



**HAL**  
open science

## Le système des transports urbains

Alain Bonnafous

► **To cite this version:**

Alain Bonnafous. Le système des transports urbains. Economie et Statistique / Economics and Statistics, 1996, Regard socioéconomique sur la structuration de la ville, 294-295, pp.99-108. 10.3406/es-tat.1996.6087 . halshs-01420368

**HAL Id: halshs-01420368**

**<https://shs.hal.science/halshs-01420368v1>**

Submitted on 23 Feb 2018

**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.

## Le système des transports urbains

Monsieur Alain Bonnafous

---

**Citer ce document / Cite this document :**

Bonnafous Alain. Le système des transports urbains. In: Economie et statistique, n°294-295, Mai 1996. Regard socioéconomique sur la structuration de la ville. pp. 99-108;

[http://www.persee.fr/doc/estat\\_0336-1454\\_1996\\_num\\_294\\_1\\_6087](http://www.persee.fr/doc/estat_0336-1454_1996_num_294_1_6087)

---

Document généré le 23/05/2016

## **Abstract**

### The Urban Transport System

The urban transport system is halfway between a residency and activity location system and a complex system of social relations and practices. It irrigates the town by responding to its changes. To a large extent, it actually enables change. Towns would not have been able to spread over such a wide area if walking or animal traction had been the only means of transport. However, this transport system also has its own dynamic comprising two types of competition. The first, which is as old as the town itself, is the competition for the use of the highways. The second has to do with technological development and is the competition between means of transport. Both interact in accordance with increasingly well-known mechanisms, to the extent that this dynamic can be represented by a simulation model. Such a model can be used to explore the possible future prospects for the transport system based on economic developments and alternative transport policies.

## **Resumen**

### El sistema de los transportes urbanos

El sistema de transporte urbano se sitúa en la confluencia de un sistema de localización del hábitat y de las actividades y de un sistema complejo de prácticas y relaciones sociales. Permite irrigar la ciudad y responder a sus transformaciones. En amplia medida hasta las autoriza: la expansión urbana no hubiera tenido tanta amplitud con la sola marcha o la sola tracción animal. Pero este sistema de transporte tiene también su propia dinámica, que da cuenta de una doble competencia: la primera, casi tan antigua como la misma ciudad, es la competencia por el uso de la red de comunicaciones, la segunda, ligada al desarrollo de las técnicas, es la competencia entre los modos de transporte. Una y otra interactúan según unos mecanismos cada vez más conocidos, hasta el punto de que esta dinámica puede representarse mediante un modelo de simulación. Este permite explorar los posibles futuros del sistema de transporte según las evoluciones del contexto económico y las políticas de transporte alternativas.

## **Zusammenfassung**

### Die städtischen Verkehrssysteme

Die städtischen Verkehrssysteme befinden sich an der Schnittstelle zwischen einerseits einem System zur Lokalisierung des Wohnraumes und der Berufstätigkeiten und andererseits einem komplexen Gefüge von sozialen Aktivitäten und Beziehungen. Sie ermöglichen es, die Stadt mit Leben zu erfüllen, indem sie sich ihren Veränderungen anpassen. In gewisser Hinsicht sind sie sogar Voraussetzung für deren Weiterentwicklung; denn eine Stadt könnte sich bei Fortbewegung zu Fuß und Beförderung mit Hilfe von Tieren nicht im gleichen Umfang ausdehnen. Doch hat das Verkehrssystem auch seine Eigendynamik, die einem doppelten Wettbewerb

Rechnung trägt, und zwar einerseits einem Wettbewerb, der die Benutzung der Verkehrswege betrifft und genauso wie die Städte ist, und andererseits dem Wettbewerb zwischen den Verkehrsmitteln, der durch die Weiterentwicklung der Techniken bedingt ist. Zwischen beiden besteht eine Wechselwirkung, deren Mechanismen man immer besser versteht, so daß diese Dynamik anhand eines Simulationsmodells dargestellt werden kann. Dieses Modell ermöglicht es, die möglichen Verkehrssysteme der Zukunft dem wirtschaftlichen Umfeld und den alternativen Verkehrspolitiken entsprechend zu erforschen.

## **Résumé**

### Le système des transports urbains

Le système de transport urbain se situe à la jonction d'un système de localisation de l'habitat et des activités et d'un système complexe de pratiques et relations sociales. Il permet d'irriguer la ville en répondant à ses transformations. Dans une large mesure, il les autorise: l'étalement urbain n'aurait pas eu une telle ampleur avec la seule marche à pied ou la seule traction animale. Mais ce système de transport a aussi sa dynamique propre, qui rend compte d'une double compétition: l'une, aussi ancienne que la

ville, est la compétition pour l'usage de la voirie; l'autre, liée au développement des techniques, est la

compétition entre les modes de transport. L'une et l'autre interagissent selon des mécanismes de mieux en mieux connus, au point que cette dynamique peut être représentée par un modèle de simulation. Celui-ci permet d'explorer les futurs possibles du système de transport selon les évolutions du contexte économique et les politiques de transport alternatives.

# Le système des transports urbains

Alain  
Bonnafeous \*

Le système de transport urbain se situe à la jonction d'un système de localisation de l'habitat et des activités et d'un système complexe de pratiques et relations sociales. Il permet d'irriguer la ville en répondant à ses transformations. Dans une large mesure, il les autorise : l'étalement urbain n'aurait pas eu une telle ampleur avec la seule marche à pied ou la seule traction animale. Mais ce système de transport a aussi sa dynamique propre, qui rend compte d'une double compétition : l'une, aussi ancienne que la ville, est la compétition pour l'usage de la voirie ; l'autre, liée au développement des techniques, est la compétition entre les modes de transport. L'une et l'autre interagissent selon des mécanismes de mieux en mieux connus, au point que cette dynamique peut être représentée par un modèle de simulation. Celui-ci permet d'explorer les avenir possibles du système de transport selon les évolutions du contexte économique et les politiques de transport alternatives.

Les transports ne peuvent être considérés que comme une activité **ancillaire** (1). **Il en est ainsi des déplacements urbains qui ne sont pas effectués en tant que tels**, hormis la pratique de la promenade, mais pour permettre à chacun de réaliser le programme de ses activités en des lieux différents de la cité. Ces déplacements assurent ainsi une certaine compatibilité entre un *système de localisation* inscrit sur le sol, et un *système de pratiques et de relations sociales* au sein duquel l'individu joue un rôle et dispose d'une certaine marge de manœuvre. Ils sont donc largement déterminés par l'évolution et les interactions de ces deux systèmes.

Pour autant, les déplacements, les infrastructures et les moyens de transport utilisés peuvent être considérés comme un troisième système ou, si l'on préfère, un troisième sous-système

du « système ville ». Il a, en effet, sa cohérence et sa dynamique propre, comme nous allons tenter de le montrer et, dans une certaine mesure, de le formaliser. Il a aussi ses problèmes spécifiques comme en témoignent un déséquilibre financier chronique et l'intervention de la puissance publique visant à y remédier.

Cette dynamique du sous-système de transport urbain est, bien entendu, animée par des facteurs exogènes sur lesquels nous reviendrons, mais elle est aussi conditionnée par le caractère figé, minéralisé, du lieu principal de cette mobilité qu'est la voirie urbaine, qui ne se plie pas toujours aux fluctuations de la mobilité quotidienne.

1. Suivant le double sens de service et de dépendance attaché à l'étymologie de ce terme.

\* Alain Bonnafeous est vice-président du Laboratoire d'économie des transports (LET) et professeur à l'IEP de Lyon et à l'Université Lumière-Lyon 2.

Les noms et dates entre parenthèses renvoient à la bibliographie en fin d'article.

## Le processus d'encombrement croissant...

La mécanique toute simple qu'il s'agit de démontrer est celle d'une double compétition. D'une part, la compétition entre modes de transport sur ce qu'il est convenu d'appeler aujourd'hui le marché des déplacements ; d'autre part, la compétition entre modes de transport pour l'usage de la voirie. La relation dynamique entre ces deux aspects est restituée par le graphique I relatif à un système de transports urbains simplifié puisque réduit, pour l'instant, à deux modes concurrents : la voiture particulière (VP) et l'autobus sans voie réservée (TC).

Il représente les vitesses moyennes en fonction de la répartition « modale » (2), toutes choses étant supposées égales par ailleurs, en particulier le niveau global de la demande de déplacements et les capacités du parc d'autobus et de la voirie. Les formes de ces courbes sont corroborées par de multiples observations et dérivent, du reste, du diagramme fondamental (débit-vitesse) de l'ingénierie du trafic.

Sur la partie OA, l'utilisation de la voiture particulière est faible : il y a donc peu d'encombrements et l'augmentation du trafic automobile n'altère que modérément la vitesse moyenne d'écoulement du trafic. Elle permet, en revanche, de désengorger les autobus et les files d'attente que l'on observe à leur montée lorsqu'ils assurent la majeure partie des déplacements. Dans cette situation, correspondant par exemple à celle des villes des pays de l'Est dans les années soixante-dix, l'augmentation de la possession et de l'usage de la voiture fait gagner plus de temps aux usagers des transports collec-

tifs dans les attentes à la montée qu'elle ne leur en fait perdre par la légère dégradation de la fluidité des trafics.

Le niveau A de répartition modale correspond à une situation optimale pour l'ensemble des déplacements, au sens où leur vitesse moyenne est maximale. En effet, en ce point, l'excès de clientèle des transports en commun est résorbé par l'automobile sans que celle-ci n'encombre trop la voirie.

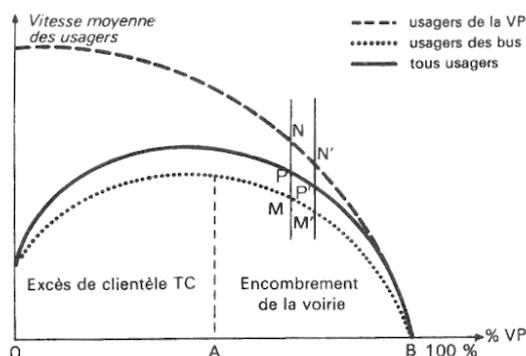
Cet encombrement prend le dessus à partir du point A, en raison du passage progressif d'un « régime fluide » à un « régime saturé » selon les termes consacrés de l'ingénierie du trafic : en régime fluide, l'arrivée de nouveaux véhicules sur l'espace de voirie ralentit le trafic mais les débits continuent à s'accroître ; en régime saturé, le trafic est ralenti par les nouveaux arrivants à tel point que les débits tendent à diminuer. La limite théorique de la saturation est représentée par le point B. Il correspond au pourcentage d'usagers de l'automobile à partir duquel l'encombrement serait total et donc la vitesse nulle.

Ces courbes constituent bien entendu une fiction théorique car, d'une part, elles supposent figé le nombre total de déplacements alors qu'il est, dans la réalité, variable à tout instant, et d'autre part, elles supposent variable un partage modal alors qu'il n'évolue que lentement. Ainsi peut-on, au mieux, identifier quelques points de ces courbes à la faveur d'enquêtes auprès d'un échantillon de ménages en faisant reconstituer à chacun de leurs membres tous leurs déplacements d'une journée soigneusement situés dans le temps et dans l'espace. Cependant cette fiction théorique n'est pas sans rapport avec la réalité dans la mesure où les villes encombrées semblent bien soumises à un cheminement vers le point B et dans la mesure, surtout, où elle nous apporte une explication à ce glissement.

Imaginons, en effet, un usager des transports en commun qui se trouve dans une situation représentée par le point M. Son autobus subit les encombrements et il observe que les usagers de l'automobile vont significativement plus vite. Il aspire tout naturellement à se trouver lui aussi dans leur situation, représentée par le point N. Dès qu'il en aura la possibilité, muni d'un permis de conduire et d'un revenu suffisant, il prendra à son tour le volant et provoquera, avec tous ceux qui seront en mesure de faire le même arbitrage prix-temps, un déplacement vers la

2. On entend ici par répartition « modale » celle des usagers entre les différents modes (ou moyens) de transport.

Graphique I  
Vitesse moyenne en fonction de la répartition entre modes



TC : transport collectif (autobus sans voie réservée)  
VP : voiture particulière  
Source : Bonnafous et Puel (1983).

droite de la courbe et, ainsi, un accroissement des encombrements.

Pour théorique que soit ce processus, il peut être illustré d'ordres de grandeur que l'on sait aujourd'hui estimer pour des variations marginales. Des simulations ont ainsi pu être faites dans le cas de Londres dont quelques éléments sont repris dans le tableau 1.

Ces exemples témoignent de la force du processus cumulatif d'encombrement. Ils illustrent, tout à la fois, les bonnes raisons que peuvent avoir les usagers des autobus de désirer faire leur déplacement en voiture, la dégradation de la situation d'ensemble lorsqu'ils passent à l'acte et, surtout, le caractère dissuasif d'un transfert en sens inverse en raison de la perte de temps qu'il représenterait pour ceux qui s'y soumettraient.

Relevons au passage que l'aspect le plus troublant de ce conflit entre satisfaction individuelle et satisfaction collective tient à ce qu'il porte en lui-même des facteurs d'aggravation : le déplacement de la situation MN à la situation M'N' rend en effet plus frustrante encore la position de ceux qui, captifs de l'autobus et se retrouvant en M', ont perdu dans l'affaire plus de temps que les automobilistes et dont le désir de se porter sur la voiture s'accroît tout naturellement avec la durée et le désagrément des trajets. Ainsi, dès lors que les conditions démographiques et économiques ne s'y opposent pas, le caractère autoentretenu de ce processus se renforce.

### ... peut être corrigé par les pouvoirs publics

Ces nouveaux automobilistes contribuent à un processus « non parétien » dans la mesure où, en améliorant leur situation en termes de durée

de déplacement, ils provoquent une détérioration de la situation de tous les autres usagers du système de transport et, au total, de la situation moyenne (qui passe de P à P').

S'il n'était pas limité par des forces de rappel, le développement de ce mécanisme pourrait se traduire rapidement par une détérioration en chaîne des conditions de transports des usagers : la généralisation des encombrements ; la réduction de la clientèle des transports en commun à ceux qui n'ont pas d'autres choix, c'est-à-dire à ses captifs ; un déficit de gestion croissant des transports en commun et, dans la phase ultime, le déclin des tissus urbains les plus encombrés.

De telles situations limites, proches du point B au sens de notre fiction théorique, peuvent s'observer dans des villes comme Athènes ou Bangkok. Elles entravent les relations sociales et s'accompagnent d'une pollution plus élevée que la moyenne. Aussi, particuliers et entreprises s'efforcent-ils d'échapper à ces externalités négatives dans leurs choix de localisation. De telles évolutions exposent au dépeuplement des centres.

Pour les freiner, les pouvoirs publics disposent de trois types de solutions. Le premier consiste à *modifier les termes de la compétition pour l'usage de la voirie entre les deux modes concurrents* : il s'agit de faire en sorte que, pour la zone AB du graphique I, la courbe des vitesses des transports collectifs passe au-dessus de celle de la voiture particulière. Cela peut être obtenu par certaines mesures réglementaires : la création de voies réservées au seul usage des autobus, qui accroît leur vitesse commerciale, réduit du même coup l'espace viaire disponible pour les voitures et en ralentit ainsi la vitesse d'écoulement ; l'interdiction de l'automobile dans des zones centrales où les rues sont alors,

Tableau 1  
Effets de transferts entre voiture (VP) et transport collectif (TC)  
(cas de Londres)

Catégories d'usagers	5 % des usagers des TC deviennent usagers de la VP		5 % des usagers de la VP deviennent usagers des TC	
	Durée des déplacements	Segment sur le graphique I	Durée des déplacements	Segment sur le graphique I
Les 5 % ayant changé	Gain de 3,7 mn	MN'	Perte de 16,1 mn	N'M
Les usagers VP	Perte de 5,5 mn	NN'	Gain de 4,3 mn	N'N
Les usagers TC	Perte de 6,2 mn	MM'	Gain de 5,0 mn	M'M
L'ensemble des usagers	Perte de 4,8 mn	PP'	Gain de 3,7 mn	P'P

Source : Goodwin (1991).

pour partie, laissées aux transports collectifs et, pour partie, réservées aux piétons ; ou encore l'abaissement de la vitesse réglementaire à 30 km/h par exemple, d'où la dénomination internationale encore peu utilisée en France de « zones 30 ».

Les mesures de ce type sont légitimées par leur effet de redistribution. En effet, elles assurent une redistribution de ce bien rare qu'est l'espace de voirie au profit d'usagers qui en consomment peu : en heure de pointe à Paris, les autobus assurent le tiers des déplacements motorisés de surface en occupant seulement 3 % de la chaussée en service. Mais en déformant ainsi les courbes de vitesse des modes concurrents, on risque d'abaisser la courbe de vitesse moyenne. Pour que la redistribution conduise à une situation globalement améliorée, il est donc nécessaire que le déplacement de P' vers P l'emporte sur cette éventuelle translation vers le bas des points P et P'. En utilisant un cadre d'analyse différent, Güller (1987) a montré comment une ville comme Berne y était parvenue grâce aux performances du système de transport collectif.

Le deuxième type de mesures n'affecte pas les courbes de vitesse mais vise à provoquer un transfert de type N'M de la voiture particulière vers les transports collectifs par le jeu des prix relatifs. Jusqu'ici, nous avons raisonné comme si l'usager non captif n'arbitrait entre les modes concurrents que par des considérations sur la durée de ses déplacements. Cette hypothèse est pertinente lorsque l'usage de la voirie par l'automobiliste a les apparences de la gratuité, c'est-à-dire lorsqu'il paie les seuls coûts de fonctionnement du véhicule. Dès lors qu'il doit acquitter un tarif pour son stationnement ou l'usage d'une infrastructure, un arbitrage prix-temps lui est imposé.

La légitimité de cette tarification d'usage des infrastructures tient au principe d'internalisation des effets externes. On sait, depuis Alfred Marshall, que la gratuité d'une ressource rare implique un écart entre les coûts privés et les coûts sociaux de la consommation de cette ressource et que les conditions de l'optimum peuvent être reconstituées en la rendant payante. Le stationnement payant constitue une application directe de ce système. Il obtient des résultats parfois spectaculaires en matière de transfert entre les modes de transport. Par exemple, les personnes qui se rendent chaque jour au centre de San Francisco utilisent quatre fois plus les transports en commun lorsqu'ils ne

peuvent échapper au stationnement payant. Le péage urbain, qui n'a été instauré jusqu'ici que dans quelques villes d'Asie ou de Scandinavie, procède de la même logique.

Ces deux premiers types de politique intermodale, la gestion de voirie et la tarification de son usage, renvoient au deux seules méthodes que l'homme ait inventé pour réguler la demande d'une ressource rare, à savoir la régulation par la file d'attente ou l'interdit et la régulation par les prix. Sensiblement opposés de conception, ces dispositifs ont cependant en commun un inconvénient qui explique que le politique hésite toujours longuement avant de les adopter : leur mise en place améliore la fluidité d'ensemble du système et les temps de parcours moyens, mais peut être mal ressentie par ceux qui se résignent à ne plus utiliser leur voiture et par ceux qui, choisissant de la conserver, subissent un ralentissement supplémentaire ou encore ne trouvent pas dans leurs gains de temps une compensation de ce qu'ils doivent acquitter. Aussi favorable qu'il soit pour la collectivité, le processus n'est pas parétien.

Cela explique que les responsables politiques ont depuis longtemps privilégié une troisième voie qui a toutes les apparences du processus parétien et qui consiste à maintenir le libre usage de la voirie en la redoublant sous le sol : il s'agit de la solution bien connue du métro. Aucune catégorie d'usagers ne voit, alors, sa situation se dégrader : ceux qui passent de la voiture au métro le font parce qu'ils y trouvent leur compte, les anciens usagers des transports collectifs disposent d'un système plus performant et ceux qui continuent à utiliser leur voiture bénéficient du soulagement de trafic lié au transfert modal. C'est ainsi que suivant l'exemple de Londres, New York et Paris, 20 villes avaient déjà choisi de répondre au défi de l'encombrement par la construction d'un métro à la veille de la Seconde Guerre mondiale. Le cap de la centaine est aujourd'hui nettement dépassé, soit un quart environ des villes qui, de par le monde, comptent plus de 500 000 habitants.

Si les trois autres quarts n'en sont pas encore dotés, c'est que de tels équipements ont un coût élevé. C'est donc que la solution n'est plus parétienne dès lors que la situation du contribuable est prise en considération. Il reste que, dans les pays industrialisés, la crise de l'encombrement a d'abord été traitée par un effort considérable de développement du transport collectif qui a coïncidé, dans les plus grandes villes, avec l'adoption du métro et, dans tous les cas,

avec un important recours au financement public (cf. graphique II).

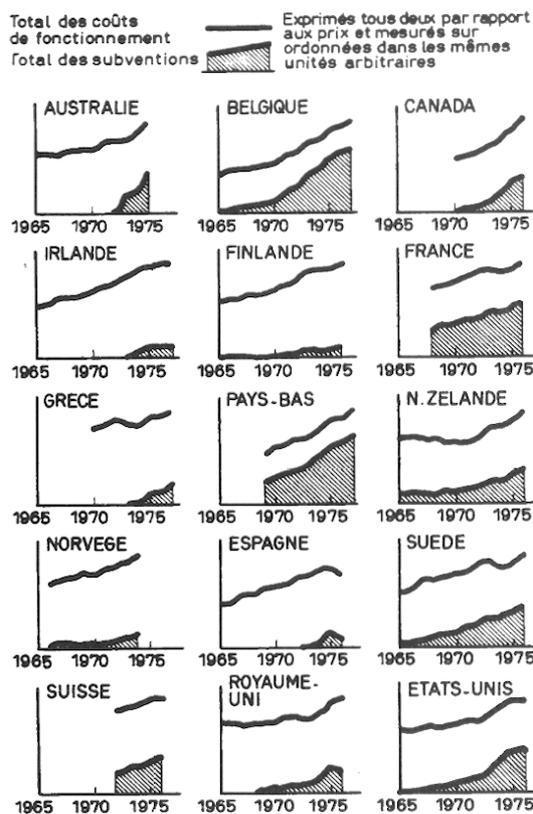
### La crise du financement public limite cependant ces interventions

L'apparition ou la forte croissance de ce financement public dans les années soixante-dix témoignent de ce choix (cf. graphique II). Elles témoignent également d'une réticence vis-à-vis des politiques de premier ou de deuxième type évoquées précédemment : ces dernières sont, certes, très favorables à la productivité du système de transport collectif (au sens classique de la productivité des facteurs, la production étant usuellement mesurée en places offertes de passagers-kilomètres), mais la peur de déplaire à l'électeur a souvent été plus déterminante que l'intérêt collectif. De telles politiques n'ayant été mises en œuvre qu'au travers de quelques

mesures limitées, l'évolution n'a été que ralentie : à la crise de l'encombrement mal maîtrisée est venue s'ajouter une crise du financement des transports collectifs.

Le graphique II permet de repérer ce qu'était la situation de chacun des pays dans les années soixante-dix par rapport à nos courbes de répartition modale : partout le point A semblait avoir été franchi. Cette évolution était récente en Irlande, en Grèce et en Espagne, ce qui est normal car cela suppose un niveau de développement compatible avec l'extension du parc automobile. Évolution récente également en Australie et au Canada, pays de grands espaces et de villes jeunes où les voiries sont largement dimensionnées. Mais quelle que soit la situation de chacun, l'évolution observée dans chaque pays semble bien confirmer l'un des symptômes du processus : l'abaissement de la productivité des transports collectifs.

Graphique II  
Évolution des coûts de fonctionnement des transports collectifs et des subventions pour 15 pays



Les ordonnées ne sont pas comparables de pays à pays, coûts et subventions étant mesurés en monnaie nationale « constante ».

Source : Bly et Webster (1979).

À la suite de ceux de Bly et Webster (1979), de nombreux travaux ont été consacrés à cette crise de financement (LET, 1984) qui a pesé, depuis le début des années quatre-vingt, sur les politiques de transports urbains. Ils préconisent une politique diversifiée visant à optimiser une combinaison des trois types de mesures évoquées précédemment. Aujourd'hui, toutes les agglomérations de quelque importance s'efforcent de pratiquer cette coordination des décisions réglementaires, tarifaires et relatives à l'investissement.

Afin de résoudre simultanément les problèmes d'encombrement de la voirie et de financement des transports collectifs, et pour maîtriser ainsi les évolutions du système de transport, il convient de prendre la mesure des déterminants exogènes susceptibles d'infléchir sa dynamique propre. Il faut, pour cela, passer de l'analyse vitesse-partage modal, trop réductrice, à une formalisation globale du système qui permette d'en simuler, en fonction de différents scénarios, les avenir possibles.

### Un système complexe mais modélisable

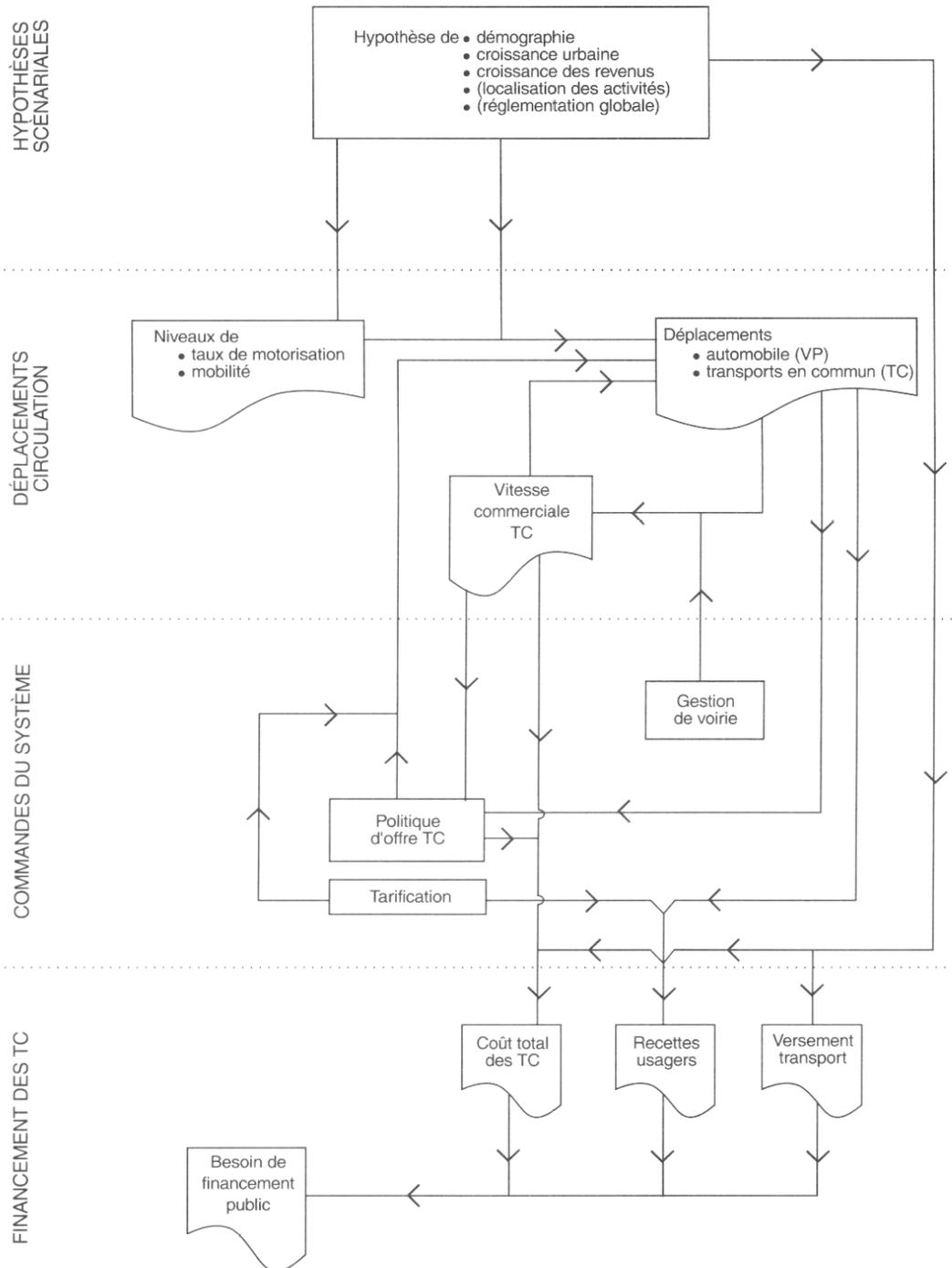
Conçu à cet effet, le modèle QUIN-QUIN a été développé au sein du Laboratoire d'économie des transports à partir de 1983. Appliqué au système de transport de Lyon (Bonnafous, 1985 ; Tabourin, 1989) puis à celui de Paris (Bouf et Gargaillo, 1985), il a produit des simulations à l'horizon 2000 qui ont suscité un grand scepticisme de la part des responsables car elles

paraissaient trop inquiétantes pour être réalisées. Ce scepticisme s'est apaisé à mesure que les observations sont venues jalonner des trajectoires qui conduisent à des situations très proches de celles qui ont été initialement simulées, notamment en matière de fréquentation et de besoin de financement du transport public.

La structure de ce modèle est représentée de manière simplifiée (cf. graphique III). On peut distinguer, ainsi, quatre types de variables.

*Le premier type correspond à des variables exogènes par rapport au système de transport. Elles permettent d'établir différents jeux*

Graphique III  
Schéma simplifié du modèle QUIN-QUIN



*d'hypothèses scénariales.* Bien que nous ne les ayons pas évoquées jusqu'ici, elles sont déterminantes pour le niveau de la mobilité quotidienne. Ces dépendances ont été explorées dans de multiples travaux dont une synthèse a été établie par Andan *et alii* (1988).

Si les variables relatives aux structures démographiques peuvent faire l'objet de solides prévisions de long terme, il en va différemment de la croissance urbaine ou de la croissance des revenus des ménages pour lesquelles des hypothèses alternatives doivent être formulées. C'est en intégrant de telles hypothèses et des prévisions démographiques que Gallez (1994) a établi, sur la base des travaux de Madre (1989), des simulations de la motorisation des ménages jusqu'en 2010. Elles montrent la forte sensibilité de cette motorisation à la croissance de la consommation des ménages et, donc de leurs revenus (cf. tableau 2).

Parmi les variables exogènes figurent également sur le schéma des hypothèses relatives à la localisation des activités ou à la réglementation globale qui renvoie, par exemple, à des modifications de la durée légale de travail. Ces éléments figurent entre parenthèses car ils n'ont pas fait l'objet de simulations spécifiques mais peuvent être aisément introduits dans le modèle.

L'ensemble de ces variables exogènes agit tout à la fois sur les taux de motorisation, la mobilité quotidienne, l'arbitrage entre les modes de transport, sur les recettes du versement transport (taxe sur les salaires affectée au financement des transports publics) et sur la formation du coût des transports collectifs dont plus des deux tiers correspondent au coût salarial.

*Le deuxième type de variables concerne l'offre de transport public et, notamment, la double compétition entre les modes sur le marché des déplacements et pour l'espace de voirie. Leurs relations rendent compte de la dynamique du partage modal analysée plus haut selon la séquence « choix modal - vitesse commerciale des transports collectifs - choix modal ». Ce « bouclage » est continûment infléchi par les évolutions du taux de motorisation et de la mobilité et par les éventuelles décisions de la politique de transport.*

Celles-ci sont formalisées par *le troisième type de variables qui représente les commandes du système* selon les trois types de mesures analysées (cf. *supra*) : la gestion de voirie, la tarifica-

tion et la politique d'offre de transport collectif qui est, pour l'essentiel, la politique d'investissement, particulièrement importante lorsqu'un site propre comme le métro est développé.

Enfin, *le quatrième type de variables concerne le financement du système* : ses coûts de fonctionnement et d'investissement diminués des recettes commerciales et du versement transport correspondent au besoin de financement public.

## Un avenir encombré

Nous n'entrerons pas dans le détail des multiples simulations qui nous informent sur les évolutions du système selon différentes hypothèses relatives aux variables exogènes et aux trois types de commandes (Bouf, 1989 ; Tabourin, 1989). Nous illustrerons, en revanche, ce que peuvent être les effets sur le système ainsi formalisé de différentes politiques d'investissement et de gestion de voirie. On a représenté deux indicateurs significatifs de la crise de l'encombrement et de celle du financement : le nombre de déplacements en voiture est représenté en abscisses selon un indice de base 100 en 1991 et le financement public en ordonnée (cf. graphique IV).

Les deux situations de « fil de l'eau » correspondent, respectivement, à 1,5 % et à 3 % de taux de croissance annuelle des revenus des ménages. Elles représentent les évolutions du système *dans l'hypothèse où l'offre de trans-*

Tableau 2  
**Trois scénarios de simulation du parc automobile**

Hypothèses scénariales	En millions de voitures particulières		
	2000	2005	2010
Croissance nulle de la consommation des ménages, augmentation de + 0,3 % par an du coût réel de la motorisation	25,8	26,3	26,5
Croissance linéaire de + 0,025 point par an de la consommation des ménages, faible croissance du coût de motorisation	27,4	29,0	30,3
Croissance linéaire de + 0,05 point par an de la consommation des ménages, stagnation du coût de motorisation	28,8	31,3	33,2

port est maintenue en l'état : en cas de croissance douce, la circulation s'accroît de près de 10 % et le déficit se creuse, ces deux indicateurs étant sensiblement aggravés en cas de croissance forte. Cet « effet croissance » s'explique tout simplement par une plus vive augmentation de la possession et de l'usage des véhicules, par la perte de vitesse commerciale du réseau de surface liée à un encombrement accru et par une augmentation des coûts salariaux du transport public, supposés évoluer au même rythme que les revenus des ménages. La perte de vitesse commerciale a le double effet de dissuader la clientèle et d'abaisser la productivité des facteurs. *La croissance ne favorise donc pas seulement les encombrements. Elle est porteuse d'un plus grand déficit* (qui n'est que partiellement compensé par l'expansion de l'assiette fiscale).

Les deux situations notées « métro » correspondent, selon les deux mêmes hypothèses de croissance, à un investissement important (6 milliards de francs) de développement du réseau actuel. Si cette option a pour mérite d'accroître de 13 % la mobilité en transports collectifs (3), elle ne réduit que de l'ordre de 1 % la circulation automobile et aggrave très sensiblement le besoin de financement public.

Des hypothèses moins coûteuses de développement du réseau ont donc été testées, qui consistent à supposer la création de lignes de surface en site propre, c'est-à-dire en disposant de bandes de voiries qui leur sont strictement dévolues.

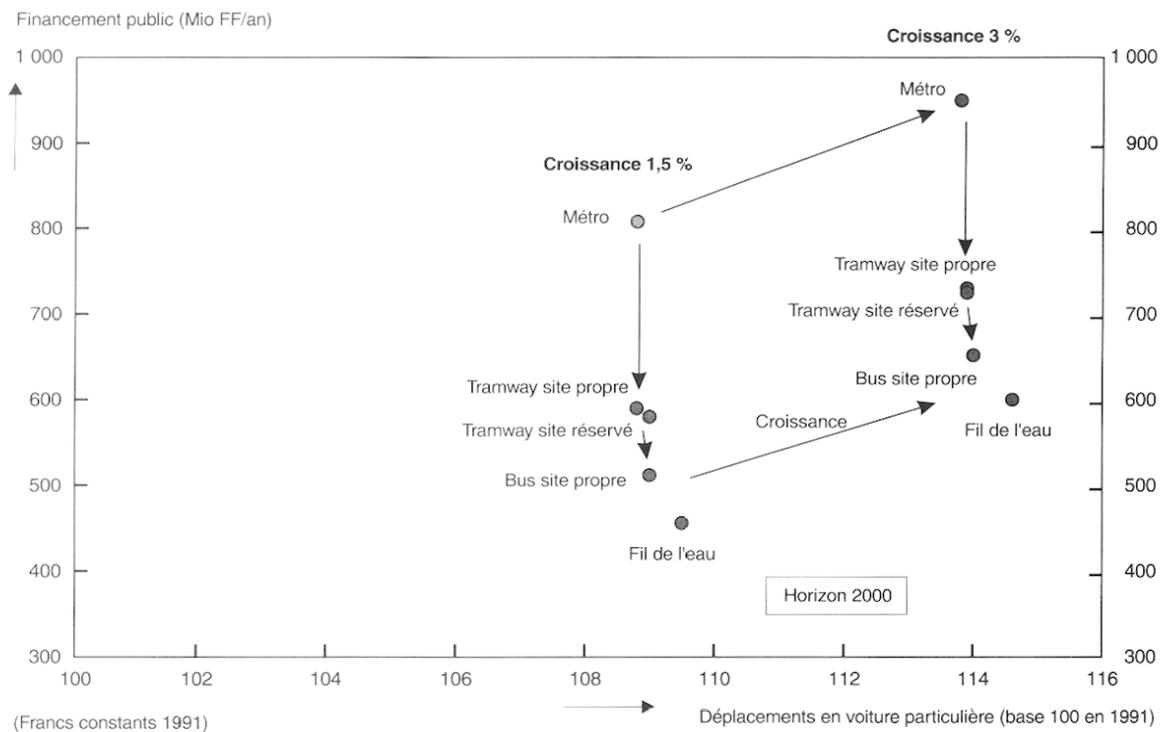
Le bus en site propre a des performances comparables aux prolongements de métro vis-à-vis de la congestion pour un effort financier très modéré. Il est moins coûteux qu'un tramway et pratiquement aussi performant, à condition que sa vitesse commerciale soit pareillement protégée des encombrements. Une propulsion électrique (trolleybus) évite un surcroît de pollution (4). Il s'agit cependant d'une option dont nous avons vu qu'elle n'était ni parétienne ni pseudo-parétienne, puisqu'elle confisque de la voirie aux automobilistes. Elle relève donc d'un choix politique difficile. Il a cependant été retenu à Caen et à Lyon mais, dans ce dernier cas, sa mise en œuvre semble piétiner.

Bien entendu, ces résultats sont propres à une situation lyonnaise dans laquelle les axes lourds qui pouvaient justifier un métro en sont

3. Qui ne figure pas sur ce graphique.

4. En fait le plus souvent une option « bi-mode » (électrique et diesel) qui garantit son autonomie hors lignes équipées de caténaies.

Graphique IV  
Scénarios d'investissements alternatifs et de gestion de voirie (cas de Lyon)



Source : Raux et Tabourin (1991).

5. Cf. supra s'il s'agit de la crise de l'encombrement de la voirie et de celle du financement.

déjà dotés. Dans toute agglomération où ce n'est pas encore le cas, la création ou l'extension d'un métro peut justifier l'effort financier correspondant. C'est à l'évaluation de tels arbitrages que peut servir un modèle de simulation stratégique comme QUIN-QUIN.

Les résultats de tels modèles ont d'autant plus d'intérêt qu'ils ne s'imposent pas à l'intuition. On sait que la croissance favorise les encombrements mais on la croit favorable à l'assainissement financier du système. On sait qu'un métro favorise l'usage des transports en commun mais on surestime ses capacités à soulager la voirie. De même, a-t-on peine à croire que les crises de l'encombrement et du financement puissent s'aggraver dans le même temps ou que le système connaisse de fortes évolutions lorsque l'on se contente de ne rien faire.

Mais la principale leçon des ces simulations, qui n'ont pas été jusqu'ici infirmées par les observations, tient à ce que l'état de la double

crise (5) ne pourra être desserré que par des instruments qui tout à la fois soulagent la circulation et proposent des solutions au financement du système. C'est ce double résultat qui, de mon point de vue, confère sans doute un net avantage collectif à la régulation par les prix par rapport à la régulation par la file d'attente. La forte tarification du stationnement ou, à un terme moins lointain que l'on ne le suppose, le péage urbain, auront ce mérite comme le suggèrent les simulations qui en ont été faites (Raux *et alii*, 1992) à l'aide du modèle QUIN-QUIN.

Il reste qu'en l'état actuel de son développement, ce modèle ne traite pas de l'interaction entre le sous-système de transport et le sous-système de localisation. Il va de soi que les rythmes de transformation de ces sous-systèmes sont différents et qu'il en résulte des interactions encore mal maîtrisées. Elles nécessitent de nouveaux programmes de recherche et un vaste champ de modèles stratégiques qui restent encore à inventer. □

---

## BIBLIOGRAPHIE

**Andan O., Bonnel P. et Raux C. (1988)**, *Les analyses des comportements de mobilité individuelle quotidienne - Une synthèse bibliographique*, Laboratoire d'économie des transports.

**Bly P.H. et Webster F.V. (1979)**, « Financement : action de subventions aux transports publics urbains », Séminaire OCDE-CEMT.

**Bonnafous A. (1985)**, « Simulation du financement du transport urbain : le modèle QUIN-QUIN », *Transports Urbains*, n° 54, Getum.

**Bonnafous A. (1991)**, « Les effets comparés des investissements de transports urbains », rapport OCDE/CEMT.

**Bonnafous A. et Puel H. (1983)**, *Physionomies de la ville*, Ed. Économie et Humanisme - les Éditions Ouvrières.

**Bouf D. (1989)**, « Un nouvel instrument pour le dialogue stratégique entre la RATP et ses partenaires :

le modèle GROS QUIN-QUIN », Thèse universitaire Lumière-Lyon2.

**Bouf D. et Gargaillo L. (1985)**, « Les modèles QUIN-QUIN », in *Villes déplacements et transports : quelles évolutions ?*, coll. « Transport Urbanisme Planification », vol. 7.

**Bovy P. (1987)**, « Réflexions sur les transports d'agglomération de l'an 2000 », *Route et trafic*, n° 12-87.

**Cetur (1990)**, *10 ans de mobilité urbaine, les années 80*.

**Gallez C. (1994)**, « Modèles de projection à long terme de la structure du parc et du marché de l'automobile », thèse de l'université Paris I - Sorbonne.

**Goodwin P. (1991)**, *Gérer la circulation de manière à ménager l'environnement*, CEMT.

**Güller P. (1987)**, « Agglomerationsverkehrsstudie Bern », rapport intermédiaire.

**Jones P.M., Dix M.C., Clarke M.I. et Heggie I.G. (1983),** *Understanding Travel Behaviour*, Oxford Studies of Transport.

**LET (1984),** Actes du colloque international « Financement des transports urbains ».

**Madre J.L. et Lambert T. (1989),** *Prévisions à long terme du trafic automobile*, Coll. des rapports du Credoc.

**Raux C. et Tabourin E. (1991),** *Les investissements en transports collectifs dans l'agglomération lyonnaise : simulation des effets et risques financiers*, LET - Communauté urbaine de Lyon.

**Raux C., Tabourin E., Le Nir M., Faivre d'Arcier B. et Nicolas J.P. (1992),** *Une simulation de l'introduction progressive d'un péage en milieu urbain*, 6<sup>th</sup> World Conference of Transport Research, juillet.

**Tabourin E. (1988),** « Un modèle de simulation du financement public des transports collectifs urbains à l'horizon 2000 : le modèle QUIN-QUIN », *Transport Environnement Circulation*, n° 87.

**Tabourin E. (1989),** « Un modèle de financement des transports collectifs à l'horizon 2000. Le modèle QUIN-QUIN. Application à l'agglomération lyonnaise », Thèse universitaire Lumière-Lyon 2.