

**Laboratoire d'Économie des Transports  
Unité Mixte de Recherche du C.N.R.S. N° 5593  
ENTPE - Université Lumière Lyon 2**

## **Préserver la constance du budget temps de transport : Le réinvestissement des gains de temps**

*Rapport intermédiaire de la recherche :*

La "Loi de Zahavi" : quelle pertinence pour comprendre la construction et la dilatation des espaces-temps de la villes ?

*Préparé pour le*      Plan Urbanisme Construction Architecture  
                                 Pôle Sociétés Urbaines, Habitat et Territoires  
                                 Michel BONNET

*Rédigé par* Iragaël JOLY (LET-ENTPE)  
Avril 2003.

## **SOMMAIRE**

<b><i>Introduction</i></b> .....	<b>1</b>
<b><i>Partie I : L'hypothèse de Zahavi</i></b> .....	<b>2</b>
Le stéréotype de la loi de Zahavi .....	2
L'hypothèse de Zahavi .....	2
L'origine de la constance des budgets temps de transport.....	3
L'hypothèse de Zahavi en 2000 .....	5
La base UITP.....	7
Les analyses des budgets temps de transport – Base UITP. ....	8
<b><i>Partie II : Le réinvestissement systématique</i></b> .....	<b>15</b>
Les conséquences du réinvestissement sur les mécanisme économiques de la mobilité .....	15
Les conséquences du réinvestissement sur la mobilité mondiale.....	19
Les conséquences du réinvestissement sur la structuration de l'espace urbain.....	22
<b><i>Conclusion</i></b> .....	<b>25</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>26</b>

## Introduction

Dans l'objectif de représentation des mécanismes de la mobilité urbaine, l'économiste et l'urbaniste des transports se sont construit un ensemble d'outils. Ainsi, la mobilité est décrite, par le premier, comme un problème d'allocation de ressources entre différents postes de consommation. Ce sont alors les prix relatifs sur le marché, composé de ces postes, qui permettent d'évaluer les valeurs d'échange des ressources en jeux. Les ressources liées à la mobilité urbaine, utilisées par les économistes sont le temps et l'argent. Ainsi, il est supposé qu'un agent économique, dans le sens où cet individu est supposé rationnel et représentatif de l'ensemble de la population, déterminera son transport en fonction de ces deux ressources et de leurs valeurs. Ces dernières sont des valeurs d'échange sur le marché entre agents économiques, elles sont donc représentées par les prix. Mais, elles sont aussi les valeurs attachées par les individus à ces ressources. Ainsi un individu déterminera ses consommations de ressources en fonction du résultat de la comparaison entre les prix sur le marché, auxquels il peut accéder en participant aux échanges, et les valeurs qu'il attribue aux ressources.

Une grande partie de l'économie de la mobilité, s'intéresse à la valeur du temps. Le temps est une des ressources dont le prix n'est pas explicitement exprimé sur le marché. Et qui, au même titre que l'air ou le silence sont des ressources auxquelles les individus attachent pourtant une valeur. Cependant, ces valeurs sont subjectives et non quantifiées sur le marché. Leur évaluation est donc problématique et est l'objet de nombreuses recherches.

Quant à lui, l'urbaniste analyse la mobilité dans son rapport à l'espace-temps. La génération de la mobilité est le résultat de l'organisation de l'espace-temps autour de l'individu et de ses besoins. L'intensité de la mobilité de l'individu est alors déterminée en fonction des opportunités socio-économiques présentes dans sa zone d'accessibilité. Cependant, cette accessibilité se détermine par les opportunités auxquelles accède l'individu selon la distance qu'il doit parcourir, mais aussi les durées de parcours nécessaires. La notion de vitesse apparaît alors centrale dans cette approche est permet l'articulation de la mobilité, étant donnée une organisation de l'espace urbain.

Ces deux approches caricaturales et extrêmes se rejoignent autour du concept de vitesse. En effet, celle-ci est intégrée dans l'approche économique, dans l'évaluation des valeurs du temps. Ainsi, les deux approches aboutissent à un mécanisme classique : la réduction du prix du transport, par notamment, une amélioration des vitesses permet aux individus de se déplacer plus ou d'économiser leurs ressources. La question sensible réside alors dans l'évaluation des niveaux de ces effets sur la mobilité et dans leur impact sur les contextes de cette mobilité.

A la jonction de ces deux approches, Y. Zahavi, simplifie le mécanisme du réinvestissement dans son modèle de mobilité. Dans la fin des années 70, le modèle de prévision de la mobilité urbaine, qu'il construit, est articulé autour d'une hypothèse forte : la stabilité des budgets temps de transport. Cette dernière systématisé le réinvestissement en transport des gains de temps générés par les nouvelles vitesses plus rapides.

Le rapport revient, dans sa première partie, sur la définition de l'hypothèse de Zahavi, telle qu'il l'a définie. Cette définition est ensuite confrontée à la "loi de Zahavi", c'est à dire à l'idée reçue de l'hypothèse de Zahavi.

Dans un second temps, le rapport analyse, le réinvestissement des gains de temps au moyen d'une représentation microéconomique. Puis ses conséquences sur la mobilité et son impact sur la structure urbaine sont présentés.

## Partie I : L'hypothèse de Zahavi

### *Le stéréotype de la loi de Zahavi*

Telle qu'elle est connue, l'hypothèse de Zahavi est, tout d'abord, un constat empirique : le budget temps de transport quotidien moyen est égal à une heure. Ensuite, elle est une interprétation de l'observation parallèle des croissances des distances et des vitesses et de la stabilité du budget temps de transport. En effet, le lien simple entre ces trois notions :  $\text{Distance} = \text{Temps} \times \text{Vitesse}$ , indique directement, qu'à budget temps constant, une amélioration de la vitesse résulte en l'augmentation de la distance parcourue. C'est donc un réinvestissement total des gains de temps.

La constance des budgets temps de transport simplifie donc le mécanisme de réallocation du temps, interne au comportement de mobilité. Elle permet alors d'apporter quelques éléments de compréhension d'autres phénomènes. Par exemple, l'hypothèse de Zahavi est centrale dans la notion de couplage de la croissance de la mobilité des personnes et de la croissance de l'économie. En effet, la croissance de l'économie est synonyme de croissance des revenus qui permet d'accéder aux vitesses plus rapides et souvent plus coûteuses. Elle est aussi un facteur d'innovation et de progrès technique, et apporte donc de nouvelles technologies permettant d'améliorer les vitesses des déplacements. Finalement, la croissance de l'économie met à disposition de la population des vitesses plus rapides. Et sous l'hypothèse d'une volonté individuelle de conserver un budget temps de transport constant, chacun verra dans ces nouvelles vitesses, le moyen de se déplacer plus loin. L'amélioration des vitesses est dès lors perçue comme le vecteur de l'intensification de la mobilité individuelle. *La vitesse est donc responsable de la croissance de la mobilité, sous l'hypothèse de constance des budgets temps de transport.*

Le lien que l'hypothèse de Zahavi entretient avec les vitesses est aussi l'un des éléments explicatifs de l'étalement urbain. Dans les agglomérations, la croissance économique et les gains de vitesses se sont traduits par une motorisation accrue de la population urbaine. Cette liberté de déplacement nouvellement acquise, a permis une fuite des centres villes. Ainsi, sans avoir augmenté leur budget temps de transport, les périurbains ont pu s'installer plus loin des zones d'emplois, généralement concentrés au centre de la ville. La morphologie urbaine se transformerait alors avec le panel de vitesses accessibles.

### *L'hypothèse de Zahavi*

Cependant, l'hypothèse formulée par Zahavi, n'est pas aussi simple d'usage et de généralisation. C'est en revenant à ses ambitions modélisatrices initiales, que l'on perçoit mieux la provenance et la définition des budgets temps de transport, ainsi que le sens de leur stabilité.

Zahavi présente dans le "UMOT Project" un modèle de représentation et prévision de la mobilité des personnes en zone urbaine. Articulé autour d'une représentation microéconomique du comportement de mobilité individuelle, le modèle est construit sur un ensemble de contraintes, dont les deux hypothèses suivantes :

- La stabilité du budget temps de transport quotidien individuel aux alentours d'une heure.
- La stabilité du budget monétaire de transport à 3% du revenu disponible des ménages non motorisés et 15% du revenu disponible des ménages motorisés.

L'individu représentatif choisit alors les distances qu'il parcourt afin de respecter ces deux contraintes de stabilité. Il égalise donc ses dépenses à ces définitions des budgets de transports. Les distances parcourues sont donc simplement déterminées en fonction du prix et

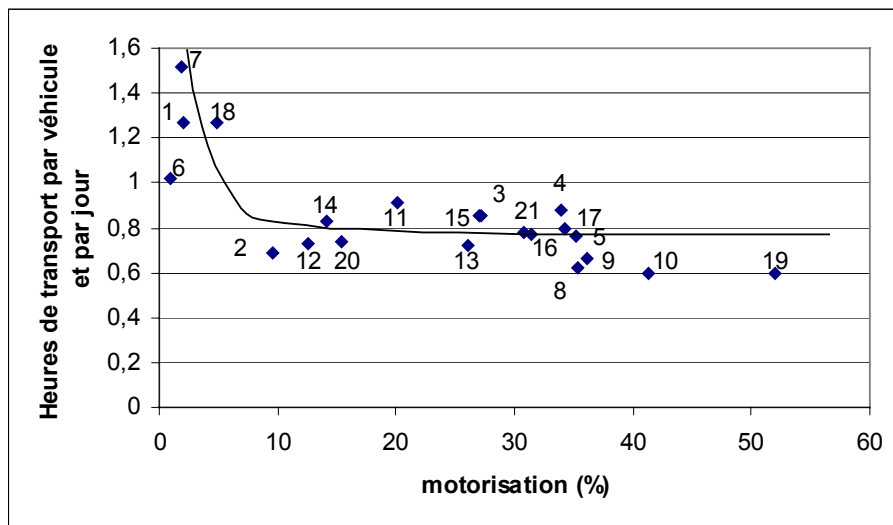
de la durée des kilomètres parcourus. Le lien entre la distance, le temps et la vitesse de déplacement est formalisé. Le réinvestissement des gains de temps est total et n'est pas soumis à un problème amont d'allocation des temps.

Ce modèle très simplificateur a produit des résultats encourageant, d'une part pour la qualité des prévisions de la mobilité générale des agglomérations étudiées, et d'autre part pour la justification des hypothèses qu'ils apportent. Les hypothèses de Zahavi, concernant les budgets de transport, sont doublement justifiées. Tout d'abord, les résultats, fondés sur ces hypothèses, ne remettent pas en question leur usage. Ils indiquent, au contraire, la pertinence de leurs constructions. Ensuite, l'analyse empirique des budgets de transport indique une régularité forte des dépenses moyennes en transport dans les agglomérations.

### *L'origine de la constance des budgets temps de transport*

L'analyse empirique des budgets temps est utilisée dans plusieurs champs disciplinaires tels que la sociologie, la psychologie, la géographie ou l'économie. En 1972, Szalai, évoque une stabilité des durées quotidiennes de déplacement à partir de données internationales relatives à la période 1965-66. Durant les années 1970, Zahavi publie une série de travaux relatifs à l'études des budgets temps de transport. A l'aide de différentes études, il reconstitue un jeu de données qui relève les budgets temps de transport observés et prédits de différentes villes et pays du monde. Parmi ces résultats épars, celui qui constitue l'argument le plus fort est peut être le *graphique 1*. Il présente les budgets temps de transport de différentes villes. La concentration de ces budgets temps, à partir d'un niveau de motorisation de 10%, constitue un argument de la constance des budgets temps de transport. D'une part, les budgets temps de transport sont regroupés autour d'une moyenne de 0,8h, avec des écarts relativement faibles. D'autre part, les villes en question présentent de grandes diversités démographiques, géographiques, économiques et culturelles.

Graphique 1. - Heures quotidiennes de transport par véhicule et motorisation  
(en nombre de véhicules pour 100 personnes)



N°	Ville	Année	N°	Ville	Année
1	Athènes	1962	12	Kingston Upon Hull	1967
2	Athènes	1980	13	Kingston Upon Hull	1981
3	Baltimore	1962	14	Londres	1962
4	Baltimore	1980	15	Londres	1981
5	Bâton Rouge	1965	16	Meridian	1967
6	Bombay	1962	17	Pulaski	1964
7	Bombay	1981	18	Tel-Aviv	1965
8	Brisbane	1981	19	Tucson	1980
9	Chicago	1980	20	West Midlands	1964
10	Columbia	1985	21	West Midlands	1981
11	Copenhague	1967			

(Source : Y. ZAHAVI (1973))

Cependant, ce graphique peut servir les fondements de la constance, mais aussi sa critique. Les durées observées ici sont des durées d'utilisation par automobile. Cela illustre la carence de définition stricte de l'unité d'observation, au cœur même des travaux de Zahavi. La difficulté de la comparaison de données internationales est le manque d'homogénéité des définitions et des méthodes employées dans chaque enquête. Zahavi est contraint tour à tour d'utiliser des budgets temps de transport par personne, par personne mobile et par véhicule. Pour les mêmes raisons, Zahavi ne peut intégrer systématiquement les déplacements fait à pied, et il ne peut définir de zones d'enquête comparables pour chaque agglomération, etc.. Mais, cette diversité de méthodes et de définitions employées n'apporte-t-elle pas au contraire un crédit supplémentaire au constat de la constance ?

Enfin, ce graphique permet d'introduire la nuance essentielle du discours de Zahavi. Le budget temps de transport est représentée par une forme décroissante, qui sera intégrée au modèle UMOT. Zahavi n'a jamais exclu l'existence d'effets de certaines variables sur le budget temps de transport. Comme nous le verrons par la suite, Zahavi a aussi étudié les budgets temps à un niveau désagrégé, et en a retiré certaines régularités. Cependant, dans son modèle il utilise la régularité la plus vraisemblablement transférable d'une agglomération à l'autre et d'une période à l'autre, c'est à dire la convergence du budget temps de transport. Pour simplifier le UMOT et le rendre opérationnel, Zahavi ne peut tenir compte de l'ensemble des variables actives dans le processus de génération de la mobilité. Mais se limitant aux principales variables, il parvient malgré tout à un résultat encourageant.

L'hypothèse de Zahavi revêt en fait deux facettes. Tout d'abord, son travail sur les budgets temps de transport permet la construction de l'intervalle des budgets temps de transport. Ce dernier permet d'argumenter en faveur de la constance des budgets temps de transport au niveau mondial. Cette forte concentration des budgets temps de transport pourrait ne pas résulter d'un simple hasard. La constance apparente peut alors être le signe révélateur de l'existence d'un budget temps dédié au transport, dans le sens où cette dépense temporelle serait choisie par l'individu. La constance du budget temps de transport représente donc un point fixe du comportement de mobilité individuel et peut être intégré dans les modèles de mobilité urbaine. Dans un second temps, Zahavi utilise dans son modèle UMOT, non pas une hypothèse de constance du budget temps, mais la convergence des budgets temps avec la vitesse. Il approfondit dans son modèle le constat de niveau mondial, et tient compte de la variabilité des budgets temps de transport autour de la moyenne, en les représentant par une forme mathématique convergente. D'après les analyses détaillant les budgets temps de transport de différentes agglomérations, la convergence des budgets temps est rapidement atteinte. Et surtout, le niveau de convergence est proche d'une heure.

Ainsi, la constance du budget temps de transport démontrée au niveau mondial, permet d'identifier le budget temps de transport comme une variable clé de l'économie de la mobilité, et de transférer ce niveau de budget temps moyen entre les villes et entre les périodes. Ensuite, Zahavi affine la mesure des budgets temps de transport qu'il utilise pour chacune des agglomérations, par une forme convergente. Cette relation convergente sera discutée dans les parties suivantes.

#### L'hypothèse de Zahavi

A la fin des années 70, Zahavi termine plusieurs travaux étudiant les budgets de transport quotidiens en zone urbaine.

Les résultats de ces analyses semblent indiquer des régularités relativement significatives, dans les dépenses moyennes quotidiennes en termes monétaires et temporels, au niveau des aires urbaines.

Selon l'hypothèse formulée par Zahavi, pour compléter son modèle de mobilité, les budgets temps et monétaire de transport sont tels que :

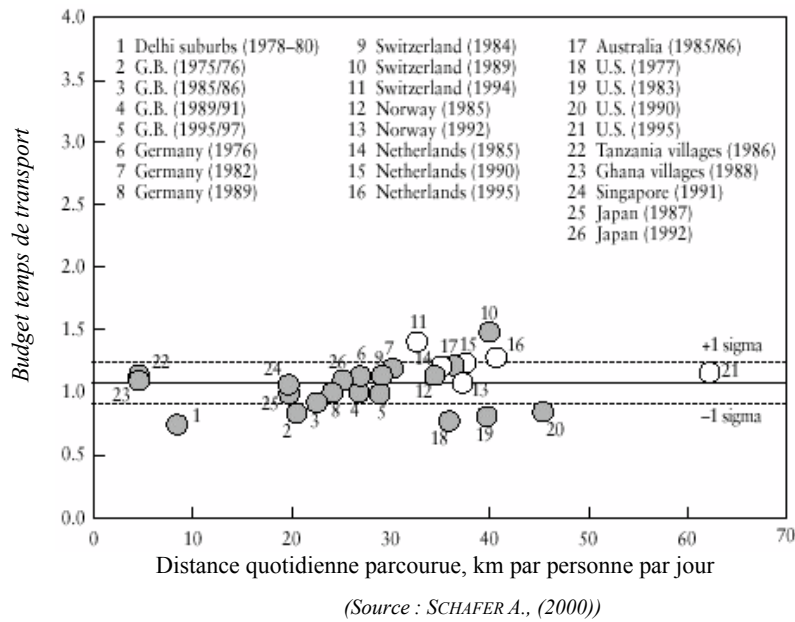
- Le budget temps (respectivement monétaire) de transport moyen d'une agglomération est calculé comme la moyenne sur l'ensemble de la population (resp. des ménages) mobile(s) de l'agglomération, des durées individuelles (resp. des parts du revenu disponible des ménages) consacrées aux déplacements effectués au cours d'une journée.
- Les deux budgets de transport moyens sont constants dans le temps pour chaque ville.
- Les budgets de transport moyens sont similaires de ville en ville, de quelle région du monde qu'elle soit.

#### *L'hypothèse de Zahavi en 2000*

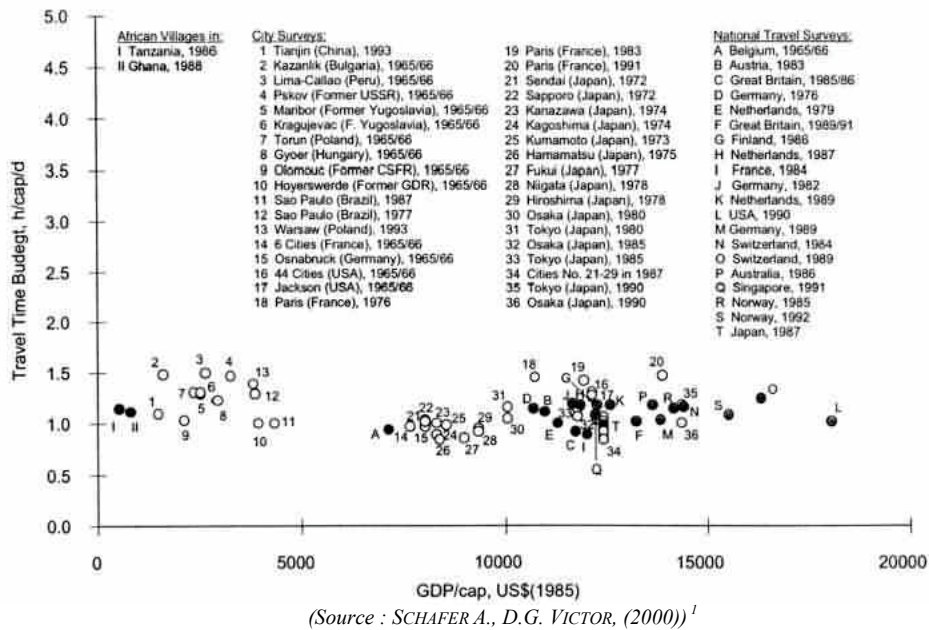
Plus récemment, les budgets temps de transport sont étudiés de façon plus ou moins isolée. Peu de recherches parviennent à adopter le même niveau mondial d'observation que celui de Zahavi. Les difficultés dues aux incompatibilités des jeux de données réduisent, la plupart du temps, les enquêtes budgets temps à l'échelle d'un pays ou d'une région du monde.

Toutefois, A. Schafer (2000) présente les budgets temps de transport quotidiens d'une grande variété de villes et de pays, évalués durant une période s'étendant de 1975 à 1997. Les *graphiques 2 et 3* illustrent la concentration des budgets temps de transport quotidiens autour d'une moyenne de 1,1 heure.

Graphique - Budget temps de transport, en heure par personne par jour et distance quotidienne moyenne parcourue par personne.



Graphique 2. - Budget temps de transport moyen par personne et PIB par personne



Les graphiques font apparaître un intervalle d'une quarantaine de minutes qui contient la majorité des budgets temps de transport. Les écarts à la moyenne sont proches de 20min. est représenté donc près d'un tiers du budget temps moyen.

La stabilité du budget temps de transport apparaît face aux distances parcourues et au PIB par personne. Au travers de ces relations graphiques, le lien entre les croissances de l'économie et des transports est apparent. Par exemple, les croissances économiques des villes

<sup>1</sup> 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, Orfeuill et Salomon, 1993, Vibe, 1993, Federal Office of Road Safety, 1988, Olszewski et al., 1994)

japonaises d'Osaka et Tokyo sont perceptibles sur le *graphique 3*. Et parallèlement, sur le *graphique 2*, les distances moyennes parcourues au Japon sont, elles aussi, croissantes. La notion du couplage des deux croissances, ainsi que la constance du budget temps de transport sont illustrées par ces graphiques.

De plus, les villes américaines sont, sur les deux graphiques, les villes qui présentent les distances et les PIB les plus élevés. Il a été montré par ailleurs<sup>2</sup> qu'elles sont les villes de plus grande envergure et qu'elles présentent des densités urbaines faibles. Enfin, les villes américaines se caractérisent par des taux de motorisation nettement plus élevés que les autres villes. En conséquence, ces villes sont une illustration du phénomène d'étalement urbain. Leurs atouts en terme de vitesse, sont des facteurs qui ont permis à leurs populations de délaisser les centres historiques et de parcourir de plus grandes distances, sans pour cela, consacrer plus de temps à leurs déplacements quotidiens.

### ***La base UITP***

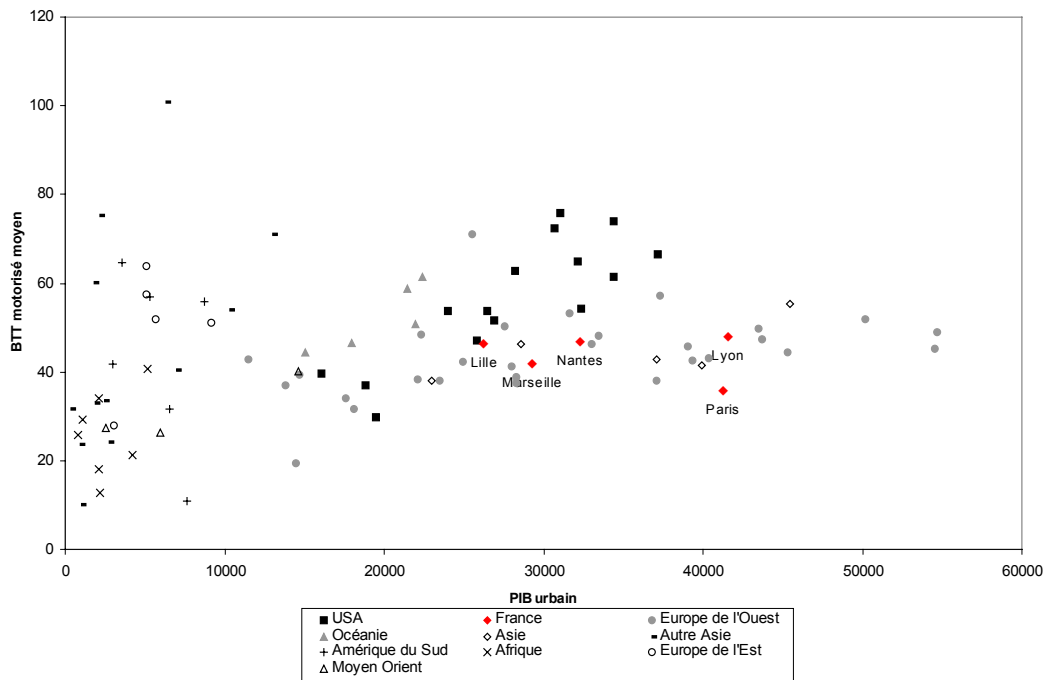
Le Laboratoire d'Economie des Transports a publié en janvier 2003, une étude de la base de données "The millenium Cities Database", qui a été constituée par l'UITP (Union Internationale des Transports Publics). Par son ampleur, la base UITP permet une étude de la mobilité de la même étendue que les recherches de Zahavi et Schafer. Les données recueillies font référence à l'année 1995. Tous les continents sont représentés, 60 agglomérations appartiennent à des pays développés et 40 à des pays émergents ou en développement. Toutes les tailles d'agglomérations sont représentées, depuis Graz en Autriche (240000 habitants), jusqu'à la région métropolitaine de Tokyo (32,3 millions d'habitants). Les budgets temps de transport ont été reconstitués à partir des durées moyennes et du nombre moyen de déplacements quotidiens, disponibles pour chaque agglomération. Ces budgets temps de transport ne concernent que les déplacements motorisés, les durées de déplacements en marche à pied n'étant pas disponibles dans la base.

Le *graphique 4* présente les budgets temps motorisés obtenus par la base UITP. A l'exception de certaines villes des pays émergents qui présentent des budgets temps de transports extrêmes, les autres agglomérations sont relativement concentrées autour d'un budget temps de transport motorisé moyen de 45 min.. La prépondérance de la marche à pied, non captée dans la base, et la congestion extrême de certaines villes des pays émergents expliquent leur situation extrême.

---

<sup>2</sup> Rapport UITP

Graphique 3. - Budget temps de transport motorisé par personne et le PIB urbain par personne



(Source : I. JOLY, (2003))

Un intervalle relativement étroit contient l'essentiel des budgets temps de transport motorisé. L'écart à la moyenne est 15 min. et représente donc un tiers du budget temps de transport moyen motorisé. Dans l'ensemble, cet intervalle des budgets temps de transport est d'une envergure proche de celle des intervalles de Zahavi et Schafer. Le budget temps de transport moyen (45min.) est légèrement plus faible que ceux obtenus par les deux auteurs (respectivement 48min. et 66min.). Cela s'explique, tout d'abord, par les divergences de méthodes et de définitions utilisées. Ensuite, l'absence de prise en compte de la marche à pied, explique la différence avec les 66min. obtenues par Schafer. Et enfin, la considération du budget temps de transport par personne au lieu de la personne mobile de Zahavi, explique la sous-évaluation du budget temps de transport moyen de la base UITP.

*Au niveau mondial, la constance des budgets temps de transport, telle qu'elle est définie par Zahavi et revue par Schafer, n'est donc pas rejetée par ces résultats.*

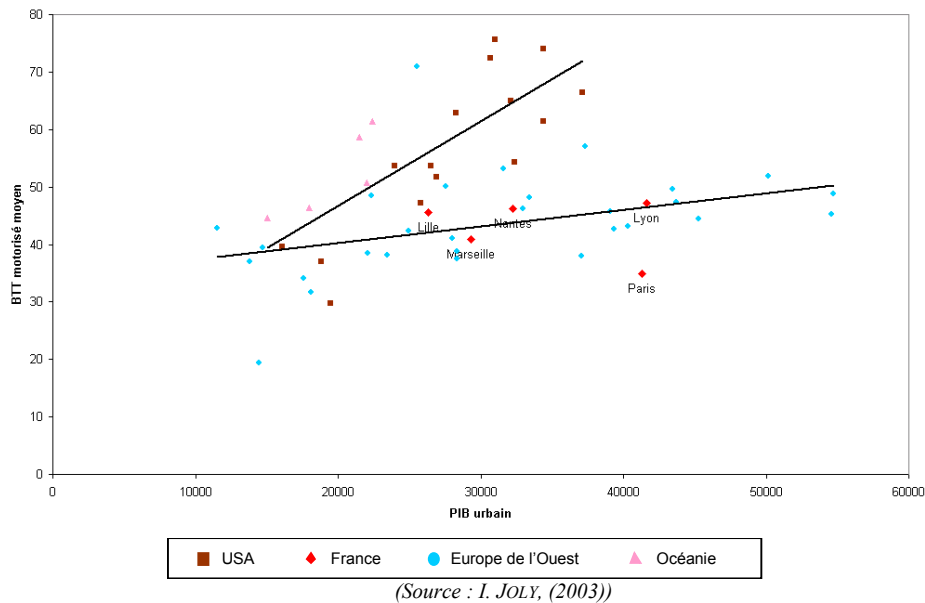
### *Les analyses des budgets temps de transport – Base UITP.*

#### *Quelques exemples d'invalidité de la stabilité*

Dans la partie précédente, nous avons vu que la stabilité du budgets temps de transport est soutenue par les études de Zahavi et Schafer, et n'est pas infirmée par l'étude de la base UITP. Toutefois, il est important d'observer que ces résultats sont valables au niveau mondial. Mais une telle conclusion est malmenée après désagrégation de la population observée.

De façon générale, le premier niveau inférieur au niveau mondial est continental. En effet, les résultats produits à partir de la base UITP donnent un exemple des différentes tendances apparaissant au cœur de l'intervalle des budgets temps de transport. Un découpage continental de l'échantillon des agglomérations étudiées fait apparaître deux tendances distinctes. Comme l'illustre le *graphique 5*, les villes des continents américain (Amérique du nord, Canada) et océanique (groupe 1) se distinguent des villes des continents européens et asiatiques (groupe 2) par des budgets temps de transport croissants.

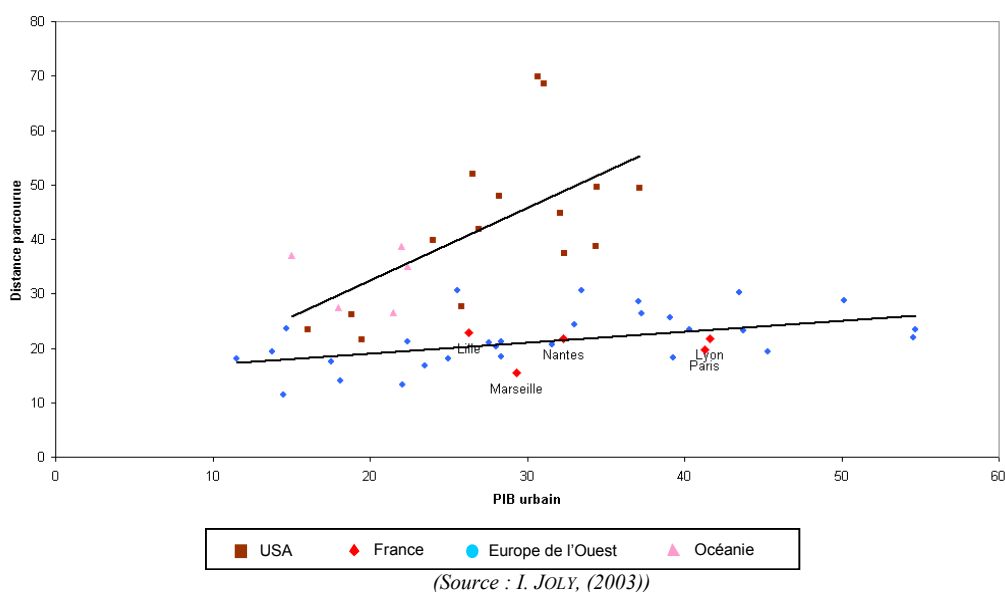
Graphique 5 - BTT motorisé par personne (en min.) et PIB urbain par personne (en millier de dollars US) en Europe, Amérique du Nord et Océanie.



Les villes du groupe 1 (de 30 à 75 min.)<sup>3</sup> définissent un intervalle des budgets temps de transport plus étendu que celui correspondant aux villes du groupe 2 (de 30 à 60 min.). Et les budgets temps de transport sont croissants pour les villes du premier groupe avec le niveau de PIB urbain par personne.

Ces situations relatives sont retrouvées lors de l'étude des distances parcourues quotidiennement (graphique 6). Les villes américaines semblent répondre aux besoins de la croissance économique par une consommation de transport plus forte.

Graphique 6 - Distance quotidienne moyenne parcourue par personne (en km.) et le PIB urbain par personne (milliers de dollars US) en Europe, Amérique du Nord, et Océanie.



<sup>3</sup> A l'exception de la ville de Manchester, dont le budget temps de transport à 19,37 min. semble suspect.

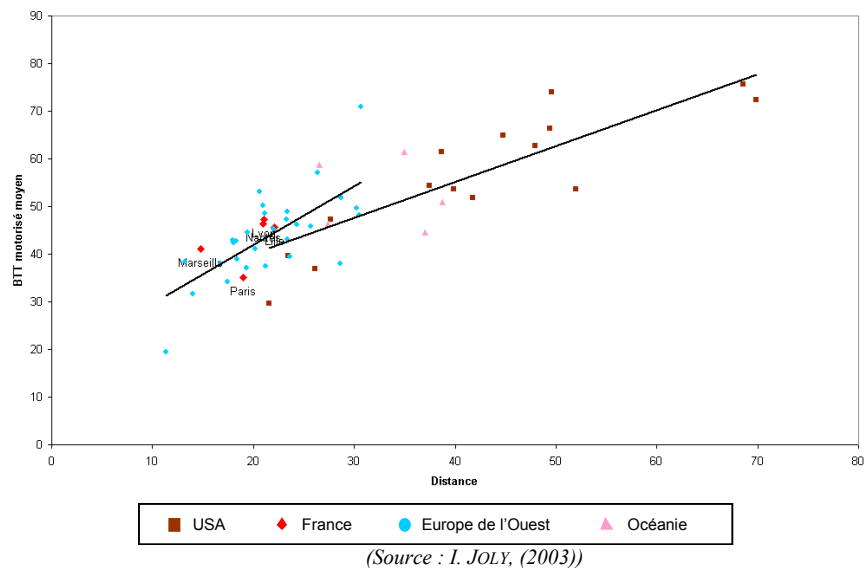
L'observation de ces deux *graphiques 5 et 6*, illustre les deux alternatives du développement urbain. D'une part les villes américaines et océaniques répondent aux besoins de la croissance par une extension de la ville. Cette extension résultant en une croissance des distances parcourues, et en une augmentation des budgets temps de transport. Ce groupe de villes pourra alors être qualifié de modèle extensif du développement urbain. D'autre part, les villes européennes et asiatiques parviennent à contenir la consommation de transport nécessaire à la croissance économique. Pour des niveaux de PIB urbains équivalents, les villes européennes et asiatiques nécessitent moins de dépenses de transport, en terme de distances parcourues ou en terme de budgets temps de transport, que les villes du modèle extensif. Ce deuxième groupe constituera alors le modèle intensif.

L'observation du budget temps de transport relativement aux distances parcourues, indique un fort lien entre ces deux caractéristiques de la mobilité urbaine (*graphique 7*). Pour les deux modèles, les distances parcourues les plus importantes nécessitent les budgets temps de transport les plus élevés.

Les villes du modèle intensif présentent cette fois-ci un budget temps de transport corrélé avec la distance parcourue. A l'intérieur de l'intervalle étroit des budgets temps de transport, une tendance croissante apparaît.

Les agglomérations du modèle extensif ont une mobilité plus coûteuse, à la fois en terme de temps de transport et de distance. Dans les deux profils d'agglomération, les budgets temps de transport sont croissants. Et pour des niveaux de PIB urbains équivalents, la mobilité extensive est plus consommatrice, à la fois, d'espace et de temps.

*Graphique 7 - BTT motorisé par personne (en min.) et distance quotidienne moyenne parcourue par personne (en km) en Europe, Amérique du Nord, et Océanie.*



Les deux modèles urbains se définissent par rapport à leur consommation d'espace. le modèle extensif étale son activité sur la surface urbaine, n'hésitant pas à repousser les frontières de la ville. Le modèle intensif, agglomère, concentre les activités, rendant ainsi plus intense la densité des opportunités socio-économiques de la ville.

### *Le cas français*

A un niveau plus fin d'observation, d'autres variables peuvent affecter les budgets temps de transport. Par exemple, les résultats produits par le CETE Nord Picardie, illustrent, au niveau national, le lien existant entre la taille des agglomérations et le budget temps de transport. Les résultats indiquent un seuil de 50 min. pour les villes de plus de 500 000 habitants. Puis l'analyse de quatre enquêtes ménages (Grenoble 1992 et 1985, Cherbourg 1994, Marseille 1988), indique que le budget temps de transport semble :

- croissant avec la motorisation,
- plus élevé pour les hommes que pour les femmes,
- croissant avec la taille du ménage,
- lié à l'âge,
- plus élevé pour les personnes possédant le permis de conduire,
- lié à la position de l'individu dans le ménage,
- croissant avec le niveau d'étude,
- lié à la catégorie socioprofessionnelle.

Enfin, l'étude de l'évolution des budgets temps de transport, à partir des enquêtes ménages de Lyon 1976-1985-1995, Grenoble 1978-1985-1992 et Belfort 1983-1992, fait apparaître des résultats divergents. Les évolutions des budgets temps selon les caractéristiques des personnes (sexe, âge, niveau d'étude, statut de la personne, position dans le ménage, possession du permis de conduire, motorisation du ménage) sont différentes dans les trois agglomérations étudiées. Les structures des budgets temps de transport par mode de déplacements se transforment au bénéfice de la voiture particulière. Et les structures des budgets temps de transport selon les motifs de déplacements font apparaître une baisse du budget temps attribué aux déplacements domicile-travail, au bénéfice des motifs de loisir.

Cette étude de la situation française ne remet pas en cause la constance des budgets temps de transport. Un intervalle des budgets temps de transport relativement étroit regroupe l'ensemble des budgets temps de transport des agglomérations françaises pour les différentes dates d'observation. De plus, cet intervalle est proche ou contenu dans ceux définis par Zahavi et Schafer. Cependant, ces travaux illustrent aussi la difficulté à identifier des régularités significatives au cœur de cet intervalle. En effet, peu de variables socioéconomiques, ou de caractéristiques de la mobilité semblent influencer les budgets temps de transport de la même manière dans toutes les villes, dans tous les pays.

De multiples études montrent divers résultats et tendances. Mais elle ne contredit pas la constance du budget temps au niveau mondiale. Elles illustrent les multiples situations qui sont masquées par la constance. Il semble qu'un équilibre soit atteint dans chaque agglomération, aux alentours d'une heure. La moyenne des agglomérations est toujours proche d'une heure. Cette agrégation gomme étonnamment les différences culturelles, sociales, économiques, etc. Comment peut-on expliquer que le budget temps de transport moyen des agglomérations japonaises soit proche d'une heure, alors que les durées de travail sont 25% plus élevées<sup>4</sup> ? La proximité des budgets temps de transport est-elle la résultante d'un hasard statistique, ou la conséquence d'une méthode de mesure des budgets temps ? Ou est-elle révélatrice d'une caractéristique socio-biologique, suivant laquelle l'homme ne s'éloigne pas de plus d'une heure de son domicile ? Enfin, la stabilité observée du budget temps de transport est-elle simplement, comme le propose Hupkes (1982), la conséquence du fait qu'après soustraction des temps de travail, de repos, et des autres activités contraintes, le temps libre de l'individu est tellement réduit (inférieur à 4h) que le temps de transport moyen ne peut être éloigné d'une heure ?

---

<sup>4</sup> SCHAFFER, A., 1998.

*Les analyses de données de Y. Zahavi.*

Les fragilités introduites par la décomposition de l'étude des budgets temps de transport sont les bases des plus fortes critiques émises à l'encontre de l'hypothèse de constance des budgets temps de transport. Cependant, Zahavi a, lui-même étudié en détail les budgets temps de transport avant d'émettre cette hypothèse. Ses résultats montrent, eux aussi une dépendance forte du budget temps de transport à certaines variables socio-économiques ou aux caractéristiques de la structure urbaine ou du système de transports.

La régularité la plus forte, démontrée par Zahavi, est la relation existant entre le budget temps de transport et la vitesse. Cette relation est étudiée pour les agglomérations de Washington, Minneapolis St. Paul, Twin Cities, Nuremberg, Munich, Singapour, qui présentent des mobilités relativement proches. En effet, les budgets temps de transport sont concentrés autour de 1,1 heure. Mais surtout, Zahavi parvient à représenter le lien entre la distance parcourue quotidiennement et la vitesse de déplacement à l'aide d'une forme linéaire. Et cette forme linéaire possède les mêmes caractéristiques dans chacune des villes. Du lien entre les distances et les vitesses, une équation peut être déduite pour représenter l'évolution des budgets temps de transport avec les vitesses de déplacement. Ainsi, la première relation est :

$$\text{distance} = a + b \cdot \text{vitesse}$$

Elle peut être transformée :

$$\frac{\text{distance}}{\text{vitesse}} = \frac{a}{\text{vitesse}} + b \cdot \frac{\text{vitesse}}{\text{vitesse}}$$

Ainsi la relation entre les budgets temps de transport et la vitesse apparaît :

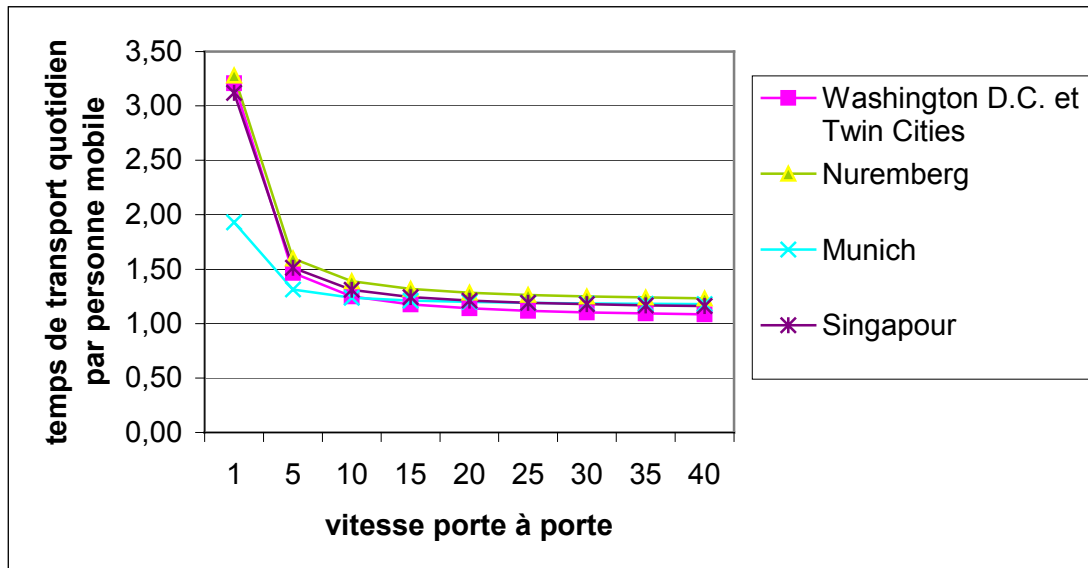
$$\text{budget temps} = \frac{a}{\text{vitesse}} + b \quad ^5$$

Cette forme permet de décrire simplement le lien décroissant entre les budgets temps de transport et les vitesses disponibles. La forme convexe de la fonction autorise une diminution, non constante du budget temps avec les gains de vitesse. Ainsi, les améliorations de vitesses auparavant faibles se répercutent fortement sur les budgets temps. Les gains de temps dus aux gains de vitesses ne sont pas réinvestis de façon systématique en transport. Le taux de réinvestissement est élevé pour des vitesses initiales faibles. Puis il décroît avec la vitesse, jusqu'à ce que le budget temps de transport converge vers un niveau plancher.

---

<sup>5</sup> Cette forme fonctionnelle est identique à celle présentée plus haut (graphique 1). Elle fut tout d'abord appliquée à un ensemble de villes, puis elle fut estimée pour l'ensemble de la population de chaque ville.

Graphique 8. - Formes convergentes du budget temps de transport de quatre agglomérations.



(Source : Y. ZAHAVI (1979))

Après l'estimation des coefficients, cette forme apparaît rapidement convergente et soutient l'hypothèse de constance des budgets temps de transport à partir d'un certain niveau de vitesse. 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 ( $b \in [1,03 ; 1,18]$ ). 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 :  $a = 0,77$ ).

De plus, cette fonction synthétise les effets de variables agissant au travers de la vitesse, telles que les modes de déplacements, la motorisation ou le revenu, qui décrivent l'accès aux vitesses de l'individu.

*Ces différentes études des budgets temps de transport illustrent les divers niveaux d'observation, de ces derniers, mais aussi, les limites de la validité de leur stabilité. Zahavi et Schafer définissent la constance des budgets temps de transport au niveau mondial. Elle apparaît donc utilisable à ce même niveau d'observation. En 2000, Schafer construit une projection de la mobilité mondiale à l'horizon 2050, basée sur l'hypothèse de constance du budget temps de transport moyen. Le caractère très agrégé de ce modèle restreint l'aspect descriptif du comportement de mobilité, mais il n'en réduit pas moins l'importance du résultat : la croissance de la mobilité future. Par la suite, les exemples d'analyse des budgets temps de transport, à des niveaux moins agrégés, montrent que la stabilité du budget temps de transport, n'est pas une loi applicable à toutes les villes, ni à tous les individus. L'hypothèse de Zahavi possède un niveau de pertinence limité. Ces limites sont à définir en fonction de l'usage de l'hypothèse.*

Quant à lui, Zahavi a utilisé une adaptation de l'hypothèse dans un modèle de prédiction de la mobilité urbaine de différentes agglomérations. Il a tout d'abord apporté une démonstration de la transférabilité de la relation entre les budgets temps de transport et les vitesses, entre les différentes agglomérations et les différentes dates. Puis, il a pu estimer et appliquer la forme fonctionnelle précédente dans chaque agglomération.

*Au niveau mondial, la constance du budget temps moyen peut s'avérer représentative des budgets temps moyens. Mais l'usage de la stabilité du budget temps de transport et de sa transférabilité temporelle et spatiale, au niveau urbain est attaquée par les exemples d'invalidité présentés ci-dessus.*

## Partie II : Le réinvestissement systématique

### *Les conséquences du réinvestissement sur les mécanismes économiques de la mobilité*

Comme nous l'avons évoqué, la constance du budget temps de transport impose le réinvestissement complet des gains de temps sous forme de transport. L'incidence de cette contrainte est double. D'une part, la constance du budget temps implique que toute amélioration de la vitesse des déplacements se traduira par une augmentation des distances parcourues. D'autre part, le programme des activités des individus est remis en question par ces nouvelles distances, tant dans son organisation spatiale, que temporelle. Les nouvelles vitesses remodelent le programme d'activités et la zone d'accessibilité individuels. La vitesse possède donc une position centrale dans ces mécanismes de mobilité.

La régularité de la dépense temporelle consacrée au transport constatée pour plusieurs époques et pour plusieurs agglomérations, attribue un rôle considérable à la vitesse. En effet, la vitesse fournit le lien entre le niveau de mobilité et la dépense temporelle correspondante. La constance du budget temps de transport permet, en conséquence, de déterminer directement le niveau de mobilité d'une population par l'observation de sa vitesse moyenne de déplacement. La connaissance de la vitesse de la population indique la distance qui sera parcourue en une heure de temps.

La croissance économique est liée à la vitesse des déplacements, d'une part, par l'accessibilité à des modes plus rapides, permise par la croissance des revenus, et d'autre part, par l'innovation technologique et sa propagation dans les usages de la population, qui apparaissent avec la croissance économique. Ainsi il est observé que les ménages aisés, sont plus souvent motorisés que les autres ménages de revenu plus faible. Le niveau de revenu apparaît dans plusieurs éléments de la mobilité de l'individu. Avec la croissance des revenus, certaines tendances sont observées : les modes rapides de déplacement sont plus souvent utilisés par les ménages aisés ; le niveau d'équipement automobile est croissant avec le revenu ; la valeur du temps des individus est croissante avec leur niveau de revenu ; la mobilité individuelle est croissante avec le revenu. De même, la croissance économique permet des investissements consacrés aux transports collectifs plus importants et plus efficaces. La croissance économique par son effet sur le niveau de vie, accroît les vitesses accessibles. Enfin, les innovations permettent à la population de se déplacer autrement, et souvent plus rapidement.

Afin d'analyser l'effet de la croissance économique sur les vitesses moyennes de déplacement, c'est certainement la notion de vitesse rendue accessible à la population qui doit attirer l'attention. En effet, l'innovation et la croissance des revenus permettent : pour la première, l'introduction de nouvelles vitesses, et pour la seconde, la propagation, et la généralisation de l'usage de ces nouvelles vitesses. Au final, une amélioration des vitesses moyennes de déplacement est rendue possible parallèlement à la croissance économique.

Le lien entre la vitesse moyenne de déplacement et la distance parcourue en une heure permet à la fois de définir le niveau de mobilité de la population et la zone de mobilité des individus. Que ce soit au niveau du nombre de déplacements ou au niveau des distances parcourues, la vitesse permet un accroissement de la mobilité individuelle, à budget temps constant. La vitesse permet aussi d'atteindre, en un même temps de transport, des destinations plus éloignées. Elle redéfinit la zone d'activités accessibles lors des migrations quotidiennes. En fait, la ville apparaît comme définie par la superficie qui peut être traversée en une heure avec les modes de transport dominants. Ausubel J.H., C. Marchetti et P.S. Meyer, (1998), décrivent le parallèle entre l'évolution des vitesses et l'étendue des zones d'activités des

populations, au cours de l'histoire, en étudiant la vitesse du mode de déplacement le plus fréquent à chaque époque. Ainsi, la marche à pied procure une vitesse de 5 km/h, et produit donc une distance aller-retour parcourue en une heure de 2,5 km, soit une surface couverte de 20 km<sup>2</sup>. Ce sont les distances et surfaces qui définissent un village. Les chevaux sont le moyen de transport classique jusqu'en 1900. L'extension des villes en dehors de ses murs et fortifications se fait parallèlement au développement des vitesses. Un lien fort apparaît entre la vitesse moyenne des déplacements urbains, et la superficie de la structure urbaine. Les régions se dessinent autour des axes de transport (fleuves, routes, voies ferrées, aéroport, etc.). Et les villes semblent « avaler » l'espace grâce aux vitesses urbaines.

La constance dans le temps du budget temps de transport est, elle aussi, un indicateur du couplage entre la croissance économique et la croissance des transports. Alors que les individus semblent avoir de tout temps, consacré une heure de leur temps à leurs déplacements, la portée de leur mobilité s'est considérablement étendue. Ceci n'est possible que par la généralisation d'une vitesse améliorée. Comme cela est souligné précédemment, la croissance économique a permis à la population d'accéder financièrement aux avancées technologiques. Donc les individus n'ont pas été contraints d'accroître leur dépense temporelle de transport pour accéder au niveau de mobilité observé de nos jours. C'est là encore, une relâche des contraintes qui pèsent sur les conditions de réalisation de la mobilité personnelle qui permet une amélioration de la mobilité. Et ces conditions sont certainement fortement liées à la croissance économique.

Le parallèle observé entre les trois variables : croissance des revenus, croissance des vitesses, croissance des distances, peut acquérir un sens de causalité si l'hypothèse de constance de budget temps est fondée et représentative d'un goût individuel pour l'extension de la portée des déplacements. Sous cette hypothèse, la croissance économique en permettant une amélioration des vitesses de déplacement, a directement répondu au besoin et au goût de mobilité de la population.

Cependant dans l'alternative où la constance des budgets de transport n'est pas démontrée, seul le parallèle peut être considéré. Il n'est alors pas impossible d'imaginer que la croissance économique a permis une amélioration des vitesses, mais a aussi nécessité un accroissement du niveau de mobilité. Ces deux effets simultanés auront alors préservé un budget temps de transport relativement stable.

Les mécanismes simplifiés de la mobilité présentés précédemment, permettent d'envisager plusieurs types de leviers susceptibles d'agir sur le lien entre les croissances des vitesses et des transports. L'apport de la conception micro-économique de la mobilité individuelle réside dans le traitement (observation, analyse et compréhension) de l'utilité de la mobilité individuelle et quotidienne. La rationalisation et la formalisation du comportement permettent d'identifier les variables clés prises en compte par les individus. Ainsi, la mobilité individuelle apparaît comme fortement contrainte par les coûts du transport. L'univers de choix, défini par ces contraintes, constitue le champ d'action des individus. Chacun doit alors s'accommoder de son univers de choix et déterminer les différents aspects de sa mobilité en fonction de cette délimitation. Ce problème d'allocation de ressources au poste de consommation : transports, place les différentes composantes de la mobilité (moyen de transport, coûts monétaires et temporels, utilité d'une destination) et leurs prix (perçus comme ceux du marché) sur un même plan et les met en concurrence. L'individu est donc en situation d'arbitrage.

Ce formalisme mécanique du comportement de mobilité est relativement réducteur. Cette vision ne considère que les situations de court terme, en ne laissant aux individus que le choix de se plier aux contraintes qui s'imposent à eux. De ce point de vue, le comportement

représenté reste statique et ne permet pas une remise en cause des contraintes par les individus, ils n'ont pas la possibilité de sortir de leur état, d'agir sur leur univers de choix. Cependant, dans l'analyse économique, l'étude de l'équilibre est une vision statique, qui permet d'éclairer les variables en jeu dans les comportements. C'est alors dans une seconde étape que les processus dynamiques peuvent être introduits et testés.

Dans les modèles micro-économiques les plus classiques, deux ressources interviennent dans l'univers de choix de mobilité : le revenu et le temps disponibles. Le niveau de mobilité requis par un individu résultera donc des rapports de valeurs qu'il tisse entre les différents coûts et avantages de son transport. Alors que 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, pour le budget temps de transport.

Sur la base d'une telle représentation du comportement de la mobilité, le transport individuel s'articule autour de cinq éléments : les coûts monétaires, les coûts temporels, les ressources monétaires et temporelles et la valorisation utilitaire du transport. Toute action devra donc être envisagée par rapport à ces cinq axes. Nous pouvons constater qu'une compensation existe entre les coûts monétaires et les coûts temporels de transport, par exemple lors de l'acquisition par l'individu d'une vitesse plus élevée, afin de gagner du temps. Ainsi, les populations qui peuvent accéder à la dépense monétaire correspondante à une vitesse accrue, peuvent se déplacer plus vite et ainsi gagner du temps sur le transport, à niveau de mobilité donné. Cependant, le temps ainsi gagné est réinvesti dans du transport, de telle sorte que le budget temps de transport reste constant. Il résulte donc, pour ces populations, une augmentation de la mobilité, puisque dans un même temps, elles pouvaient parcourir plus de distance grâce à une vitesse accrue. La croissance générale de la mobilité est de ce point de vue la résultante, pour au moins une part, de la baisse des coûts monétaires, qui s'est traduite par une amélioration de la vitesse de l'ensemble de la population.

Il apparaît que pour Zahavi, les substitutions entre les deux ressources (temps et revenu), sont possibles. Elles sont même nécessaires, voire obligatoires, pour préserver la constance des deux budgets. En effet, les budgets temps et monétaires de transport sont constants dans le temps et l'espace, ils semblent donc inélastiques aux valeurs du temps comme aux prix (monétaires) du transport. Cependant, ce sont les mécanismes qui peuvent être mis en œuvre entre les deux budgets qui permettent de conserver la constance.

Tout d'abord, les substitutions peuvent être au niveau d'une seule ressource. Les ménages tenteront, autant que possible, de préserver leur niveau de mobilité, qui est représentatif de l'utilité qu'ils retirent de leurs déplacements. Pour cela, ils ajusteront les différents postes de dépenses monétaires de transport entre eux, et les postes de dépenses temporelles entre eux (si toutefois il est possible de distinguer plusieurs postes de dépenses temporelles).

Par exemple, pour le budget monétaire, le coût monétaire de transport peut être décomposé en un coût variable et un coût fixe. Ainsi, face à une hausse du coût variable monétaire de transport, les individus se reporteront vers des modes de transport dont les coûts variables sont plus faibles, même s'ils sont plus coûteux en terme de coûts fixes. Ainsi, un nouvel équilibre entre les deux types de coûts sera retrouvé afin de préserver la constance du budget monétaire. C'est ce mécanisme qui a été illustré pendant les crises pétrolières. Il l'est aussi par l'existence d'une différence en terme de coût d'achat et de consommation de carburant entre les automobiles de fabrication européenne et celles de fabrication américaine. De ce point de vue, une hausse du coût variable monétaire sera compensée par les ménages, par un report sur des

modes moins coûteux à l'utilisation (coût variable), mais certainement plus coûteux à l'acquisition (coût fixe).

Au niveau du budget temps de transport, une distinction peut être faite au niveau du motif de déplacement. De façon agrégée, il est possible de distinguer tout d'abord le transport nécessaire aux activités obligatoires comme le travail, du transport requis pour les activités choisies (ou moins contraintes). Ces activités obligatoires créent un niveau minimum et obligatoire de transport, qui consommera donc une part des ressources de l'individu. Dans le cas où la mobilité contrainte est élevée, on pourra s'attendre comme le souligne J.P. Orfeuil (1999) à constater une mobilité choisie ou de loisir réduite. Ce qui pourrait avoir des répercussions jusque dans l'organisation des tâches au sein du ménage.

Ensuite, les substitutions entre les deux ressources peuvent apparaître, mais en ayant toujours comme finalité la constance des budgets. Le raisonnement de substitution classique est qu'un individu qui accepte de payer plus cher pour accéder à un mode de transport rapide est un individu qui va pouvoir économiser du temps. Le gain de temps doit alors compenser la dépense monétaire supplémentaire. Cependant, selon la conjecture de Zahavi, les budgets de transport restent constants. Donc un individu qui parviendra avec un budget monétaire constant à accéder à un mode plus rapide pourra en effet réaliser un gain de temps. Mais ce gain de temps, qui est donc une réduction du budget temps de transport pour un niveau de mobilité fixé, sera réinvesti dans du transport supplémentaire. L'individu dégagant du temps libre sur le poste transport, le réinvestit aussitôt afin de retrouver le même budget temps de transport.

Il est donc clair que dans le cas de la validité des constances des deux budgets de transport, la complexité du comportement de mobilité s'en trouve réduite. Le niveau de mobilité des individus est alors directement déterminé par leurs budgets de transport. Les individus vont donc ajuster leur niveau de mobilité en fonction de leurs ressources et des prix (monétaires et temporels) des marchés de transport. Tout relâchement de cet ensemble de contraintes, défini par les ressources de l'individu et par les prix auxquels il fait face, se traduira par une hausse de son niveau de mobilité.

La question fondamentale est de se demander comment réduire l'intensité des transports et dans le même temps maintenir la croissance économique. De quels leviers d'action disposons-nous pour amorcer un découplage ?

La vision des mécanismes de la mobilité individuelle présentée ci-dessus, met en lumière le rôle des niveaux des prix et des ressources que rencontrent les individus. Ces éléments sont ceux sur lesquels une action peut être envisagée afin d'inciter à une réduction de la croissance des mobilités individuelles.

Cette approche du découplage met l'accent sur les comportements de mobilité. Contrairement au découplage relatif, qui est basé sur le progrès technique pour réduire les externalités négatives des transports, par cette approche comportementale, une part de la responsabilité de la croissance des transports est portée par les individus. Par cet effet de responsabilisation de l'individu mobile, ce découplage absolu dépasse donc le découplage relatif qui tendait, en quelque sorte, à encourager la mobilité. Le progrès technique sert dans le découplage relatif à « racheter une bonne conscience » à l'individu, en brisant une partie des effets négatifs de la mobilité. Et toute la responsabilité de la croissance des transports est supportée par les industriels du secteur transport. Ces derniers ne considèrent malheureusement pour le moment que les impacts énergétiques et environnementaux de l'activité transport, en omettant les autres impacts du transport, tels que la congestion, les effets sur la structuration de l'espace urbain, comme l'étalement urbain ou les ségrégations spatiales, ou les impacts sociaux conflictuels.

### Les conséquences du réinvestissement sur la mobilité mondiale

Tout d'abord, illustrons le parallèle entre les croissances de l'économie et des transports. Le *tableau 1* indique les taux de croissance sur la période 1960 à 1999, du revenu disponible brut, de la consommation des ménages, et des différents postes de transport. En tant qu'indicateur de la croissance économique, le revenu disponible brut et la consommation des ménages, caractérisés par une croissance persistante sur toute la période, révèlent l'importance de la croissance économique. En parallèle, les postes de transports urbains, ferroviaires et aériens, ainsi que les achats d'automobiles et de carburants suivent une croissance de forte ampleur.

Tableau 1 : Taux de croissance annuel en volume d'indicateurs de la consommation des ménages entre 1960 et 1999

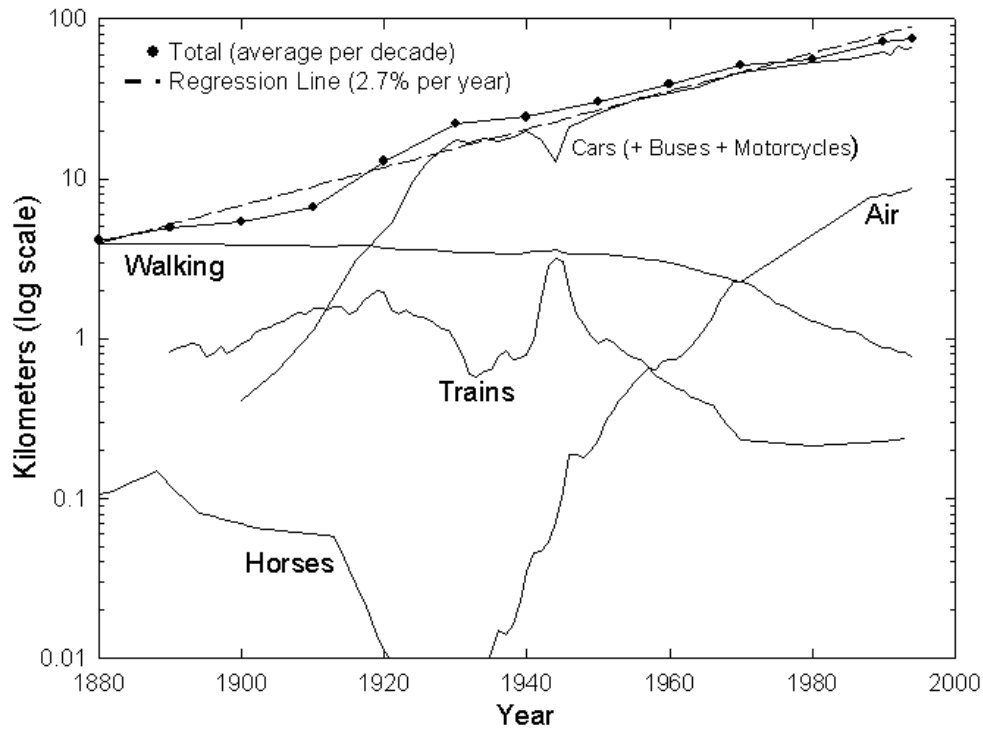
	1960-1973	1973-1985	1985-1999
Revenu Disponible Brut	+5,8%	+2,9%	+2,3%
Consommation	+5,4%	+2,2%	+2,1%
Achats d'automobiles	+11,2%	+2,9%	+2,6%
Achats de carburants	+10,0%	+1,2%	+1,1%
Transports urbains	+0,3%	+2,1%	+0,9%
Transports ferroviaires	+2,3%	+2,6%	+0,4%
Transports aériens	+9,5%	+7,6%	+4,9%
Télécommunications	+11%	+17,4%	+5,6%
Dépenses pour le logement	+6,6%	+4,7%	+3,0%

(Source : J. P. Orfeuil (Nov 2000))

Les postes de transports qui bénéficient des plus fortes croissances sont les transports les plus rapides. En effet, sur la période les achats automobiles et le transport aériens sont caractérisés par un essor de plus grande ampleur que les autres modes. Cette période est marquée par la généralisation de l'usage de l'automobile en France.

Une vision plus générale du cycle de vie des différents modes de transport est apportée par Ausubel J.H., C. Marchetti et P.S. Meyer, (1998). Les auteurs ont regroupé les distances parcourues par personne, par jour, pour chaque mode de transport, depuis 1880 aux Etats-Unis (*Graphique 9*). La mobilité totale est croissante sur toute la période. Il faut noter que cette croissance, apparaissant sous la forme linéaire dans l'échelle logarithmique utilisée ici, est, en volume, une croissance de type exponentielle. Le déclin des modes hippomobiles, ferroviaires et pédestres est apparent. A l'inverse, les modes de transport tels que l'automobile, le bus, les deux roues et l'aérien, connaissent une forte croissance. Globalement la mobilité manifeste une croissance annuelle de 2,7%. Ce qui correspond à un doublement tous les quarts de siècle. Nous pouvons constater que les distances parcourues à pied au début du siècle (5km), correspondent à la distance parcourue en une heure à la vitesse pédestre. De la même façon, les distances parcourues en automobile reflètent ce raisonnement. Avec une vitesse moyenne de 35 à 40 km/h, pour les premières automobiles, les distances parcourues en une heure sont d'une quarantaine de kilomètres.

Graphique 9. : Evolution des distances quotidiennes parcourues par personne selon le mode de transport depuis 1880 aux Etats-Unis

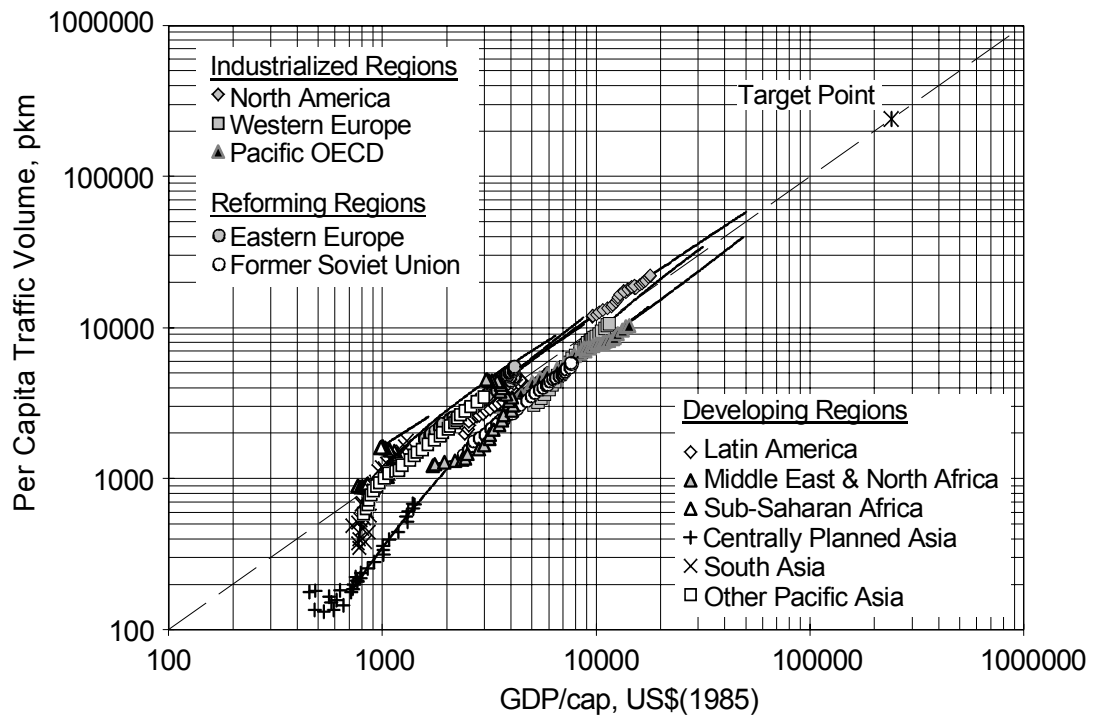


(Source : AUSUBEL J.H., C. MARCHETTI, P.S. MEYER, (1998))

Enfin, à un niveau plus agrégé, A. Schafer et D.G. Victor (2000) ont réalisé une projection de la mobilité mondiale. Pour les 11 régions du monde du *graphique 10*, la mobilité observée sur la période 1960-1990 a été projetée pour 2050 selon la cible (target point). Cette cible de 100 000km par an par personne est la simple prolongation des tendances actuelles.

Ce *graphique 10* illustre alors la croissance des revenus par individu et l'explosion de la mobilité prévue par simple prolongement des tendances observées. C'est par projection de la croissance des vitesses et sous l'hypothèse de constance des budgets temps de transport que les distances « cibles » sont obtenues. Le raisonnement de Schafer confère à la vitesse de déplacement la responsabilité de l'explosion du système de mobilité, tel que nous l'observons de nos jours. Sans la rupture de ce mécanisme de réinvestissement des gains de temps générés, par les vitesses toujours plus rapides, la mobilité et ses retombées continueront leur croissance.

Graphique 10 : Mobilité totale en passagers kilomètres par an  
(Données 1960 - 1990; Tendances 1991 - 2050)



(Source : Schafer A., D.G. Victor, (2000))

### *Les conséquences du réinvestissement sur la structuration de l'espace urbain*

Comme nous avons pu l'évoquer, la structure urbaine et la mobilité sont fortement liées. La structure urbaine est le lieu d'exercice de la mobilité. Elle recouvre deux aspects de l'univers de choix des individus. Tout d'abord, elle 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 en 1980, les différences de distributions des zones d'emploi et des zones de résidence peuvent indiquer le niveau minimum de mobilité qui sera réalisée. 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 TC et sont donc le terrain favori des déplacements en voiture particulière. A l'opposé, les localisations au centre ville, où l'accès pour l'automobile est limité, s'inscrivent dans une logique de mobilité de proximité.

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 (2002) parle de coproduction entre la ville et la mobilité. Et pour lui l'étalement urbain peut s'expliquer 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 serait alors la résultante d'un goût des individus pour la périphérie des villes, qui a, jusqu'à présent été contraint par le budget temps et le budget monétaire de transport. Le développement des vitesses a permis d'étendre la portée des déplacements des individus sans dépasser les budgets de transport. Le raisonnement se base donc sur l'intuition suivant laquelle, les individus mettent à profit les gains de vitesse, afin d'étendre la portée de leur déplacements. Ils réinvestissent donc les gains de temps dans du transport. Ainsi, à budget temps constant, les individus peuvent étendre l'étendue de leur zone de mobilité.

En conséquence, 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. C'est, en fait, une re-densification des villes et des centres (anciens comme nouveaux) qui est attendue.

Cependant, la réduction des vitesses dispose d'une zone de pertinence réduite. Il est possible de distinguer la mobilité au niveau urbain de la mobilité au niveau interurbain. A l'échelle d'une agglomération, la mobilité qui va essentiellement être affectée par une mesure de réduction des vitesses de circulation est la mobilité quotidienne et urbaine. Pour qu'une réduction de cette mobilité urbaine et quotidienne soit acceptable et réalisable par la population, il est nécessaire que des moyens de satisfaction des besoins de mobilité des individus existent et puissent se substituer à ceux qui doivent être abandonnés. Pour cela, il est nécessaire que la diminution de mobilité qui résultera, ne se fasse pas au détriment de la part de mobilité contrainte. L'individu ne pourra diminuer sa mobilité en dessous d'un certain seuil. Il doit donc disposer d'un minimum de liberté afin de satisfaire la part de ses déplacements qui sont contraints par des activités obligatoires. L'objectif essentiel des réductions de vitesse et de réduire la part de marché de l'automobile en ville. Il s'agit donc de diminuer la vitesse de la voiture particulière. Ce type de mesure peut être mis en œuvre dans les villes disposant de modes de transport alternatifs à l'automobile, et dans les villes qui

offrent une concentration d'activités suffisante pour satisfaire les besoins des individus avec un minimum de mobilité. Pour que la population accepte une telle mesure, il est au minimum nécessaire de pouvoir satisfaire la part de mobilité contrainte des individus. Ainsi, les zones n'étant pas suffisamment équipées en modes alternatifs de transport, ne seront alors pas compatibles avec une telle mesure. Les limites d'une politique de réduction des vitesses sont atteintes au niveau des déplacements interurbains. En effet, les transports collectifs en interurbains, ne peuvent satisfaire totalement une demande de mobilité dispersée et diversifiée. La substitution à l'automobile ne peut être envisagée que dans une proportion plus faible qu'en urbain.

Ainsi, la zone de pertinence de la politique de réduction des vitesses est un point essentiel. Il semble qu'il soit aisément envisageable de réduire les vitesses des circulations automobiles dans les hypercentres des villes, et 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 rendent opérationnelles les réductions de vitesses aux centres. Si les transports en commun captent une part du trafic, la congestion dans les zones denses du centre pourra se réduire. Et à l'inverse, les réductions de vitesses 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 nettement discutable en périphérie. Dans ces couronnes urbaines, 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.

Enfin, au niveau interurbain, les incitations de report modal vers les transports en communs ont des effets complexes. L'automobile à ce niveau rencontre essentiellement deux alternatives : le train et l'avion. Ce dernier étant le plus nocif et énergivore, le train paraît comme la meilleure alternative, sous réserve de satisfaire les besoins satisfaits jusque là par la voiture particulière. Mais, une partie de ces besoins requièrent des qualités de services, en terme de flexibilité, de desserte, etc. qui ne peuvent, partout être atteintes par les transports collectifs.

La coproduction entre la ville et le transport fait apparaître le rôle de la structure de l'espace urbain sur la mobilité. En effet, la structure urbaine est le lieu d'exercice de la mobilité et en détermine donc une partie des conditions de réalisation ainsi que les finalités des déplacements. Dans un premier temps, les conditions de transport peuvent être soumises à des contraintes imposées par la structure urbaine. En effet, la densité urbaine affecte les conditions de transport dans la ville. Les conditions d'écoulement des trafics sont atteintes par la concentration urbaine. Dans un second temps, la ville incitera et attirera la mobilité dans le sens où l'ensemble des opportunités qu'elle offre aux individus va créer une zone d'attraction. La mesure d'un tel effet est problématique vis-à-vis de la définition de l'indicateur de mobilité à utiliser pour mesurer des différences entre villes. En effet, les distances ou le nombre de trajets effectués ne permettent pas de comparer des villes de tailles différentes. En effet, dans une ville compacte les distances parcourues seront relativement faibles, alors que dans une ville étalée, les distances exploseront pour un même niveau de mobilité, d'opportunités et d'utilité atteintes à destination. Il en est de même avec le nombre de trajets.

Cependant, tant les indicateurs de migrations résidentielles des villes que les flux de trafics dans les villes, ils font apparaître des différences significatives entre les villes, et entre les zones à l'intérieur des villes. Ces différences peuvent être vraisemblablement interprétées comme des niveaux différents d'offre d'opportunités.

Nous retrouvons donc, là encore, le discours de M. Wiel. La vitesse apparaît comme une (ou la) variable qui articule le va-et-vient entre la formation de l'espace urbain et la mobilité au sein de cet espace. Et sa réduction paraît nécessaire afin de limiter l'essor des distances parcourues. Cependant une réduction brutale de la vitesse résulte en une augmentation du coût temporel de la mobilité, et alourdit donc l'ensemble des contraintes qui pèsent sur les individus, réduisant ainsi l'utilité qu'ils peuvent extraire de leur transport. La ville compacte semble être une solution plus acceptable pour la population dans la mesure où elle offre dans un périmètre plus étroit un ensemble d'opportunités suffisant. Dans la ville compacte la réduction de la vitesse est implicite, mais elle est compensée par le niveau d'utilité des destinations qui peuvent être atteintes au cœur de la ville. Et plus généralement, ceci impliquerait un passage d'une économie extensive (construite sur une extension de la mobilité) à une économie intensive, qui favoriserait la minimisation de la mobilité pour un même niveau d'interactions, et d'activités.

Cependant, l'acceptation par la population de ce système urbain peut poser problème. Tout d'abord en raison de la période transitoire nécessaire pour parvenir à la ville compacte. La réduction des vitesses semble être un moyen d'inciter les individus à rejoindre le cœur des villes, mais à quel coût pour les individus ? Et ce retour en arrière vers une ville dense qui a pu être quittée grâce à l'automobile pour la satisfaction des désirs individuels (propriété, isolement, etc.) sera-t-il possible malgré l'ancrage des nouveaux comportements, des nouvelles façons d'appréhender le transport, le logement et la ville développés par les populations.

## Conclusion

Alors que l'image que tout le monde a de l'hypothèse de Zahavi simplifie les mécanismes de l'économie de la mobilité, les multiples facettes de son analyse de budgets temps de transport complexifient les interprétations de la stabilité apparente. Il apparaît tout d'abord, qu'au niveau mondial d'observation, les budgets temps de transport moyens par agglomération sont similaires et stables dans le temps. Les quelques études qui parviennent à obtenir de leur jeu de données l'une de ces deux dimensions temporelles ou spatiales n'infirment pas l'hypothèse de Zahavi. C'est aussi le premier résultat issu de l'étude des budgets temps de transport de la base UITP. A la vue de l'intervalle des budgets temps de transport et de la diversité des villes considérées, les budgets temps paraissent proches, voire stables. Cela suggère donc que les allocations de temps au transport peuvent ne pas être totalement hasardeuses. Une certaine régularité dans les comportements peut être perçue, après agrégation.

L'existence des budgets temps de transport en tant que poste de dépenses propres de l'individu, sur lequel il porte son attention, permet alors de justifier l'usage du budget temps comme une variable décisive d'un modèle de mobilité urbaine, basé sur la représentation des comportements. Dans le modèle UMOT, Zahavi introduit les budgets temps de transport et affine leur représentation pour chacune des agglomérations de son modèle par une forme convergente. En effet, à l'issue d'analyses économétriques, Zahavi détermine que les budgets temps de transport des agglomérations sont des formes décroissantes et convergentes des vitesses porte à porte de l'agglomération. Ainsi, Zahavi conserve l'idée d'une stabilité des budgets temps de transport à partir d'un seuil de vitesse, et parvient à prendre en compte une partie de la variabilité des budgets temps de transport des agglomérations.

Les résultats des travaux menés sur la base UITP illustrent alors une première réduction du niveau d'observation des budgets temps de transport. Si l'hypothèse de Zahavi est validée par la base UITP, au niveau mondial, la distinction continentale dans l'intervalle global fait apparaître certaines tendances lourdes. En effet, les villes dont le développement urbain peut être qualifié d'extensif (Amérique du nord et Océanie) s'illustrent par un budget temps de transport croissant avec des variables telles que le PIB par personne. A l'opposé, les villes de caractère intensif (Europe de l'ouest et villes asiatiques) semblent conserver des budgets temps de transport stables.

Le mécanisme central de la mobilité qui est simplifié par la constance des budgets temps de transport est celui du réinvestissement des gains de temps générés par les vitesses accrues. Sous l'hypothèse de Zahavi, le réinvestissement est systématique et total. Ce mécanisme permet alors de systématiser certaines relations, telles que le lien entre la croissance économique et la croissance de la mobilité ou encore la relation entre les gains de vitesses et l'étalement urbain.

En conséquence, la poursuite de la recherche pourra porter sur plusieurs axes. L'analyse empirique des budgets temps de transport au travers de bases de données de dimension mondiale, nationale ou urbaine pourra identifier certaines de relations existant entre les budgets temps et les caractéristiques des agglomérations, de leur système de transports ou des individus. Le lien espace-temps de la mobilité pourra de la même façon être étudié empiriquement, afin éventuellement mieux comprendre la coproduction entre la mobilité et la structure urbaine. Enfin, en amont, la génération des budgets temps de transport dans les comportements de mobilité de l'individu pourra intégrer ces différents aspects.

## *Bibliographie*

- 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.
- GOODWIN P.B., (1981), *The usefulness of travel budgets*, Transportation Research, A 15, pp. 97-106.
- HUPKES, G., (1982), *The law of constant travel time and trip-rates*, Futures, 14, pp. 38-46.
- KATIYAR R. et OHTA K., (1993), *Concept of « Daily Travel Time » (DTT) and its applicability to travel demand analysis*, Journal of the Faculty of Engineering, Thé University of Tokyo (B), Vol. XLII, 2, pp. 109-121.
- LENTORP, B., (1976), *Paths in space-time environment : a time geographic study of possibilities of individuals*. Lund : The Royal University of Lund, Department of Geography. Lund Studies in Geography, Ser. B. Human Geography, No.44.
- MOKHTARIAN, P.L., (1998), *A synthetic approach to estimating the impacts of telecommuting on travel*, in : Urban studies, 35(2), pp. 215-241.
- ORFEUIL, J.P., (1999), *Evolution des mobilités locales et interface avec les stratégies de localisation*, PUCA.
- ORFEUIL, J.P., (2000), *L'Evolution de la mobilité quotidienne*, Les collections de l'INRETS., n°37
- POLAK J., (1987), *A comment on Supernak's critique of transport modelling*, Transportation, 14, pp. 63-72.
- PURVIS C.L., (1994), *Changes in regional travel characteristics and travel time expenditures in the San Francisco Bay area : 1960-1990*, Transportation Research Record, 1466, pp. 99-109.
- SCHAFFER A., (2000), *Regularities in travel demand : An international perspective*, Journal of Transportation and Statistics, Vol. 3, n°3, pp. 1-31.
- SCHAFFER A., (1998), *The global demand for motorized mobility*, Transportation Research, A 32, pp. 455-477.
- SCHAFFER A. et D.G. VICTOR, (2000), *The Future mobility of the world population*, Transportation Research, A 34, pp. 171-205.
- SUPERNAK J., (1982), *Travel time budget : A critique*, Transportation Research Record, 879, pp. 15-25.
- SUPERNAK J., (1983), *Transportation modeling : Lessons from the past and tasks for the future*, Transportation, 12, pp. 79-90.
- SUPERNAK J., (1984), *Travel regularities and their interprétations : A discussion Paper*, Transportation Research Record, 987, pp. 48-57.
- SUPERNAK J. et STEVENS W. R., (1987), *Urban transportation modeling : The discussion continues*, Transportation, 14, pp. 73-82.
- VIVIER, J., (2001), *Base de données sur 100 villes du monde pour une mobilité durable*, UITP.
- WIEL M., (2002), *Ville et automobile*, Descartes et Cie, coll. Les Urbanités, 140 p..
- WIEL M., (1999), *La transition urbaine ou la passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Mardaga, Liège, 225p..
- ZAHAVI Y., (1973), *The TT-relationship : a unified approach to transportation planning*, Traffic engineering and control, pp. 205-212.
- ZAHAVI Y., (1974), *Travel time budgets and mobility in urban areas*, report prepared for the U.S Department of transportation.
- ZAHAVI Y., (1978), *The measurement of travel demand and mobility*, presented at the Joint International Meeting on the Integration of Traffic and Transportation Engineering in Urban Area, Tel Aviv, Israel.
- ZAHAVI Y., (1979), *The 'UMOT' Project*, rapport pour l'U.S. Department of Transportation and the Ministry of Transport of Federal Republic Of Germany.
- ZAHAVI Y., (1982), *Discussion*, (suite de J. Supernak (1982) : *Travel Time Budget : A critique*), Transportation Research Record, 879, pp. 25-27.
- ZAHAVI Y. et RYAN J. M., (1980), *Stability of travel components over time*, Transportation Research Record, 750, pp. 19-26.

**ZAHAVI Y.** et **TALVITIE A.**, (1980), *Regularities in travel time and money expenditures*, Transportation Research Record, 750, pp. 13-19.