur qu'il attribue à son temps et des caractéristiques de coûts et de temps de transport de chacun des modes. Ainsi, l'utilisateur  $k$  choisit le mode dont le coût généralisé, compte tenu de sa valeur du temps  $h_k$ , est le plus faible.

Supposons que nous modélisons un partage modal entre les modes ferroviaire et aérien. Ainsi, les prix du train et de l'avion sont respectivement  $P_F$  et  $P_A$ ;  $T_F$  et  $T_A$  étant les durées de trajet (y compris trajets terminaux), les coûts généralisés pour l'utilisateur  $k$  sont définis par :

$$Cg_A^k = P_A + h_k T_A$$

$$Cg_F^k = P_F + h_k T_F$$

Sur une relation donnée  $i$ , il existe une valeur du temps  $h_0^i$  telle que :

$$Cg_A = Cg_F$$

qui est appelée valeur d'indifférence du temps sur la liaison  $i$ . Si  $h_k$  est inférieure à  $h_0^i$ , le voyageur  $k$  choisit le fer, sinon il opte pour l'avion.

On suppose que la population des voyageurs sur une liaison donnée est caractérisée par une distribution de la valeur du temps des voyageurs  $f(h)$  dont la fonction de répartition est :

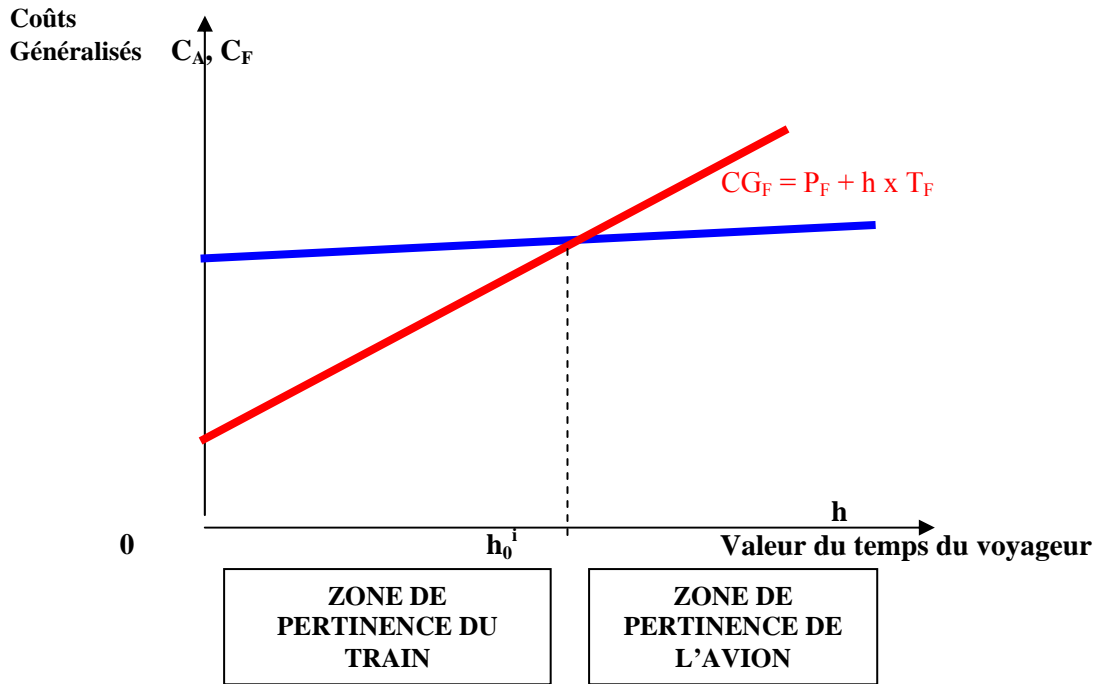
$F(h) = \int_0^h f(x) dx$  donne la proportion de voyages dont la valeur du temps est inférieure à  $h$ .

Dans ces conditions, la proportion  $Y_i$  d'utilisateurs de l'avion dans le trafic total sera donnée par :

$$Y_i = \int_0^{+\infty} f(x) dx = 1 - F(h_0^i).$$

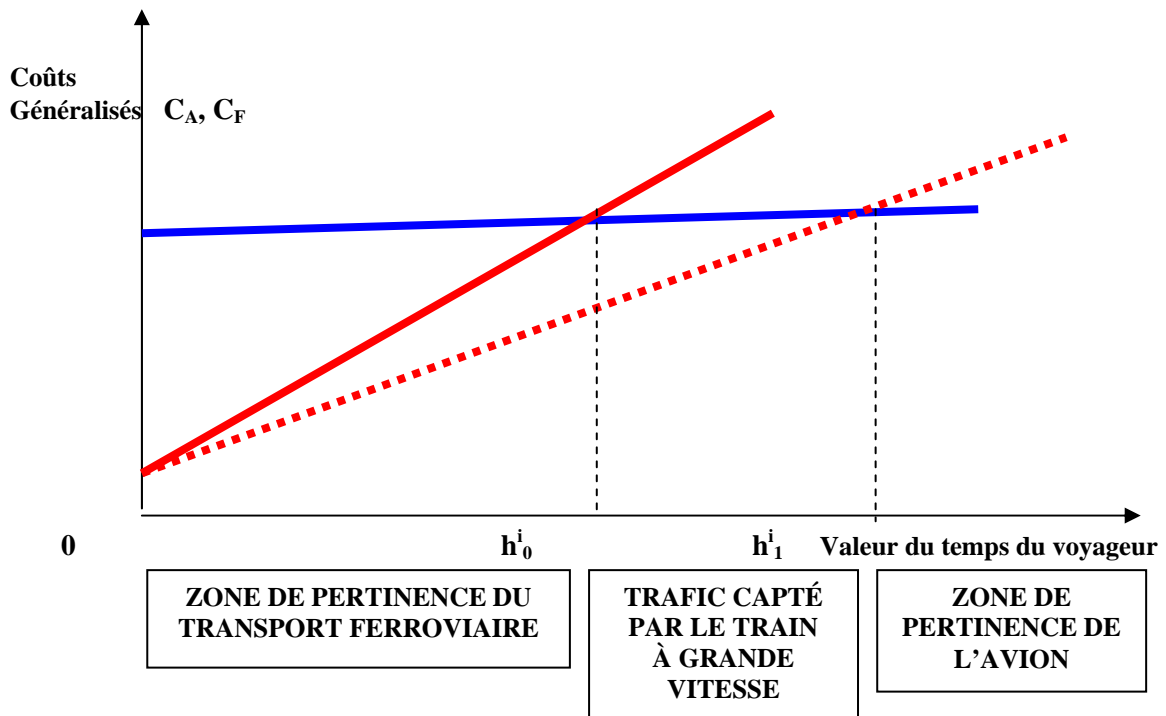
Cela est illustré par les deux Figures suivantes :

Figure 2. Coûts généralisés comparés du train et de l'avion



Si maintenant on met en place un train à grande vitesse qui procure un gain de temps important, cela va modifier le coût généralisé du train toutes choses égales par ailleurs. La droite de  $C_{G_F}$  pivote.

Figure 3. Grande vitesse amélioration de la part de marché du ferroviaire



Avec :

$$\begin{aligned} \text{Train } C_{gF} &= P_F + h \times T_F \\ \text{Avion } C_{gA} &= P_A + h \times T_A \\ \text{TGV } C_{g_{\text{tgv}}} &= P_{\text{tgv}} + h \times T_{\text{tgv}} \end{aligned}$$

Figure 4. **Distribution des valeurs du temps**

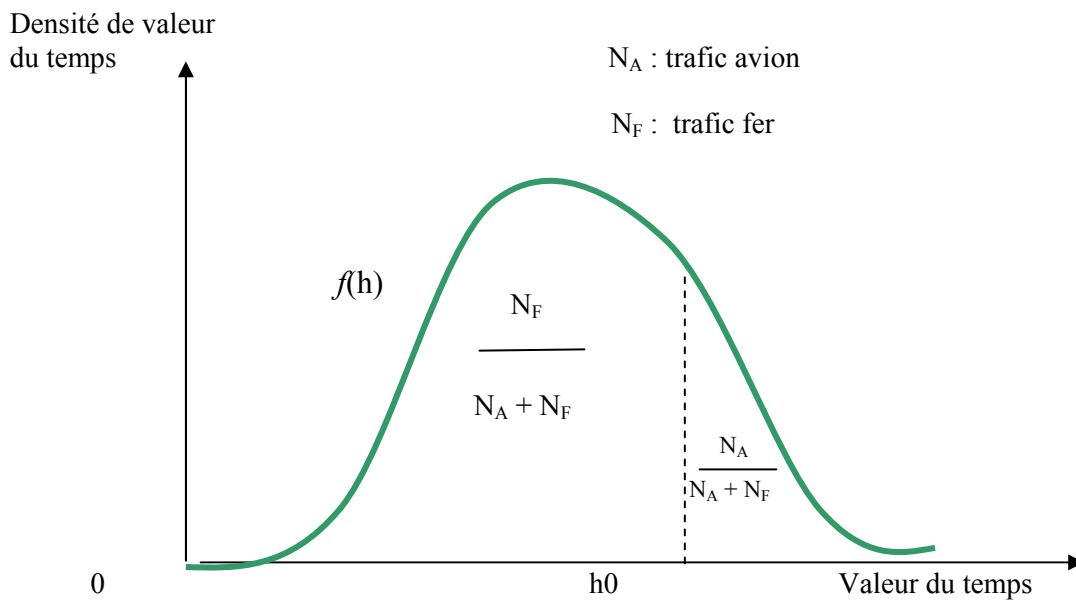
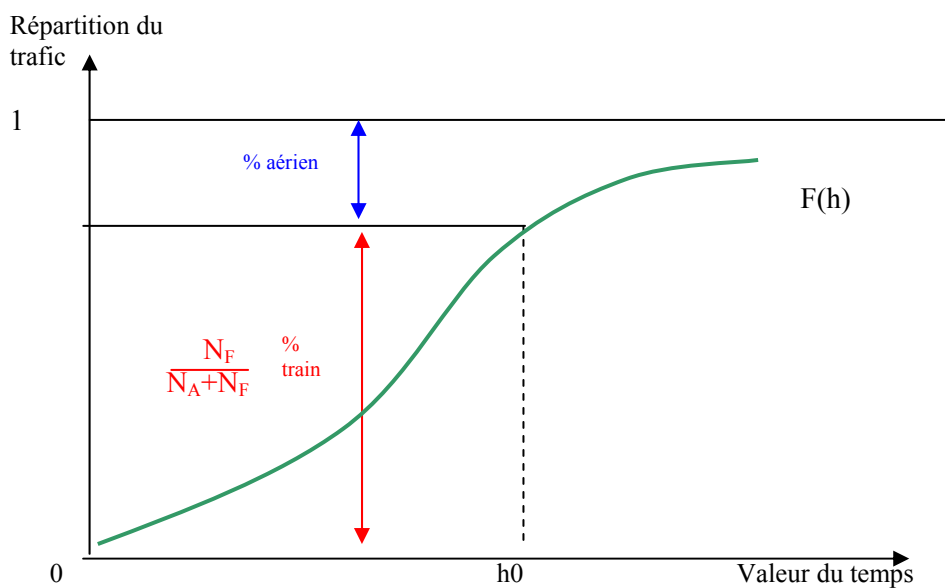


Figure 5. **Répartition des trafics en fonction de la valeur du temps**





$$Y = \frac{N_A}{N_A + N_F}$$

Compte tenu des connaissances acquises sur la distribution des revenus dans la population d'un grand nombre de pays, on peut retenir une fonction de densité de la valeur du temps  $f(h)$  log-normale, c'est-à-dire :

$$f(h) = \frac{1}{h\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\text{Log}h - \text{Log}m)^2}{2\sigma^2}\right]$$

avec  $\sigma$  écart type du logarithme des valeurs du temps et  $m$  médiane des valeurs du temps.

L'ajustement du modèle consiste à calibrer les paramètres de la loi log-normale, c'est-à-dire l'écart-type du logarithme des valeurs du temps et la médiane des valeurs du temps. Le calibrage doit être effectué sur le plus grand nombre de relations possibles, relations sur lesquelles existent les deux modes de transport en concurrence (ici le train et l'avion). Cette dispersion souhaitée des données recueillies permet de s'assurer que la stabilité de l'ajustement des paramètres est bien vérifiée et, notamment, qu'il existe bien dans le pays concerné une corrélation entre la médiane des valeurs du temps exprimée en monnaie constante, et la consommation des ménages en volume.

Ce modèle est agrégé dans la mesure où il reconstitue des parts de marché. Une fois le modèle calibré, la valeur du temps est fixée pour pouvoir tester différents scénarios d'évolutions du système des transports. Pour obtenir des projections à moyen et long terme, on corrèle la valeur du temps future à l'augmentation prévisible des revenus. Enfin, il convient de signaler qu'il existe plusieurs variantes du modèle prix temps. C'est en fait la formulation du coût généralisé qui est différente d'un modèle à l'autre. Cette remarque suffit à montrer que la valeur du temps n'est pas une donnée qui s'impose à l'économiste comme une évidence. Il s'agit au contraire d'une valeur construite sur la base raisonnements souvent très élaborés.

Des travaux récents (De Palma et Fontan 2001, Blayac et Causse 2002, Hensher 2001) ont d'ailleurs montré qu'il était possible d'améliorer la prise en compte de la valeur du temps dans la modélisation de la demande de transport. L'idée fondamentale est dans ces travaux, fondés sur des modèles désagrégés intégrant une dimension aléatoire dans la demande des individus, de considérer une relation non linéaire entre gains de temps et utilité. Leur principal résultat est non pas une réduction, mais plutôt un accroissement de la valeur révélée du temps de transport et donc, de fait, une préférence accrue pour la vitesse.

#### 1.4. Le temps et le choix des investissements

Le gain de temps est ainsi l'un des principaux objectifs des investissements dans le domaine des transports. Sa prise en compte est essentielle dans le calcul de la rentabilité socio-économique d'un projet, c'est-à-dire la rentabilité prenant en compte l'intérêt collectif et non pas seulement financier.

Ainsi étendue aux dimensions non monétaires du surplus que procure à la collectivité une nouvelle infrastructure de transport, l'analyse coûts avantages (*Cost benefit analysis*), donne une place centrale aux gains de temps qui représentent en général près des quatre cinquièmes des avantages non monétaires.

#### 1.4.1. L'actualisation : une autre approche économique du temps

L'actualisation en économie permet de prendre en compte la dimension temporelle et de comparer des sommes à des horizons distincts. Le principe de l'actualisation est le symétrique du principe de la capitalisation. Si l'on place un capital  $C_0$  sur un marché avec un taux d'intérêt  $r$  à l'année 0, le capital à l'année  $n$  est de  $C_n$  avec :

$$C_n = C_0 * (1 + r)^n$$

Pour l'actualisation, on utilise un **taux d'actualisation  $a$**  (en général par année) représentatif des préférences de disponibilité d'argent dans le temps. Un euro disponible dans un an est équivalent à  $1 + a$  euros disponibles aujourd'hui. Une somme  $S_n$  à l'année  $n$ , n'est prise en compte que de  $S_0$  avec :

$$S_0 = S_n / (1 + a)^n$$

Le taux d'actualisation, et son niveau, traduisent donc une préférence plus ou moins importante pour le présent. Un individu qui a une préférence pour le présent va avoir un taux d'actualisation très élevé, ce qui pénalise fortement les biens futurs. A l'inverse, un individu privilégiant le long terme aura un taux d'actualisation faible. Nous pouvons même imaginer que des individus puissent avoir une préférence pour le futur plutôt que pour le présent et donc un taux d'actualisation négatif.

Les travaux concernant l'actualisation en économie sont maintenant anciens. Ramsey (1928), Evans (1930) et Hotelling (1931, dans le cadre de ses travaux sur les ressources naturelles) ont effectué d'importantes contributions, ainsi que Massé (1946) ou Arrow et Kurtz (1970, sur le rôle du capital public). A la lumière de ces travaux, force est de constater que le taux d'actualisation représente plus que la préférence plus ou moins importante pour le présent.

- En première analyse, le processus d'actualisation peut être justifié par ce que les économistes appellent la préférence « pure » pour le présent, qui traduit en quelque sorte « l'impatience » des agents économiques. Un consommateur impatient aura un taux d'actualisation élevé et la consommation immédiate du produit lui confère plus de satisfaction que sa consommation à une période ultérieure. Ce taux de préférence pure pour le présent, noté  $p$ , est bien sûr une valeur comportementale. Arrow (1995 et 1996) propose, à partir de conclusions éthiques et empiriques, de retenir un taux de préférence pure de 1 pour cent. Cline (1999) propose quant à lui un taux de l'ordre de 2 pour cent. D'autres auteurs préconisent de prendre ce taux égal à 0, notamment pour des considérations morales vis-à-vis des générations futures, lorsque les projets ont des effets « intergénérationnels ». Ainsi, on peut trouver des propositions distinguant divers taux selon la durée du calcul. Pour des investissements inférieurs à 30 ans le taux de préférence pure pour le présent (environ 2 pour cent) peut être considéré dans le

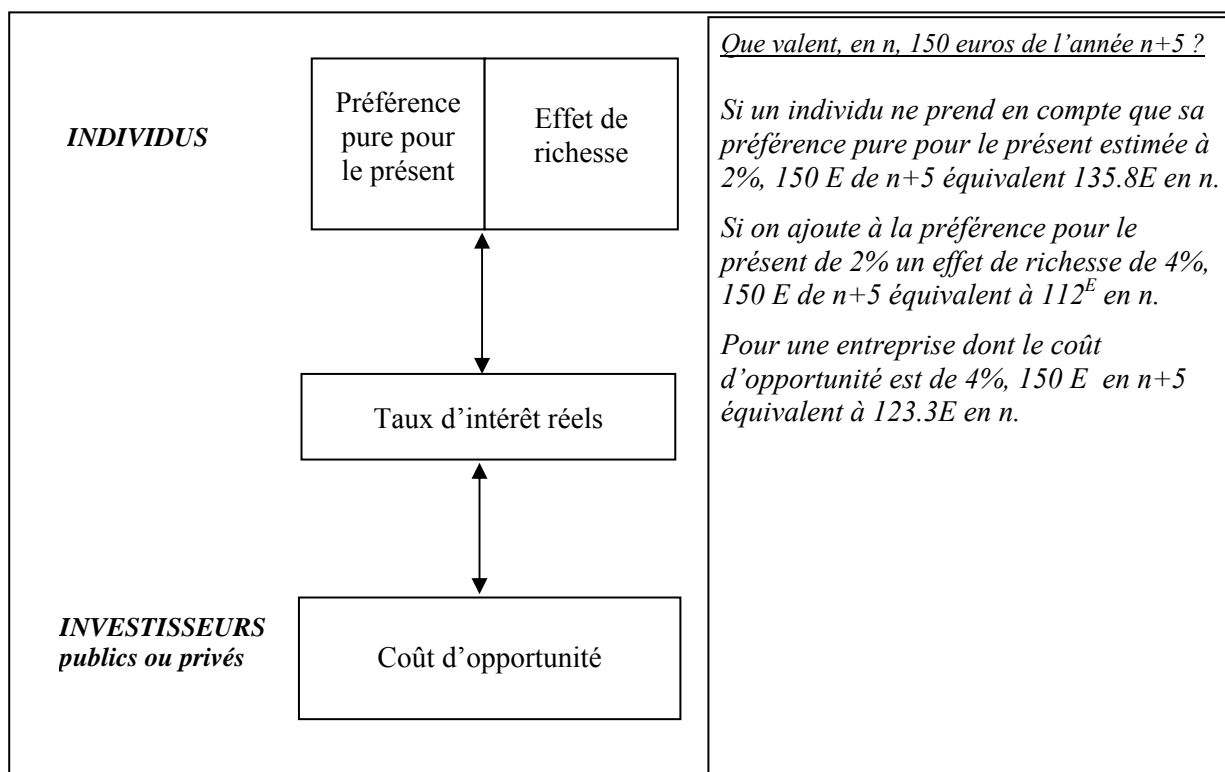
processus d'actualisation. Au-delà de 30 ans, il doit être pris égal à 0. D'autres auteurs comme Harvey, Heal, Overton et Mac Fadyen ont proposé diverses formules pour le taux d'actualisation, introduisant une variation de ce dernier dans le temps<sup>4</sup>.

- Le taux d'actualisation traduit aussi « un effet de richesse ». Les générations futures seront plus riches que la génération en cours. En conséquence, l'utilité que l'on a de consommer un euro aujourd'hui est plus forte que celle que l'on aura à utiliser ce même euro des années plus tard, même à inflation nulle. Cela signifie aussi que l'utilité d'un euro pour un individu « pauvre » est plus grande que l'utilité que retire un individu « riche » de cette même somme. A ce titre, il ne faut pas confondre taux d'actualisation et inflation, puisque l'on raisonne en monnaie constante. Le processus d'actualisation ne traduit donc pas l'effet d'une dépréciation de la valeur de l'argent due à une hausse des prix de la consommation. Cet effet richesse, noté  $\theta^*g$ , est souvent rapproché de la croissance des économies.  $\theta$  est ainsi un terme prenant en compte la décroissance de l'utilité marginale du revenu (en général la valeur retenue est proche de 1.5, ce qui correspond de façon approximative à l'inverse de l'élasticité de l'utilité marginale du revenu) et  $g$  est le taux de croissance du PNB par tête (les taux de croissance à long termes généralement retenus sont de 2 à 4 pour cent).
- Une troisième approche du taux d'actualisation, qui englobe les deux précédentes est celle du « coût d'opportunité ». L'immobilisation d'un capital étant improductive, le taux d'actualisation peut prendre en compte le profit potentiel d'un usage alternatif d'un capital donné, par exemple en le plaçant sur un marché financier avec un rendement garanti. Cette justification du processus d'actualisation tient aussi compte de la contrainte de rareté des ressources financières. Ce coût d'opportunité de l'argent, noté en général  $r$ , peut être rapproché du taux d'intérêt réel du marché financier (on pourrait retenir le taux réel des obligations à long terme, soit une valeur aux alentours de 4 pour cent).

Au total, le taux d'actualisation, en tant que méthode d'intégration du temps dans le calcul économique, peut être défini comme l'agrégation de trois termes : la préférence « pure » des agents économiques pour le présent avec un taux  $p$ , « l'effet de richesse »  $\theta^*g$  généré par l'action du temps et un « coût d'opportunité  $r$  de l'argent ». Pour autant, une telle agrégation ne signifie pas une simple somme des trois termes :  $p$ ,  $\theta^*g$  et  $r$ . Pour Böhm-Bawerk, repris ensuite par Cline<sup>5</sup>, il faut retenir un taux d'actualisation social pour les individus (ou encore taux d'actualisation « pure »), prenant en compte  $p$  et  $\theta^*g$ , c'est-à-dire la préférence pure pour le présent et l'effet de richesse. Ce taux ne prendrait pas en compte le coût d'opportunité de l'argent. A l'inverse, pour les firmes et pour les investisseurs publics, c'est le coût d'opportunité qui prévaut dans la détermination du taux d'actualisation. La préférence pure pour le présent ou l'effet de richesse sont implicitement contenus dans cet ensemble plus vaste qu'est le coût d'opportunité de l'argent.

Au-delà d'un simple calcul économique, définir le taux d'actualisation à appliquer nécessite de définir le cadre et le contexte dans lequel sont effectués les projets. Par exemple, la mondialisation de l'économie et plus encore celle des capitaux est de nature à remettre en cause les méthodes de détermination du taux d'actualisation (voir Lind 1990, Obstfeld 1986). Il en est de même pour la prise en compte d'éléments d'ordre stratégique. A tel point que le choix du taux d'actualisation pour les grands projets d'infrastructure renvoie certes à des raisonnements économiques, mais constitue *in fine* un choix politique, tout spécialement dans le domaine des infrastructures de transport.

Figure 6. Taux d'actualisation : trois approches de la valeur du temps



#### 1.4.2. Le temps et le calcul économique public dans le champ des infrastructures de transport

Le taux d'actualisation est très important dans le calcul économique public, puisque son niveau va déterminer en partie l'orientation prise par les pouvoirs publics en termes d'investissement. Mais l'intégration du temps n'est pas seulement présente dans le taux d'actualisation, elle est aussi présente dans les gains de temps procurés par une vitesse accrue de déplacement. On le voit dans les formules ci-dessous, qui classiquement, définissent le bénéfice net actualisé (BNA) et Taux de Rentabilité Interne (TRI) socio-économique :

Le BNA est le pendant de la Valeur Actualisée Nette (VAN), mais en prenant en compte l'intérêt pour la collectivité, ce qui conduit à estimer la valeur monétaire, les différents avantages et coûts d'un investissement public. Les avantages ainsi monétarisés, notés  $A_j$  sont décisifs, au numérateur de la formule ci-dessous, pour déterminer la rentabilité socio-économique d'un projet.

$$BNA = \sum_{j=t_p-t_r}^{j=t_n-t_r} \frac{-\Delta I_j + \Delta R_j - \Delta C_j + \Delta A_j}{(1+a)^j} + \frac{K_{t_n}}{(1+a)^{t_n-t_r}}$$

$I_j$  = Investissements à la période J  
 $R_j$  = Recettes à la période J  
 $C_j$  = Coûts à la période J  
 $A_j$  = Avantages de la période J, non monétaires mais monétarisés  
 $K_t$  = Valeur résiduelle  
 $a$  = taux d'actualisation

L'ensemble des variables présentées sont des valeurs actualisées à une année de référence, notée  $t_r$ . Pour les investissements dans le domaine des transports, l'année de référence couramment utilisée est l'année précédant la mise en service ou la première année de mise en service. Dans la formule ci-dessus,  $t_p$  correspond à l'année où débutent les travaux et  $t_n$  à la dernière année d'exploitation prise en compte dans le calcul.

Le TRI socio-économique est le taux d'actualisation qui annule le BNA. Aussi, dès lors qu'un projet a un TRI socio-économique supérieur au taux d'actualisation de référence, ce projet est considéré comme rentable : c'est-à-dire que par rapport aux coûts d'investissements, le projet dégage un surplus global suffisant (par exemple son BNA est positif).

La façon de prendre en compte le temps est donc doublement décisive dans le calcul économique public.

- D'une part, car le choix d'une valeur du temps particulière, représentant un pourcentage plus ou moins élevé du salaire moyen, va modifier sensiblement les résultats du projet. D'autant que le temps gagné représente souvent une part non négligeable des éléments qui rendent positif le numérateur du premier terme de la formule ci-dessus.
- D'autre part, le choix du taux d'actualisation, s'il est élevé, peut pénaliser la mise en place de projets de long terme pour favoriser des investissements plus rapidement rentables pour la collectivité. Le taux de référence peut donc s'interpréter comme une préférence de la collectivité pour des projets dont les effets sont rapidement visibles ou au contraire pour une valorisation plus forte des effets de long terme.

Pour illustrer ce propos, nous pouvons nous référer à l'exemple suivant, certes caricatural. Il s'agit pour la collectivité d'améliorer la liaison entre deux pôles économiques majeurs. Deux possibilités d'investissement s'offrent à elle : améliorer la liaison routière ou améliorer la liaison en transports en commun, avec des gains de temps similaires et des coûts d'investissements égaux.

Si la collectivité privilégie le court terme avec un taux d'actualisation élevé, son choix d'investissement s'orientera plutôt vers l'amélioration de la liaison routière. En effet, le gain de temps profitera dans un premier temps à beaucoup plus d'usagers (on suppose que dans la situation initiale la route est plus utilisée que les transports publics). Même si les coûts externes augmentent (pollution, bruit, ...), le surplus dégagé dans les premières années sera plus important que le projet en transport en commun. A plus long terme, des effets pervers peuvent se produire : on observe une croissance de la motorisation, les individus changent leurs habitudes de déplacement, en profitent pour habiter plus loin et les distances parcourues sont plus importantes, la part des transports en commun chute et on observe des phénomènes accrus de congestion et donc de pollution. Avec un taux d'actualisation élevé, l'ensemble de ces effets (sous réserve qu'on puisse les prévoir et les évaluer) n'a que peu d'importance au moment du calcul et n'affecte que de peu la rentabilité du projet d'investissement routier. Ce dernier reste alors supérieur à celui du projet d'investissement dans les transports en commun. En revanche, avec un taux d'actualisation faible, ces effets à long terme peuvent affecter de

façon significative le calcul de rentabilité et faire baisser le TRI socio-économique du projet routier au profit du projet d'investissement dans les transports en commun, surtout si les coûts externes (insécurité, pollution) spécifiques de la route sont valorisés à des niveaux élevés.

D'une certaine façon, au cœur même du calcul économique, la prise en compte du temps peut se faire de façons diverses, plus ou moins conflictuelles. Si l'on choisit une valeur du temps élevée et un taux d'actualisation fort, se manifeste une forte préférence pour le présent et la vitesse. Un taux d'actualisation modeste, voire nul, et une faible valeur du temps militent au contraire en faveur d'une préférence pour le futur et d'un faible penchant pour la vitesse. Mais, il est aussi possible d'adopter des visions partiellement conflictuelles avec une valeur du temps forte et un taux d'actualisation faible ou, symétriquement, une faible valeur du temps et un fort taux d'actualisation. Il est à ce titre intéressant, à taux d'actualisation donné, de suivre la façon dont se font implicitement les arbitrages collectifs en faveur ou en défaveur de telle ou telle valeur du temps. Face aux problèmes de congestion notamment, l'objectif d'accroissement des vitesses garde-t-il toujours et partout sa pertinence ?

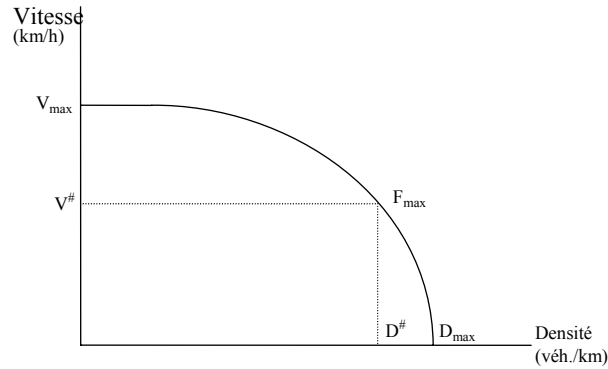
### **1.5. La tarification de la congestion : illustration ou pierre d'achoppement de l'importance de la variable « temps de transport » ?**

Lorsqu'en 1930, A.C. Pigou présente son fameux exemple d'internalisation des coûts de congestion, donc des pertes de temps, par la mise en place d'un tarif, son principal objectif est d'obtenir le maximum de fluidité en répartissant de façon optimale le trafic sur deux itinéraires concurrents. Cette démarche revenait à rapprocher explicitement l'ingénieur et l'économiste, ce que feront plus précisément encore ses successeurs en se fondant sur les enseignements de la courbe débit vitesse. A partir de cette base technique, les économistes ont ensuite développé leurs propres problématiques en insistant sur la relation entre tarification et financement des infrastructures, lequel révèle la préférence pour la vitesse. Mais cette préférence se heurte, en zone urbaine, à quelques obstacles majeurs.

#### **1.5.1. La courbe débit-vitesse et les acquis de l'ingénierie de trafic**

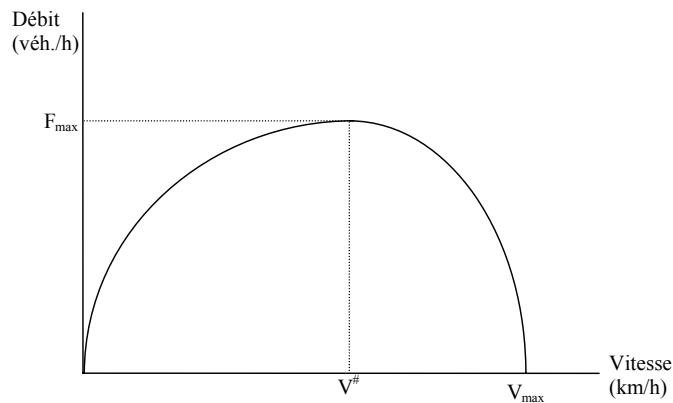
Le modèle statique « standard » de congestion est relativement simple dans sa construction. On considère une infrastructure de capacité constante, avec une seule entrée et une seule sortie. Le « diagramme fondamental » issue des données de l'ingénierie de trafic décrit comment la vitesse  $V$  (mesurée par exemple en mètres-seconde, ou en kilomètres-heure) diminue lorsque la densité  $D$  (mesurée en nombre de véhicules par mètre de chaussée) augmente. On suppose que la vitesse maximum  $V^{\max}$  est atteinte pour une densité positive (ce qui explique la partie plate au début de la courbe), et que la densité maximum  $D^{\max}$  correspond à une vitesse nulle (le flux de véhicules devient un « stock » de véhicules). Par analogie avec la théorie de la dynamique des fluides, le débit ou flux de véhicules  $F$  (mesuré en nombre de véhicules par seconde) correspond au produit de  $D$  et de  $V$ . Dans ces conditions, il existe un débit maximum  $F^{\max}$  correspondant à une certaine combinaison de vitesse et de densité, notées  $V^{\#}$  et  $D^{\#6}$ .

Figure 7. **Vitesse et densité de trafic**



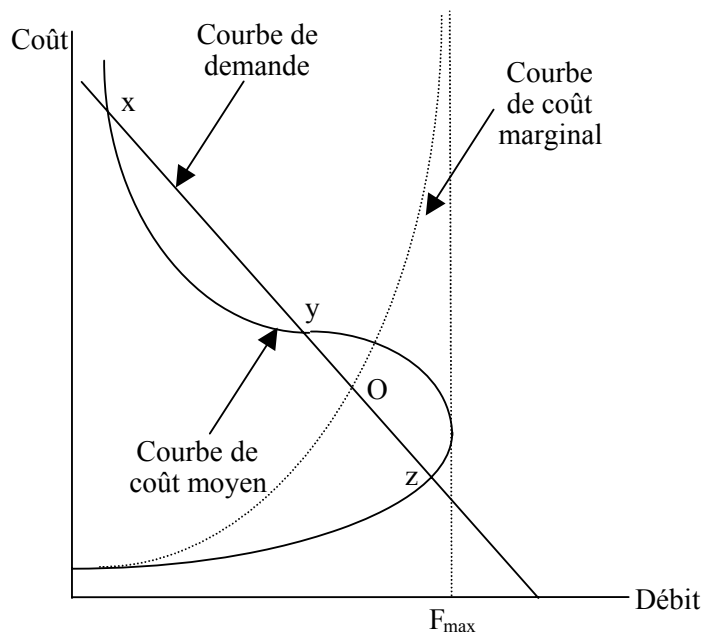
On peut déduire de cette courbe densité-vitesse une courbe débit-vitesse dont le profil est caractéristique : le débit et la vitesse sont positivement corrélés jusqu'en  $F_{max}$ , et ensuite négativement corrélé (un débit supérieur à  $F_{max}$  implique une vitesse inférieure à  $V^{\#}$ ).

Figure 8. **La courbe débit-vitesse**



Si l'on fait l'hypothèse que seuls les coûts du temps déterminent le coût de déplacement des usagers, et sachant que le temps de déplacement évolue comme l'inverse de la vitesse, on peut dériver de la courbe débit-vitesse une courbe de coût moyen de déplacement pour une distance et une valeur du temps données. On obtient ainsi la courbe coût moyen-débit à la base des modèles statiques (Figure 9).

Figure 9. La relation entre le débit et le coût temporel du déplacement



Le débit maximum  $F_{max}$ , suppose un certain niveau de congestion. La pente de la courbe de coût moyen dans la partie basse de la courbe est due au fait que, si le nombre d'automobilistes s'accroît, la vitesse diminue, mais le débit continue à augmenter. Au-delà de la capacité maximale, un accroissement du nombre de véhicules en circulation entraîne une baisse de la vitesse et une réduction du débit. La différence entre la courbe de coût moyen et la courbe de coût marginal représente le coût marginal externe de congestion, c'est-à-dire la part des coûts de congestion imposés par un usager aux autres automobilistes. L'utilisateur choisit d'utiliser l'infrastructure en fonction de son coût moyen de déplacement, ce qui aboutit à une « surconsommation » dans la mesure où les coûts supportés par l'utilisateur ne représentent pas l'ensemble des coûts qu'il génère. Dans ces conditions, le prix optimal, ou péage de congestion correspond à la différence entre ces deux grandeurs.

### 1.5.2. La difficile mise en application de la tarification de la congestion

Du point de vue de l'analyse économique, la nécessité de la tarification de la congestion semble une affaire entendue. Elle représente un progrès par l'intégration dans le calcul économique des agents des pertes de temps liées à la congestion. Pour justifier la substitution d'une logique de prix à la gratuité, associée au financement par l'impôt, nous pouvons nous tourner vers Jules Dupuit<sup>7</sup>, connu pour avoir fondé l'idée d'une tarification spécifique des infrastructures de transport consistant à tenir compte des capacités contributives. Dans l'ensemble des infrastructures routières, il faut en effet distinguer celles qui existent depuis longtemps, peu ou prou amorties, et celles qui n'existent pas encore, ou qu'il faut financer alors même que les usagers sont relativement repérables. Il en va ainsi d'un pont ou d'un tunnel, ouvrage d'art destiné à répondre à un besoin précis et localisé



d'amélioration des conditions de circulation. Jules Dupuit démontre qu'un financement par l'utilisateur est possible (péage) et plus rémunérateur, si le tarif tient compte des capacités contributives des utilisateurs, c'est-à-dire si l'on pratique une certaine discrimination.

La tarification de la congestion est une forme de discrimination qui consiste à différencier les tarifs dans le temps, en fonction du degré de congestion de l'infrastructure, et donc à déplacer le tarif sur la courbe de distribution des valeurs du temps. Celui qui est prêt à payer plus pour circuler mieux en heure de pointe retire une plus grande utilité que celui qui préfère payer moins en changeant de mode ou en décalant son déplacement dans le temps, en heure creuse. Ainsi, avec la différenciation temporelle des prix, la collectivité fait coup double :

- d'une part, elle optimise l'usage de l'infrastructure en tenant compte de l'utilité différentielle des usagers. Le signal prix est pleinement dans son rôle, indiquer les raretés relatives et opérer une sélection entre les demandeurs ;
- d'autre part, elle dégage des ressources financières permettant de couvrir les coûts des infrastructures.

Une tarification différenciée en fonction des degrés de congestion de la voirie peut donc contribuer à la fois à l'orientation de la demande, en écartant ceux qui provoquent la congestion et dégradent ainsi la qualité de service ; et à l'orientation de l'offre, en donnant la priorité à la construction des infrastructures dont une telle tarification assure la couverture des coûts. Les trois objectifs que se fixe généralement la tarification des services publics (couverture des coûts, orientation de la demande et redistribution) sont ainsi conjointement pris en compte par ce type de tarification, raison pour laquelle elle est pratiquée depuis longtemps dans le domaine du transport aérien et pour la grande vitesse dans le transport ferroviaire. Elle est également préconisée dans le domaine routier, notamment en zone urbaine, mais son application est loin d'être généralisée.

Il est donc nécessaire de s'interroger sur la raison pour laquelle une solution aussi performante a tant de mal à se concrétiser. Faut-il considérer que les politiques publiques sont en retard sur la réflexion économique? Ou doit-on envisager le fait que le rôle central donné au temps de transport, et donc à la vitesse, dans les raisonnements ci-dessus, mérite un nouvel examen ?

Les interrogations sur la pertinence universelle du modèle prix temps surgissent essentiellement en zone urbaine quand on s'interroge sur les objectifs de la tarification.

- Lorsqu'il est destiné à financer de nouvelles voiries urbaines, généralement très coûteuses (tunnels, ponts ...), le péage doit atteindre un niveau généralement inacceptable pour la grande majorité des habitants. La tarification bute sur un « triangle d'incompatibilité » qui empêche d'avoir en même temps : un usage quasi quotidien et une forte tarification sans véritable itinéraire alternatif. Pour que le péage soit acceptable socialement, son niveau doit être abaissé. Il en résulte une insuffisance de recettes qui oblige à des transferts publics massifs au profit du mode routier ce qui revient à subventionner le transport routier de personnes. Les gains de temps et leurs implications économiques deviennent alors le prétexte à une subvention qui peut se justifier si elle ne rentre pas en conflit avec d'autres objectifs environnementaux (pollution, bruit...) ou urbains (étalement urbain, partage modal...).
- S'il s'agit d'un péage de congestion « pur », destiné à assurer une certaine fluidité du trafic sans infrastructure nouvelle, il ne faut pas perdre de vue l'élasticité relativement faible de la demande en heure de pointe. Sauf à hausser le péage à des niveaux très élevés<sup>8</sup>, le nombre de véhicules restera important et le gain en vitesse sera faible. Il est à noter que cette faible élasticité révèle plus une captivité des automobilistes qu'une réelle disposition à payer. C'est la principale cause de la difficulté de la mise en place du péage de congestion, déjà soulignée

par Baumol et Oates. Le péage de congestion conduit en moyenne à un transfert net au profit de la collectivité. Le gain que représente le gain de temps autorisé par une fluidité accrue est plus que compensé par le coût du péage, si l'on se fonde sur la valeur du temps moyenne. En d'autres termes, seule la petite minorité d'individus dotée d'une très forte valeur du temps est gagnante en cas de péage de congestion, si ce dernier est instauré dans une situation où les usagers n'ont pas de réelle alternative en termes d'itinéraire ou d'horaire de déplacement.

En zone urbaine dense, des interrogations surgissent donc sur la recherche de la vitesse automobile comme moyen de réduire le coût généralisé. La pression de la demande de circulation automobile demeure en effet très forte et toute amélioration locale de la fluidité conduit à un accroissement global du trafic. Sauf à surdimensionner systématiquement le réseau ou à imposer des tarifs socialement et politiquement insoutenables<sup>9</sup>, il est vain de se donner un objectif vague et général de fluidité, c'est-à-dire de vitesse. Ce que nous enseignent les politiques urbaines récentes est au contraire la nécessité d'une approche différenciée du réseau. Si, sur de nombreux itinéraires, il est opportun de maintenir une certaine vitesse, il n'en va pas de même pour le centre-ville et pour les voies y conduisant. Dans le premier cas, il peut être nécessaire d'envisager la mise en place de nouvelles infrastructures. Dans le second, au contraire, c'est plutôt un abaissement des vitesses que visent aujourd'hui les élus, pour des raisons de sécurité, mais aussi, et surtout, de requalification urbaine. Le raisonnement peut paraître paradoxal et même antiéconomique, puisqu'il s'agit de limiter le trafic et, pour cela, de réduire les espaces viaires. Nous allons pourtant voir dans la seconde partie que sous certaines conditions, cet objectif est sans doute acceptable. Le problème étant de définir sa zone de pertinence.

## **2. LE TEMPS DE TRANSPORT : UNE CONSTANTE DES PROGRAMMES D'ACTIVITÉ ET UN DILEMME POUR LES CHOIX COLLECTIFS**

L'objectif de minimisation des coûts généralisés du transport constitue un élément clé de la compréhension des choix individuels et collectifs en matière de transport. Ce mécanisme conduit les usagers à privilégier les modes de transport les plus rapides, ceux qui font « gagner du temps ». Il ne faut pourtant pas en déduire que les usagers passent de moins en moins de temps dans les transports. Tout au contraire, puisque le temps gagné est en quelque sorte réinvesti dans les transports comme l'énonce la conjecture de Zahavi. La prise en compte de cette dernière invite à regarder au-delà du temps consacré au transport pour s'intéresser aux programmes d'activité des individus. Il est en effet plausible que le temps de transport gagné dans un déplacement type soit réinvesti, soit en distance supplémentaire (éloignement accru entre le domicile et le lieu de travail), soit en déplacements supplémentaires liés à des activités nouvelles. En soi, ce type d'effet revenu n'a rien de surprenant dans l'analyse économique. Mais, dans la mesure où il se concrétise par des effets non voulus, qui remettent en cause le caractère durable de la mobilité, notamment en zone urbaine, la question se pose de savoir s'il ne faut pas substituer à l'objectif clé de réduction du coût généralisé des transports, un objectif d'accroissement de ce même coût généralisé, fut-ce dans certains cas par une réduction de la vitesse de déplacement !

## 2.1. La conjecture de Zahavi

Y. Zahavi, économiste de la Banque Mondiale, a énoncé, dans les années 70, deux hypothèses sur la constance du budget temps et du budget monétaire consacré au transport. Cette double constance a donné naissance sous la plume de cet auteur à deux types de travaux :

- Un recueil de données tendant à confirmer la constance du budget temps d'une part et du budget monétaire par rapport au revenu d'autre part.
- Un modèle de prévision du trafic (UMOT) dans les agglomérations, à partir des données sur les vitesses relatives des différents modes et l'évolution des revenus.

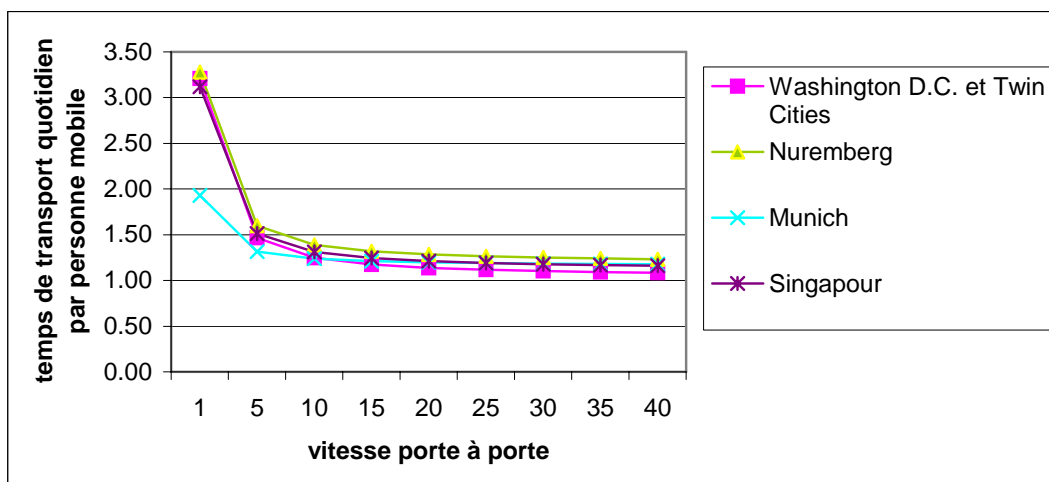
Le niveau du budget temps moyen de transport associé à la conjecture de Zahavi est d'environ une heure de transport. Plus exactement, le résultat de Zahavi consiste en une approximation du budget temps moyen au niveau d'une agglomération par une forme mathématique décroissante et très rapidement convergente, de la vitesse moyenne de déplacements. Ainsi, il décrit la relation entre la vitesse de déplacement et le budget temps moyen par la fonction suivante :

$T = b + \frac{a}{vitesse}$  , où  $T$  est le temps de transport par personne mobile,  $a$  et  $b$  sont des coefficients à déterminer,  $b$  peut être interprété comme le temps minimum qu'un individu allouera au transport. Le niveau de  $b$  sera en conséquence juste inférieur à une heure de transport.

Pour l'ensemble des estimations qui ont été réalisées sur différents échantillons, Zahavi obtient une convergence très rapide du budget temps moyen vers une heure de transport. En fait, dès que la vitesse moyenne excède la vitesse de la marche à pied, le budget temps apparaît comme convergeant au niveau d'un peu plus d'une heure de déplacement quotidien.

Dès que les 10 km/h sont atteints, les budgets temps de transport se regroupent dans un intervalle relativement étroit. Les courbes admettent comme asymptotes les valeurs de  $b$ , qui sont pour ces villes relativement proches ( $b \in [1,03 ; 1,18]$ , en heure de transport). Le coefficient  $a$  indique à quelle vitesse la convergence du budget temps de transport se fera. Plus  $a$  sera faible, plus rapidement le budget temps diminuera avec la vitesse ( $a \in [2,01 ; 2,18]$ , sauf Munich :  $a = 0.77$ ). Cependant, le niveau du budget temps est dépendant de l'unité d'observation utilisée. Pour les analyses fondées sur les personnes mobiles, le budget temps dépasse de peu une heure de transport. Mais, la constance des budgets temps de transport a pu être « illustrée » à partir d'autres unités d'observation que les personnes mobiles.

Figure 10. Temps de transport par personne mobile et vitesse porte à porte



Source : Y. ZAHAVI (1979), *The UMOT Project*.

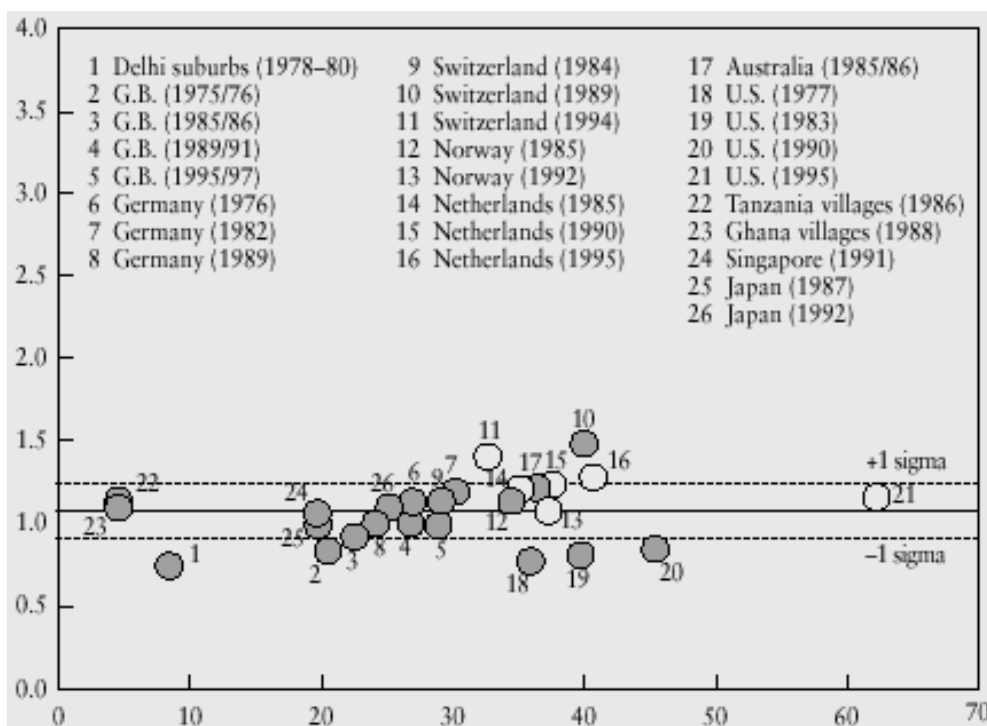
Dans une étude antérieure<sup>10</sup>, Zahavi met en avant les durées quotidiennes de déplacement par véhicule. A partir de données sur 18 villes hétérogènes<sup>11</sup>, l'existence d'un niveau de motorisation critique de la population apparaît, et à partir de celui-ci les durées quotidiennes par véhicule se concentrent autour d'une même moyenne : 0.8 heure par véhicule et par jour. A partir de données relatives au véhicule, la constance des durées de transport par véhicule semble être confirmée. Les durées quotidiennes de déplacement par véhicule dans les villes de pays développés (villes dont le niveau de motorisation est supérieure à 10 pour cent, en voiture particulière par personne) sont comprises dans un intervalle étroit : [0.70 heure ; 0.88 heure] soit [42 minutes ; 53 minutes].

Les hypothèses et les premiers travaux de Zahavi ont été confirmés récemment par les résultats de A. Schafer (2000) qui bénéficient des améliorations portées aux enquêtes de transport dans les différentes zones étudiées. Ceci lui permet de présenter des budgets temps de transport quotidiens constants dans le temps et l'espace sur une période s'étendant de 1975 à 1997, alors que les distances parcourues sont très variables d'un pays à l'autre et croissantes dans le temps.

A. Schafer a fourni le même travail sur une grande diversité de villes<sup>12</sup>. Ainsi la Figure suivante laisse apparaître un intervalle d'une quarantaine de minutes qui concentre l'ensemble des budgets temps de déplacement moyens des villes étudiées. Le niveau de PIB des pays considérés n'intervient pas de façon marquante sur le niveau du budget temps de transport. Et pour certaines villes dont la durée d'observation est suffisante, nous pouvons voir une illustration de la persistance de la constance du budget temps malgré la croissance économique des pays (Paris, Tôkyô, Ôsaka).

Figure 11. **Budgets temps de transport, en heure par personne par jour**

Distance quotidienne parcourue, kilomètre par personne par jour

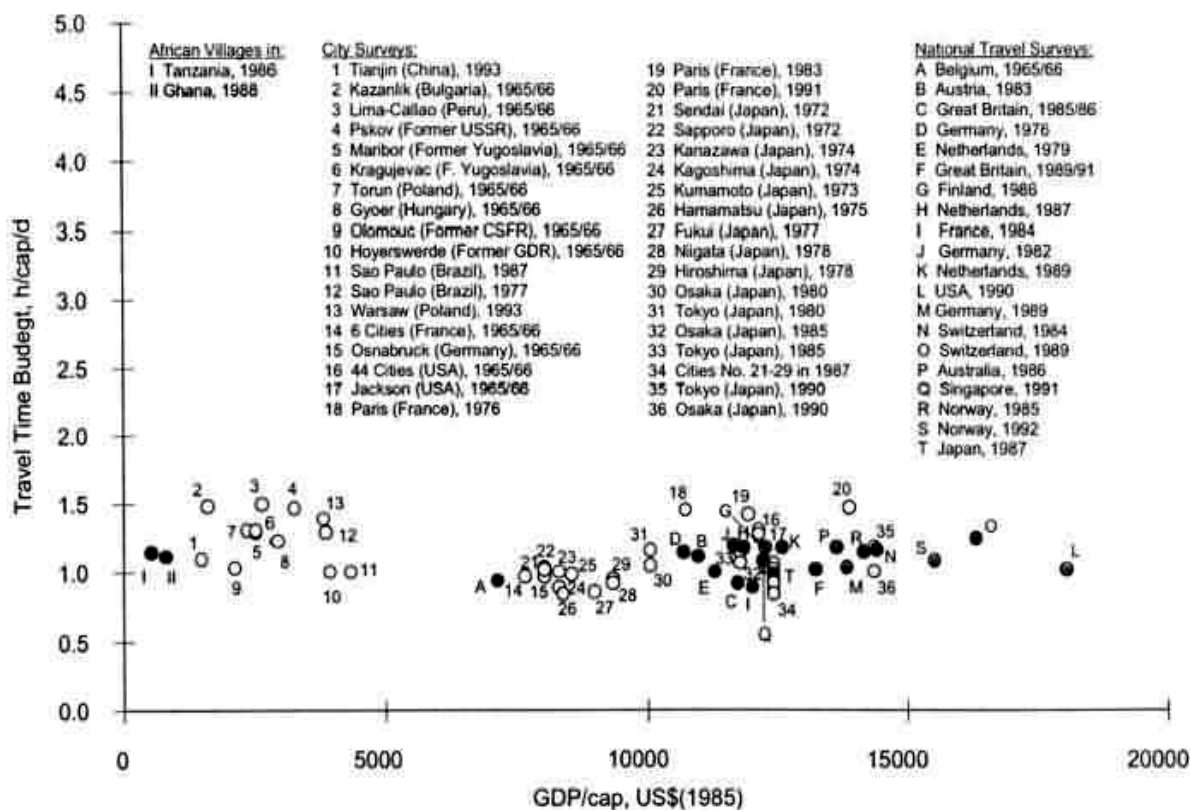


Source : Schafer, A. (2000), *Regularities in travel demand...*

## 2.2. Valeur du temps et optimisation des programmes d'activité

Il est important de noter que dans le raisonnement de Zahavi, la constance des budgets temps ne doit pas être reliée à des considérations sociologiques ou biologiques. Il ne s'agit pas d'une donnée structurelle, qui s'imposerait à nous en vertu par exemple d'une surdétermination chrono-biologique. Nous sommes au contraire typiquement en présence d'un raisonnement microéconomique d'optimisation. Il suffit pour s'en convaincre de constater que la convergence n'existe pas là où les taux de motorisation sont faibles ou nuls. Suite à l'introduction d'une vitesse accrue des déplacements grâce à l'automobile et à certains transports en commun, les individus modifient leurs arbitrages, d'abord en faveur d'une vitesse moyenne supérieure qui réduit le temps total de déplacement, puis en faveur d'un maintien du budget temps, et cela à vitesse constante ou croissante, au profit d'un allongement des distances parcourues, indicateur simple mais robuste des opportunités d'activité qu'offrent les déplacements.

Figure 12. Budget temps de transport moyen par personne



Source : Schafer, A., D.G. Victor (2000), *The future mobility of the world population*.

D'une certaine façon, la question de la stabilité relative du budget temps de transport peut être analysée comme l'évolution de l'arbitrage entre temps de travail et temps de loisir (au sens large) dans les pays développés. Selon le modèle de G. Becker en effet, la hausse des salaires réels pousse les individus, notamment les femmes, à arbitrer en faveur d'une durée du travail plus importante qui permet d'acheter des objets capables de réduire le temps contraint, passé à l'entretien du domicile ou à l'éducation des enfants. Mais ce processus de substitution est borné car la réduction du temps « contraint » passé à la maison révèle l'utilité du temps non contraint (par exemple loisir, culture...) passé en dehors du lieu de travail. Après avoir réduit le temps passé hors travail et à partir d'un certain niveau de revenu, l'effet de substitution cède la place à l'effet revenu. L'utilité que procure le temps libre devient croissante. Il en va de même pour le temps de transport. Si l'accès à la vitesse pousse dans un premier temps à réduire le temps de transport, une évolution asymptotique se manifeste ensuite, car le maintien d'un temps de transport à peu près constant est tout simplement la condition d'une diversification des activités de l'individu et donc d'une utilité croissante. Mais la seule prise en compte du budget temps est insuffisante, il faut aussi comme nous y invite la microéconomie, prendre en compte l'ensemble des ressources, y compris monétaires, pour saisir le cœur des arbitrages et leur implication sur les programmes d'activité des individus.

Dans les modèles microéconomiques les plus classiques, deux ressources interviennent dans l'univers de choix de mobilité : le revenu et le temps disponibles. Le niveau de mobilité choisi par un individu résultera donc des rapports entre les différents coûts et avantages de son transport. Alors que la valeur de l'utilité du transport est une notion très subjective, car propre aux préférences des individus, les coûts de transport peuvent être exprimés par une unité de mesure : la monnaie ou le temps. Et le montant de ces coûts est dicté, d'une part, par les prix du marché, pour les coûts monétaires de transport, et d'autre part, par le prix du transport en terme temporel qui découle de la vitesse de déplacement et de la valeur du temps.

Sur la base d'une telle représentation du comportement de la mobilité, les programmes d'activité et le transport individuel s'articulent autour de cinq éléments : les coûts monétaires, les coûts temporels, les ressources monétaires, les ressources temporelles et la valorisation utilitaire du transport. Tout choix de programme d'activité devra donc être envisagé par rapport à ces cinq axes. Ainsi, une certaine forme de compensation existe entre les coûts monétaires et les coûts temporels lors de l'acquisition de vitesse plus élevée afin de gagner du temps. Ainsi, les populations qui peuvent accéder à la dépense monétaire correspondant à une vitesse accrue se déplacent plus vite et ainsi gagnent du temps sur le transport à niveau de mobilité donné. Cependant, le temps ainsi gagné va être réinvesti dans du transport, de telle sorte que le budget monétaire reste constant. Il en résulte pour ces populations, une augmentation de la mobilité, puisque dans un même temps (budget temps constant), elles peuvent parcourir plus de distance grâce à une vitesse accrue. La croissance générale de la mobilité est de ce point de vue la résultante de la baisse des coûts monétaires de la vitesse et de l'accroissement tendanciel de cette dernière.

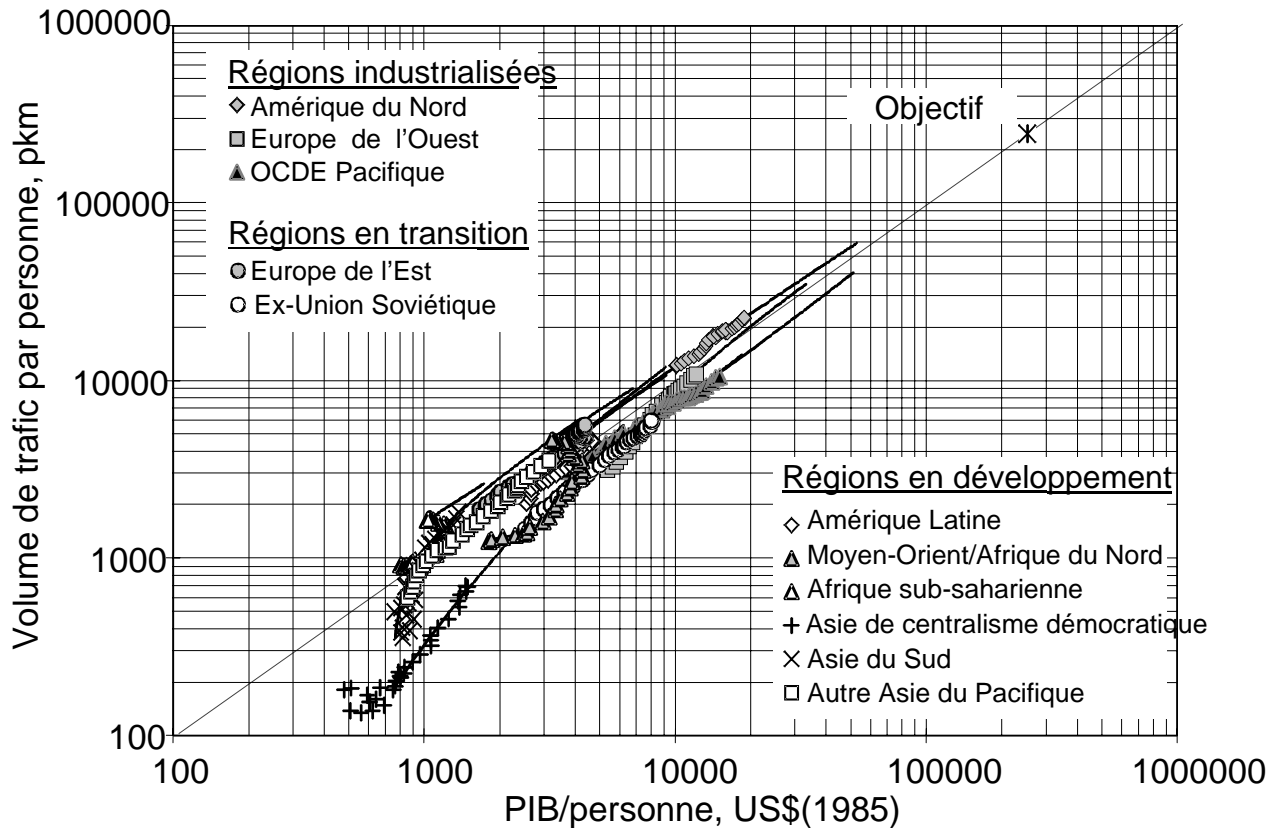
Il est donc clair que faire l'hypothèse de constance des deux budgets de transport revient à réduire la complexité du comportement de mobilité. Les individus n'ont pas d'objectif explicite de constance de ces deux budgets, mais leurs comportements révèlent implicitement une préférence moyenne de ce type. La référence à la moyenne, sans préjuger de la dispersion qui l'accompagne, est ici fondamentale. Il va de soi en effet que les individus peuvent modifier dans le temps leurs comportements. Les plus jeunes et les plus âgés sont sans doute moins mobiles que les actifs. Mais, l'enseignement essentiel est que tout relâchement des contraintes que sont les ressources de l'individu et les prix auxquels il fait face, se traduira par une hausse de son niveau de mobilité. Nous tenons ainsi une explication puissante de la tendance généralisée à la hausse de la mobilité, que ce soit pour les déplacements interurbains de longue et moyenne distance, ou pour les déplacements quotidiens, notamment ceux qui se déroulent en milieu urbain.

### **2.3. Mobilité interurbaine : un impossible découplage entre croissance économique et transport ?**

Les économistes, et particulièrement les économistes des transports, ont depuis longtemps souligné la forte corrélation entre croissance économique et développement des transports. A tel point que beaucoup, y compris parmi les historiens et les élus, ont transformé cette corrélation en causalité : la mise en place d'infrastructures de transport adaptées seraient une condition nécessaire à la croissance économique. Ainsi, tout au long du 20ème siècle, cette idée a été largement partagée comme en témoignent à la fois le développement des moyens de transport (route, fer, air) et l'accroissement de la mobilité des personnes et des marchandises. En prolongeant le raisonnement, A. Schafer a proposé (pour le milieu du siècle actuel ?) une « cible » (*target point*) de plus de 200 000 kilomètres par an et par habitant, commune à tous les pays. Cette cible est, comme on le voit ci-dessous, le simple résultat d'une prolongation des tendances, qui, à long terme, convergent vers ce point focal, où se retrouverait, dans l'hypothèse d'une convergence des PIB par habitant, la plupart des grandes régions du globe.

Figure 13. **Corrélation entre croissance et mobilité des personnes : les tendances**

Mobilité totale en passagers-kilomètres par an  
(Données 1960–1990 ; Tendances 1960-2050)



Source : Schafer et Victor (2000); economic growth based on the IPCC IS92 a/e scenario.

Voilà un scénario qui a de quoi faire frémir, si l'on songe aux impacts d'une telle frénésie de mobilité sur l'environnement et/ou l'utilisation de l'espace. 200 000 kilomètres par an, dont près d'un tiers effectué avec des modes à grande vitesse (TGV et Avion), puisque les postes en plus forte croissance sont également les plus rapides et les plus dynamiques en termes de consommation d'énergie et donc les plus polluants (voir aussi Figure 1). Rappelons qu'en excluant la marche à pied, la mobilité par tête depuis 1800 a cru aux États-Unis à un rythme annuel de 4.6 pour cent par an, et de 2.7 pour cent en l'incluant. Les Français, quant à eux ont vu leur mobilité s'accroître au rythme de 4 pour cent par an depuis 1800<sup>13</sup>.

En réponse à ces inquiétudes, est née la problématique du découplage entre croissance économique et mobilité, soit l'exact opposé du raisonnement suivi par A. Schafer. Pour l'heure, le concept de découplage véhicule des représentations implicites et vagues. Quel est l'objectif ultime en effet ? Rompre le lien entre croissance économique et mobilité, des personnes et des marchandises ? Ce que l'on qualifiera de « découplage absolu ». Ou simplement rompre la relation entre mobilité et consommation d'énergie ? Ce que nous appellerons « découplage relatif » ?



- La première perspective se traduit par une contrainte absolue sur la mobilité par tête, éventuellement via la fixation de quotas de mobilité par personne. La diminution des émissions de CO<sub>2</sub> et des autres polluants étant la principale raison de la réduction ou stabilisation de la mobilité. Le découplage absolu n'implique pas une mobilité zéro, mais plutôt une stabilisation de la mobilité dans l'absolu et ce, même en période de croissance économique. Si l'on appréhende le découplage comme un concept dynamique (rapport d'élasticité entre la croissance annuelle du PIB et celle des trafics), cela signifie une quasi inélasticité de la mobilité par rapport à la croissance économique, ce qui correspondrait à une stabilisation des besoins de transport de l'économie. Cela impliquerait une politique forte de gestion de la mobilité et de réorganisation spatiale exigeant de trouver un substitut à la mobilité dans les programmes d'activité. La question sous-jacente reste toutefois de savoir dans quelle mesure cette voie du découplage absolu affecterait la croissance économique elle-même. En effet, les conséquences de la stabilisation de la mobilité peuvent être lourdes en matière de croissance, ce qui est une autre façon de nier la possibilité du découplage absolu. La croissance zéro est-elle alors le seul moyen « d'en finir avec le transport » et ses impacts environnementaux ?
- La deuxième perspective répond par la négative à la question ci-dessus en proposant la solution du découplage relatif, lequel considère le transport et la mobilité comme des inputs nécessaires et indispensables à la croissance économique. L'impossible « rationnement » de la mobilité, qui serait une entrave directe à la croissance économique, est contourné par un découplage entre transport et consommation d'énergie. De même que l'industrie a su, depuis le premier choc pétrolier, accroître sa production en volume tout en réduisant sensiblement ses besoins énergétiques, de même le transport réussirait à devenir moins énergivore. Il s'agit donc plutôt d'une issue technologique au problème des coûts externes du transport. La mobilité continuerait donc à augmenter. Cette logique correspond à celle du programme de recherche européen « *Auto Oil II* » et plus généralement aux espoirs actuels des constructeurs automobiles. Selon les projections du programme *Auto Oil II*, le secteur des transports aura de bonnes performances relativement aux autres en terme de réduction de la pollution. Cependant, les hypothèses retenues sont très sensibles au taux de croissance de la demande de mobilité. Le découplage relatif laisse donc de côté l'augmentation des trafics, la congestion, les conséquences spatiales qui en résultent.

La solution technologique apparaît comme séduisante à première vue, car elle s'inscrit dans le prolongement des modes de vie actuels et des mentalités. Cependant, elle comporte en elle-même ses propres limites. Elle est en effet génératrice de mobilité, car le coût de la technologie étant toujours en baisse du fait des gains de productivité, nous assisterons à la poursuite des mécanismes de déversement des capacités budgétaires nouvelles dans l'achat d'une mobilité plus vélocé. En outre, les gains de temps permis par l'optimisation des déplacements pourraient aller dans le même sens, en repoussant les limites de la congestion et de la saturation de l'infrastructure. Au total, les effets de la croissance économique sur les programmes d'activités conduisent à transférer dans l'espace les problèmes soulevés par la constance des budgets temps transports. Si, loin d'être seulement une variable à minimiser, le temps de déplacement est aussi une constante, alors l'accroissement des vitesses va se traduire par une occupation accrue de l'espace par les individus. La croissance en valeur absolue du budget monétaire consacré à la mobilité va allonger la portée et accroître le nombre des déplacements. Grâce à un développement rapide des modes de transport à grande vitesse et du fait de la progression inexorable de la mobilité de loisir, la mobilité à moyenne et longue distance a visiblement un bel avenir devant elle comme nous le suggère l'hypothèse de la « double constance ».

## 2.4. Mobilité quotidienne : vitesse des déplacements et programmes d'activité

Si la perspective de la croissance de la mobilité interurbaine n'est pas un facteur majeur d'inquiétude, il n'en va pas de même pour la mobilité urbaine. Celle-ci se développe en effet sur les mêmes principes fondateurs que la mobilité à moyenne et longue distance. Ainsi que l'ont montré O. Morellet et Ph. Maréchal, il est d'ailleurs tout à fait envisageable d'inscrire ces deux types de mobilités dans un modèle analytique unique (cf. le modèle MATISSE) capable de prévoir efficacement la demande de transport en classant les demandes par grands types de déplacement, essentiellement classés selon leur sensibilité au prix et au temps de parcours. Globalement, partout où des gains de vitesse sont possibles techniquement et accessibles financièrement, les modes dotés des plus faibles coûts généralisés sont plébiscités. C'est notamment le cas de l'automobile en zone urbaine. Mais si les bases analytiques sont les mêmes, les implications, notamment spatiales, de l'accroissement de la mobilité urbaine posent des problèmes spécifiques.

En première analyse, nous devrions nous réjouir de cette prégnance croissante de l'automobile dans l'organisation de notre mobilité, puisque c'est le choix qui permet de minimiser les coûts généralisés. Cette appréciation positive pourrait même être renforcée en introduisant les avantages d'un déplacement. Il va de soi en effet qu'une réduction du coût généralisé moyen peut aussi déboucher sur l'émergence de nouvelles opportunités de déplacement. Avec un coût plus faible, certains déplacements vont devenir intéressants, et c'est là que nous nous heurtons à la question de la soutenabilité de l'auto-mobilité. Comment éviter en effet que l'auto-mobilité se traduise par un accroissement de la mobilité sous forme d'allongement des distances, que ce soit pour les loisirs, le travail ou, principalement, le choix de la résidence ?

Pour illustrer ce dernier point, prenons le cas des déplacements domicile-travail en France pour les personnes qui travaillent dans une commune différente de la commune de résidence (Tableau 3). En comparant les recensements de 1990 et de 1999, il apparaît que la distance totale parcourue par les migrants intercommunaux est passée de 165 à 211 millions de kilomètres par jour, soit une progression de près de 28 pour cent en moins de dix ans. Cette croissance provient pour partie de l'allongement des distances moyennes parcourues quotidiennement (environ 7 pour cent) mais essentiellement du nombre de personnes se déplaçant (près de 20 pour cent). Comme il s'agit de deux mouvements qui se cumulent, il est évident que c'est là que résident les principaux problèmes de durabilité de la mobilité quotidienne.

On notera que les distances parcourues et le nombre de migrants alternants évoluent en effet de façons sensiblement différentes selon le lieu de résidence. Comme on le voit dans le Tableau ci-après, les taux de variation sont très variables d'une zone à l'autre, engendrant des effets de structure.

- Un premier type d'effet de structure provient du fait que les résidents des pôles urbains (villes centres plus banlieues) parcourent en moyenne des distances plus courtes que les autres. Or, comme le nombre de migrants intercommunaux augmente beaucoup plus vite dans les zones périurbaines et rurales, on constate que la distance totale croît beaucoup plus vite dans cette seconde catégorie (+ 35.8 pour cent au lieu de + 20.6 pour cent pour les pôles urbains), qui représente désormais une distance totale parcourue légèrement supérieure.
- Le même phénomène se manifeste à l'intérieur même des pôles urbains. De façon apparemment curieuse, la distance moyenne parcourue progresse plus vite que la distance moyenne effectuée par les habitants des villes centres d'une part et des banlieues d'autre part. Ceci s'explique pour la simple raison que la première catégorie, qui effectue paradoxalement des déplacements plus longs, croît plus vite que la seconde. Il est donc clair qu'une maîtrise de la mobilité urbaine et notamment de la mobilité VP doit tenir compte des phénomènes de structure.

Tableau 3 : Les déplacements domicile-travail intercommunaux en France (1990-1999)

	Distance totale quotidienne en mill. km	Taux de variation 99/90	Nombre de migrants quotidiens en milliers	Taux de variation 99/90	Distance moyenne quotidienne en km	Taux de variation 99/90
Villes-centres	36 982	+28.0%	1 988	+ 21.8 %	18.6	+ 5.0 %
Banlieues	68 887	+18.2%	5 939	+10.1%	11.6	+ 7.4 %
Total pôles urbains	105 869	+ 20.6%	7 927	+ 12.7%	13.3	+ 8.1 %
<i>Dont aire urbaine de Paris</i>	35 555	+11.8 %	2 914	+ 8.1 %	12.2	+ 3.4%
Couronnes périurbaines	52 003	+34.0%	3 133	+ 29.3 %	16.6	+ 3.8 %
<i>dont aire urbaine de Paris</i>	12 828	+ 23.8 %	539	+ 24.5 %	23.8	+ 1.3%
Communes multi polarisées	15 382	+39.0 %	855	+ 31.3%	18.0	+ 5.9 %
Zones rurales	39 377	+36.7%	2 128	+ 33.1 %	18.5	+ 2.8 %
Total hors pôles urbains	106 762	+35.8 %	6 116	+ 30.9 %	17.5	+ 3,7 %

Source : d'après J. Talbot.

Ainsi, les formes urbaines actuelles, plus étalées et souvent multipolaires, impliquent des déplacements relativement longs, sur des itinéraires extrêmement variés. Même lorsque le système de transport en commun est performant, il ne peut donc suffire à absorber la demande de mobilité, laquelle ne peut être satisfaite que par l'automobile. Et plus la part de cette dernière progresse, plus elle oriente les ménages et les firmes vers des localisations périphériques, accentuant d'autant la dépendance à l'automobile. C'est d'ailleurs l'explication d'une distance moyenne quotidienne assez élevée pour les habitants des centres-villes.

La structure urbaine et la mobilité sont donc fortement liées.

- Tout d'abord, la structure urbaine fournit l'espace dans lequel est réparti l'ensemble des activités possibles des individus. Les localisations des différentes activités par rapport aux localisations des individus induisent certains des comportements de mobilité. Comme le souligne Zahavi, les différences de distributions des zones d'emploi et des zones de résidence peuvent indiquer le niveau minimum de mobilité qui sera réalisé. Les concentrations d'activités, tant de travail que de loisirs, attirent une grande part des déplacements, et leurs localisations ont un effet sur les mobilités. Par exemple, les localisations en périphérie sont hors du champ d'action des transports collectifs et sont donc le terrain favori des déplacements en voiture particulière.

- Ensuite, la structure urbaine est aussi le lieu de réalisation du transport. c'est elle qui dicte une grande part des conditions de déplacement. Dans de nombreux cas, la densité urbaine est synonyme de vitesse de déplacements réduite. M. Wiel (1999) parle ainsi de coproduction entre la ville et la mobilité. Pour lui l'étalement urbain peut s'expliquer pour au moins une partie, par la généralisation de vitesses de déplacements accrues. Une conséquence de l'amélioration des vitesses de déplacement est la hausse des distances parcourues, sans remise en cause du budget temps de transport. L'étalement urbain, en tant que réponse au phénomène de la rente foncière, serait la résultante d'un goût des individus pour un espace vital accru au domicile.

Si l'on suit cette logique, un frein à l'expansion spatiale des villes résiderait dans la régulation des vitesses. En effet, si les vitesses ont permis d'étendre les villes, elles devraient pouvoir freiner, voire renverser leur étalement. La réduction des vitesses devrait permettre de diminuer la zone d'accessibilité des individus. Et de ce fait les inciter à modifier leur localisation résidentielle, au bénéfice des centres d'activités. Avec une telle décision, c'est en fait une redensification des villes et des centres (anciens comme nouveaux) qui est attendue<sup>14</sup>. Sans que les choses soient annoncées de façon toujours aussi claire (réduire la portée des déplacements quotidiens), il est évident que ce type de raisonnement inspire de nombreuses analyses stratégiques conduites soit par des experts<sup>15</sup>, soit par des élus locaux<sup>16</sup>. Les uns et les autres fondent leurs analyses sur l'impossible fuite en avant que constitue, en zone urbaine, le « toujours plus » de mobilité.

Cependant, la réduction des vitesses dispose d'une zone de pertinence limitée. Il est aisément envisageable de réduire les vitesses des circulations automobiles dans les centres-villes, à la condition d'un niveau de performance des modes alternatifs satisfaisant le besoin de mobilité. Des instruments tels que les parkings relais et des lignes de transport collectifs bien dimensionnées rendent opérationnelles les réductions de vitesses des voitures particulières en centre-ville. Si les transports en commun captent une part du trafic, la congestion dans les zones denses du centre pourra ne pas augmenter. D'une certaine façon, les réductions de vitesse imposées au centre, permettront de conserver l'avantage comparatif de la vitesse des transports collectifs et de limiter le retour du trafic automobile.

L'application de ce type de mesure devient plus difficile en périphérie. Dans les couronnes périurbaines, nombres de déplacements pendulaires ne peuvent raisonnablement être assurés par les transports collectifs. La réduction des vitesses sur les voies pénétrantes pourrait inciter à un report modal sur les transports en commun, pour les déplacements en direction du centre. Mais, elle pourra aussi fortement perturber les déplacements de périphérie à périphérie, pour lesquels les transports en commun ne peuvent que difficilement être concurrentiels en raison du conflit existant entre le niveau de service demandé (les fortes exigences de flexibilité, de fréquence, etc.), et le niveau de fréquentation assurant un minimum de rentabilité économique.

Au total, il semble bien que la question des vitesses automobiles en ville nous ramène directement à des choix tutélaires en matière de valeur du temps. De même qu'il existe une valeur tutélaire du taux d'actualisation et une valeur tutélaire du temps pour le calcul économique, tout se passe comme si les politiques urbaines qui cherchent aujourd'hui à favoriser les transports en commun procédaient à une sélection contraire (*adverse selection*) des valeurs du temps. Là où l'analyse économique de la congestion, pour accroître la fluidité, invite à une tarification qui cherche à éliminer les usagers dotés d'une trop faible valeur du temps, les politiques urbaines substituent une approche différente. Sans chercher explicitement à chasser du centre-ville les usagers à forte valeur du temps, elles proposent un autre arbitrage.

Quels sont en effet les motifs de déplacement de ceux qui circulent dans la ville centre ? Qu'il s'agisse d'un déplacement depuis (ou vers le) domicile, depuis (ou vers) le lieu de travail ou depuis (ou vers) un espace commercial ou de loisir, l'usager est appelé à prendre conscience du fait qu'une incompatibilité existe entre les aménités qu'il recherche dans cette zone et la vitesse des déplacements automobiles. Au risque de caricaturer quelque peu, tout se passe comme si les élus des villes centres étaient de plus en plus tentés par une vision tutélaire de la valeur du temps du type de celle qui prévaut à « Disneyland<sup>17</sup> » ou au cœur des zones très touristiques. Le signal clé envoyé aux usagers de ces espaces est qu'une lenteur relative est le prix à payer pour utiliser ce bien collectif que représente le parc d'attraction. Le développement des tramways, mode relativement lent par rapport au métro, est une illustration de ce choix que l'on retrouve aujourd'hui dans de très nombreuses villes françaises mais aussi européennes (Barcelone, Genève...). Renonçant à la fuite en avant dans la vitesse, ce qui est offert aux usagers est une certaine qualité de vie urbaine qui suppose des déplacements relativement lents. Les usagers (ménages et firmes) sont invités de ce fait à réorganiser leur programme d'activité, soit en modifiant leur itinéraire, soit en décalant leurs horaires de déplacement, soit en modifiant la localisation de leur domicile, voire de leur emploi.

L'intérêt de cette nouvelle donne, amorcée depuis de longues années dans des villes comme Berne (Suisse) ou Freiburg et Karlsruhe (Allemagne), est que de tels choix n'ont pas pour autant conduit à étouffer les centres-villes. Les valeurs foncières y ont au contraire progressé et l'attractivité commerciale et résidentielle ne s'est pas démentie. Il s'agit donc bien d'un choix économique cohérent de la part d'élus qui cherchent à valoriser le patrimoine public qu'ils ont à gérer. Ce qu'ils valorisent le plus n'est pas le temps, mais le patrimoine inclus dans l'espace urbain, et sa capitalisation dans les valeurs foncières. Entre le temps et l'espace, ils ont choisi le second et cette priorité s'impose aux valeurs du temps implicitement requises des usagers.

### **3. CONCLUSION : VERS UNE TARIFICATION DES DÉPLACEMENTS AU COÛT GÉNÉRALISÉ ?**

Il faut donc clairement réaffirmer ici que le choix localisé de réduction des vitesses automobiles et de faible valorisation collective des gains de temps n'est pas un choix antiéconomique, même s'il peut apparaître ainsi au départ. Tout du moins, il ne l'est pas tant que la zone ainsi contrainte n'est pas trop large. Car de même que les valeurs du temps sont faibles au cœur même de Disneyland mais qu'elles sont fortes dans les déplacements qui y conduisent<sup>18</sup>, de même la faible vitesse des déplacements internes à la ville centre sont d'autant mieux acceptés que des possibilités réelles de contournement existent pour le trafic de transit ou de périphérie à périphérie. C'est la raison pour laquelle les mêmes élus qui souhaitent contraindre fortement la mobilité automobile dans la ville centre, militent en même temps pour la réalisation de boulevards périphériques et autoroutes de contournement, même très coûteux. Il n'y a pas d'incohérence à cela car leur contrainte sur les vitesses et les valeurs du temps n'est pas une position universelle de principe. Il s'agit tout au plus d'un choix contingent, lié à la gestion d'un patrimoine bien localisé dans l'espace.

Même si, présenté ainsi, ce choix est tout à fait rationnel, il n'est pourtant pas certain que les élus aient bien saisi toutes les implications d'un tel choix. Car si nous nous plaçons maintenant à l'échelle de l'agglomération et non pas à celle de la ville centre, le modèle de segmentation spatiale des valeurs du temps ne conduit, ni à une réduction de la mobilité, ni à une stabilisation des besoins en

infrastructures de transport. Alors que beaucoup de politiques locales de transport affichent leur volonté de substituer les investissements en transport en commun à ceux destinés à la voiture particulière, nous sommes plutôt en présence d'une complémentarité et donc d'une nécessaire augmentation des deux éléments. Or, en zone urbaine ou périurbaine, les investissements en infrastructures de transport ont un coût très élevé. La demande accrue de mobilité va donc se traduire par des charges croissantes pour la collectivité, qu'il faudra d'une façon ou d'une autre répercuter sur les usagers.

Dans cette perspective, la tarification des déplacements en zone urbaine prend une dimension nouvelle. Alors que le discours économique sur la tarification de la congestion se fonde encore sur les gains de temps que permet une tarification accrue (du temps contre de l'argent), nous passons progressivement à une situation où il devient dans certains cas légitime que les deux composantes du coût généralisé du déplacement évoluent dans le même sens : vers un accroissement du coût total. Si une telle perspective paraît inacceptable du strict point de vue individuel, elle a un sens si elle s'insère dans un projet urbain global comme le montrent les exemples des agglomérations (Londres, Oslo, Trondheim...) qui ont expérimenté des péages urbains assis sur le principe du péage de zone plutôt que sur l'idée d'une tarification explicite de la congestion.

Comme dans ces agglomérations, les politiques de déplacements urbains joueront dans l'avenir sur plusieurs leviers à la fois : baisse différentielle mais tendancielle de la vitesse moyenne des voitures en zone urbaine, développement de la voirie limitée aux voies de contournement, mise en place d'une tarification des déplacements automobiles, développement des transports en commun, y compris avec des formules d'intermodalité aidant au rabattement des résidents de la périphérie vers quelques axes lourds. Tout cela aura bien sûr un coût pour les finances publiques. La hausse du coût de la mobilité est donc une nécessité car des investissements sont nécessaires, sans oublier le subventionnement des transports collectifs. Mais il ne s'agira en aucune manière d'une corne d'abondance permettant aux collectivités locales de réduire d'autres impôts par exemple. Dans le même ordre d'idées, cela ne changera pas fondamentalement les formes urbaines et la tendance à la périurbanisation ; l'offre de transports publics efficaces étant plutôt dans ce cas un facteur aggravant. Il ne faut donc pas prévoir de changement radical des tendances présentes, ni de coup de massue sur la mobilité automobile, mais bien plutôt la mise en cohérence des signaux envoyés à ses utilisateurs : le projet collectif urbain exige que le coût généralisé des déplacements en automobile augmente, au moins localement, dans ses deux composantes, le prix et la durée. Cela peut se faire de façon progressive et se trouve d'une certaine façon déjà engagée. Même si cela peut surprendre, il s'agit ni plus ni moins que d'appliquer un principe économique simple, la hausse du coût face à une situation de rareté que des considérations environnementales pourraient rendre plus aiguës.

## NOTES

1. On écartera ici l'hypothèse d'Ivan Illich selon lequel les gains de temps imputables à la vitesse seraient totalement absorbés par le temps de travail supplémentaire destiné à acheter cette vitesse. La baisse du coût unitaire des déplacements par rapport au salaire moyen est un acquis de la croissance économique qui n'est pas un jeu à somme nulle.
2. Une comparaison avec différentes valeurs européennes est disponible dans le rapport Boiteux 2.
3. La valeur moyenne tous motifs a été obtenue avec la répartition suivante : déplacements professionnels 10 pour cent, déplacements domicile-travail 35 pour cent, déplacements autres motifs 55 pour cent.
4. Sur les propositions d'Harvey, un exemple de formule peut être :  
taux d'actualisation =  $a_0 * b / (b+t)$   
ou  $a_0$  est l'actualisation à l'année de mise en service,  $b$  une constante et  $t$  le temps après la mise en service.  
Heal a introduit l'actualisation logarithmique qui a ensuite été formulé par Overton et MacFadyen.
5. Cf. Cline, W., 1992 et 1999.
6. Pour donner un ordre de grandeur, le débit maximum pour une voie rapide urbaine est de 1 800 véhicules par heure et par voie, à 55 km/h (Hau, 1998).
7. Pour une présentation détaillée du raisonnement de J. Dupuit, voir M. Allais (1989).
8. C'est le cas du péage récemment mis en place dans le centre de Londres (5 Livres), dont on remarquera que les résidents ne supportent que 10 pour cent du tarif.
9. A ce titre, le péage mis en place à Singapour est plutôt un repoussoir qu'un modèle.
10. Zahavy (1973), *The TT-relationship : a unified approach to transportation planning, Traffic Engineering and Control*, pp. 205-212.
11. Athènes, Baltimore, Bâton Rouge, Bombay, Brisbane, Chicago, Columbia, Copenhague, Kansas City, Kingston, Knoxville, Londres, Meridian, Pulaski, Saint Louis, Tel-Aviv, Tucson, West Midlands.
12. Villages africains (Riverson et Carapetis, 1991), 44 villes (Szalai *et al.*, 1972 ; Katiyar et Ohta, 1993 ; EIDF, 1994 ; Malasek, 1995 ; et Metrô, 1989) données nationales (Kloas *et al.*, 1993 ; Vliet, 1994 ; UK Department of Transport ; Federal Highway Administration, 1992 ; Stab für Gesamtverkehrsfragen, 1986 ; Dienst für Gesamtverkehrsfragen, 1992 ; Orfeuil et Salomon, 1993 ; Vibe, 1993 ; Federal Office of Road Safety, 1988 ; Olszewski *et al.*, 1994).

13. A. Gruebler (1990).
14. Ce raisonnement illustre la prise de conscience provoquée par la fameuse courbe dans laquelle Newman et Kenworthy montrent l'existence d'une relation inverse entre densité et consommation d'énergie par habitant.
15. Voir Bieber, Massot et Orfeuil (1993) ; Kaufmann (2000) ; et aussi DRAST, Groupe de Batz, (2002).
16. Voir la Revue *2001 Plus*, DRAST (n° 58, février 2002).
17. On notera avec intérêt que chaque Disneyland est construit sur le modèle d'une ville...
18. Eurodisney, à Marne-la-Vallée (Ile-de-France) est desservi directement par le TGV et le Réseau Express Régional (parisien), et l'aéroport de Roissy Charles de Gaulle n'est pas très éloigné.



## BIBLIOGRAPHIE

Abraham, C. (1961), La répartition du trafic entre itinéraires concurrents : réflexions sur le comportement des usagers, application au calcul des péages, *Revue générale des routes et des Aéroports*, n° 357, octobre, 39 p.

Allais, M. (1981), *Théorie générale des surplus*, Presses Universitaires de Grenoble, 716 p.

Arnott, R., A. De Palma, R. Lindsey (1998), « Recent developments in the bottleneck model » dans : Button, K. et E. Verhoef (éd.), *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment*, Elgar, Aldershot.

Arrow, K., M. Kurz (1970), *Public investment, the rate of return, and optimal fiscal policy*, Hopkins Press, Baltimore, 218 p.

Arrow, K., R. Solow, P. Portney, E. Leamer, R. Radner, H. Schuman (1995), *Report of the National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Panel of Contingent Valuation, Federal Register*, N° 58, pp. 4601-4614.

Ausubel, J.H., C. Marchetti, P.S. Meyer (1998), Toward green mobility : the evolution of transport, *European Review*, Vol. 6, N° 2, pp.137-156.

Baumol, W.J., W.E. Oates (1988), *The theory of environmental policy*, Cambridge University Press.

Baumstark, L., Bonnafous A. (1998), La relecture théorique de Jules Dupuit par Maurice Allais face à la question du service public. Communication au colloque « La tradition économique française – 1848–1939 », Lyon, 2-3 octobre, 15 p.

Becker, G. (1965), Time and Household production : a theory of the allocation of time, *Economic Journal*, 75, septembre, pp. 493-517.

Beesley, M.E. (1965), The value of time spent in travelling, some new evidence, *Economica*, 45, mai, pp. 174-185.

Bieber, A., M.H. Massot et J.P. Orfeuil (1993), Prospective de la mobilité urbaine. Dans : Bonnafous, A., F. Plassard, B. Vulin (éds.) : *Circuler demain*, La Tour d'Aigues, DATAR, Ed. de l'Aube, coll. Monde en cours.

Blayac, T. et A. Causse (2002), Value of travel time, *Transportation Research*, Part B, pp. 367-389.

Bonnafous, A. (1999), « Infrastructures publiques et financement privé : le paradoxe de la rentabilité financière », *Revue d'Economie Financière*, n° 51, pp. 157-166.

Bourdaire, J.M. (2000), *Le lien entre consommation d'énergie et développement économique*, World Energy Council, avril.

CEC (1998), *Towards Fair and Efficient Pricing in Transport*, Bruxelles.

CEMT (1990), *Table Ronde 81, Investissements publics et privés dans le secteur des transports*, Paris, 119 p.

Charpin, J.-M., B. Dessus, R. Pellat (2000), Rapport au Premier Ministre, *Étude économique prospective de la filière nucléaire*, annexe 8 : Le choix du taux d'actualisation, pp. 261-269.

Commissariat Général du Plan (1994), Rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux, « Transports : pour un meilleur choix des investissements », 131 p.

Commissariat Général du Plan (2001), Rapport du groupe présidé par Marcel Boiteux, « Transports : choix des investissements et coût des nuisances », 325 p.

Crozet, Y., G. Marlot (2001), Péage urbain et ville durable : figures de la tarification et avatars de la raison économique, *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n° 40, pp. 79-113, Ed de l'AFITL.

De Palma, A., C. Fontan (2001), Choix modal et valeurs du temps en Ile-de-France, *Recherche, Transports, Sécurité*, n° 71, avril-juin, pp. 24-47.

Dijst, M. (2001), ICTS and accessibility : an action space perspective on the impact of new information and communication technologies. Paper presented at the 6<sup>th</sup> NECTAR Conference, 16-18 mai 2001, Helsinki, Finlande.

Drast (2002), Cinq scénarios pour un débat, « Groupe de Batz », Prospective de la mobilité urbaine, 66 p.

Drast (2002), Les politiques de déplacement urbain en quête d'innovations, Genève, Naples, Munich, Stuttgart, Lyon, dans : *Revue 2001 Plus, veille internationale*, n° 58, février, 52 p.

Else, P. (1981), The theory of optimum congestion taxes, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol. 15, n° 3.

Evans, A. (1992), Road congestion pricing : when is it a good policy ? , *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 26, n° 3.

Giuliano, G. (1992), An assessment of the political acceptability of congestion pricing, *Transportation*, vol. 19, n° 4.

Gruebler, A. (1990), *The rise and fall of infrastructure : dynamics of evolution and technological change in transport*, Physica, Heidelberg.

Harvey, C.M. (1994), The Reasonableness of Non-Constant Discounting, *Journal of Public Economics*, vol. 53, pp. 31-51.

Hau, T. (1992), Economic fundamentals of road pricing : a diagrammatic analysis, WPS 1070, Washington DC : The World Bank, pp. 1-96.

Hau, T. (1998), Congestion pricing and road investment, dans : Button, K., E. Verhoef (eds.), *Road Pricing, Traffic Congestion and the Environment*, Elgar, Aldershot.

- Heal, G.M. (1993), The optimal use of exhaustible resources, *Handbook of Natural Resources and Energy Economics*, vol. III.
- Henderson, J. (1974), Road congestion : a reconsideration of pricing theory, *Journal of Urban Economics*, vol. 1, pp. 346-365.
- Hensher, D.A. (2001), The valuation of commuter travel time savings for car drivers, *Transportation*, pp. 101-118.
- Hensher, D.A. (2001), Measurement of the valuation of travel time savings, *Journal of Transport Economics*, pp. 71-98.
- Hotelling, H. (1931), The economics of exhaustible resources, *Journal of Political Economy*, n° 39, pp. 137-175.
- Hotelling, H. (1938), The General Welfare in Relation to Problems of Taxation and of Railway and Utility Rates, *Econometrica*, n° 6 , pp. 242-269.
- Illich, I. (1975), *Énergie et Équité*, Editions du Seuil.
- University of Leeds, Institute for Transport Studies (2000), Separating the Intensity of Transport from Economic Growth (SPRITE), Report on the Workshop, University « La Sapienza », Rome, octobre.
- Kaufmann, V. (2000), *Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines*, Presses polytechnique et universitaires romandes, Lausanne.
- Lave, C. (1994), The demand curve under road pricing and the problem of political feasibility, *Transportation Research*, vol. 28A, n° 2.
- Lenntorp, B. (1976), Paths in space-time environment : a time geographic study of possibilities of individuals, dans : *Lund Studies in Geography, Series B, Human Geography*, no. 44, The Royal University of Lund, Department of Geography, Lund.
- Lesourne, J. (1972), *Le calcul économique, théorie et application*, Éditions du Seuil, Paris, 459 p.
- Lind, R.C. (1990), Reassessing the Government's Discount Rate Policy in light of new theory and data in world economy with a high degree of capital mobility », *Journal of Environmental Economics and Management*, n° 18, pp. 8-28.
- Masse, P. (1988), Public Utility Pricing, *New Palgrave Dictionary of Economics*, MacMillan, Londres.
- Masse, P. (1946), *Les réserves et la régulation de l'avenir*, Herman, Paris.
- Mohring, H. et M. Harwitz (1962), *Highway Benefits : An analytical framework*, Evanston : Northwestern University Press.
- Morellet, O., Ph. Marechal (2001), Demande de transport de personnes : une théorie unifiée de l'urbain à l'interurbain, *Recherche, Transports, Sécurité*, n° 71, avril-juin, pp. 49-99.

- Nowlan, D. (1993), Optimal pricing of urban trips with budget restrictions and distributional concerns, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 27, n° 3.
- Orfeuill, J.P. (1999), *Evolution des mobilités locales et interface avec les stratégies de localisation*, PUCA.
- Orfeuill, J.P. (2000), L'évolution de la mobilité quotidienne, *Les collections de l'INRETS*, n° 37.
- Ramsey, F. (1928), A mathematical theory of saving, *Economic Journal*, n° 38, pp. 543-559.
- Schafer, A. et D.G. Victor (2000), The Future mobility of the world population, *Transportation Research, A*, vol. 34, pp. 171-205.
- Schafer, A. (2000), Regularities in travel demand : An international perspective, *Journal of Transportation and Statistics*, décembre.
- Segonne, C. (2001), Choix d'itinéraires et péage urbain. Le cas du tunnel Prado-Carénage à Marseille, *Recherche, Transports, Sécurité*, n° 71, avril-juin, pp. 2-23.
- Talbot, J. (2001), Les déplacements domicile-travail, de plus en plus d'actifs travaillent loin de chez eux, *INSEE Première*, N° 767, avril.
- Verhoef, E. (1994), External effects and social costs of road transport, *Transportation Research*, vol. 28A, n° 4.
- Verhoef, E., P. Nijkamp et P. Rietveld (1995), Second-best regulation of road transport externalities, *Journal of Transport Economics and Policy*, vol. 29, n° 2.
- Walters, A.A. (1961), The theory and measurement of private and social cost of highway congestion, *Econometrica*, Vol. 29, n° 4, pp. 676-699.
- Walters, A.A. (1988), Congestion, *New Palgrave Dictionary of Economics*, Macmillan, Londres.
- Wiel, M. (1999), *La transition urbaine, ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Edition architecture et recherches, Mardaga, 149 p.
- Wiel, M. (2002), *Ville et automobile*, Edition Descartes & Cie, Paris, 140 p.
- Zahavi, Y. et A.Talvitie (1980), Regularities in Travel Time and Money, *Transportation Research Record*, vol. 750, pp. 13-19.
- Zahavi, Y. (1979), The "UMOT" Project, rapport pour l'US Department of Transportation and the Ministry of Transport of the Federal Republic of Germany.