

CAUSALITES COURTES, CAUSALITES LONGUES : A LA RECHERCHE DU CHAMP DE  
VALIDITE DES MODELES ECONOMETRIQUES

Jean-Pierre ORFEUIL

Directeur de recherche

Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité  
Arcueil - France

INTRODUCTION

Les transports - et en particulier les comportements de déplacements - constituent un domaine d'études, et non un champ scientifique construit. Il en résulte que la progression de la connaissance dans le domaine repose sur la cohabitation d'une multitude de représentations, modèles et théories, alors qu'une théorie scientifique unique, rendant compte efficacement d'une multitude de points de vue, s'impose à un moment donné dans les champs scientifiques construits comme la physique, avant d'être démentie (réfutée au sens de Popper (82)) par certaines observations qui seront le cadre fondateur d'une théorie plus puissante.

Trois attitudes (au moins !) sont alors possibles : la fuite, soit par migration vers un domaine plus "scientifique", soit, plus fréquemment, vers un pragmatisme a-théorique sous couvert d'opérationnalité; l'édification de forteresses - on dit plus volontiers d'écoles - se consacrant en circuit fermé à des approfondissements disciplinaires - ici mathématiques, là sociologiques ou psychométriques - et gagnées, au bout de quelques années, par un autisme collectif : la forteresse devient une forteresse vide, au sens de B. Bettelheim (69); la troisième est sans doute la plus difficile à assumer pour un scientifique : elle consiste à reconnaître explicitement que nous bricolons, de le faire sans honte (l'évolution de la vie ne se fait pas autrement, selon F. Jacob (81), et le résultat est plutôt à l'honneur de la méthode), mais avec les principales qualités du bricoleur : la modestie, reposant sur une connaissance approfondie des limites de ses outils, et le savoir-faire reposant sur l'aptitude à combiner les outils de la boîte au service d'une fin. C'est cette dernière attitude qui a notre préférence. C'est la raison pour laquelle nous effectuons une revue de nos constructions intellectuelles du point de vue de leur domaine de validité, en particulier de leur capacité à produire un discours à base scientifique sur le court, moyen et long terme.

Dans la suite, nous appellerons méthode le premier degré de la connaissance (par exemple les observations de type stimulus/réponse) représentation une construction visant à reproduire une situation actuelle complexe à l'aide d'un petit nombre de paramètres, modèle représentation susceptible de transférabilité dans le temps et l'espace et théorie un modèle suffisamment abouti pour présenter un caractère de généralité proche des lois de la physique.

## 1. UN EXEMPLE DE METHODE : LA COMPARAISON AVANT/APRES

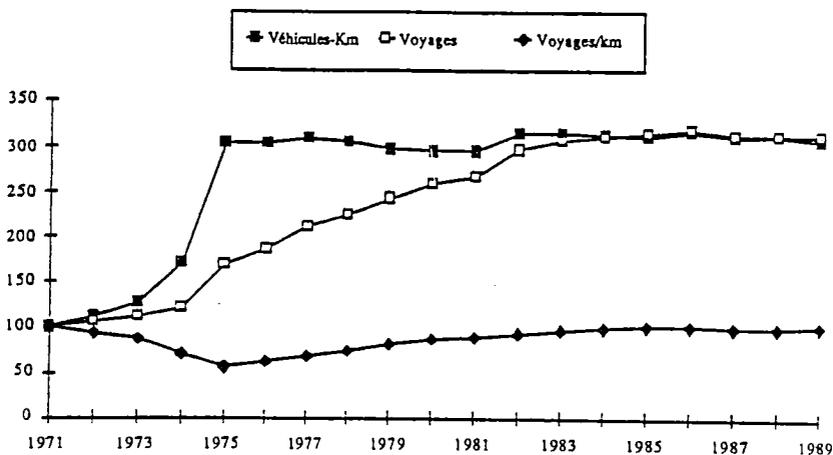
Elle est généralement effectuée sur une période assez brève incluant un changement d'offre; parmi les cas-type, on note les études d'élasticité-prix à court terme, les études sur les effets des limitations de vitesse, les études relatives à l'amélioration de l'offre (route ou transport public). Malgré l'évidence de la construction, il y a des problèmes d'interprétation : existence d'anticipations (sur le marché foncier par exemple), changements qui se seraient produits de toute façon (particulièrement dans les études "panel").... Malgré ces problèmes, de nombreux résultats nous semblent transférables (au moins sous forme faible) : à court terme, l'élasticité de la consommation et de la circulation au prix du carburant est faible; l'élasticité à court terme au niveau d'offre en transport public est faible; l'abaissement des limites de vitesse sur les réseaux de rase campagne produit une chute (relative) de l'insécurité routière plus élevée que la chute (relative) des vitesses moyennes, et les baisses sont plus accusées pour les tués et blessés graves que pour les blessés légers et les accidents matériels.

Très bien construites, elles peuvent ouvrir de nouvelles perspectives : ainsi, des études anglaises et néerlandaises (Bonsall, 91, Loos, 92) mettent-elles l'accent sur le phénomène de "retour vers la pointe" qui suit l'ouverture d'une nouvelle route, montrant l'existence de trade-off entre gains de temps et souhaits de période de départ.

Ces méthodes sont donc riches d'enseignement dans leur domaine de validité (elles montrent que le consommateur, qui est aussi marqué par des habitudes, change assez peu ses comportements à court terme). Il y a en revanche d'excellentes raisons de considérer une extension des conclusions au long terme comme tout à fait inacceptables, en raison de corrélations de longue portée ou causalités longues : il est ainsi démontré que les élasticités de long terme au prix des carburants sont très supérieures aux élasticités de court terme (Goodwin, 87, Orfeuil, 90, Dargay, 91), parce que les constructeurs d'automobiles réagissent en proposant des modèles plus efficaces, parce que les consommateurs tiennent compte des coûts d'usage dans leur décision d'achat; de même, les comparaisons internationales (Cohen, 91) suggèrent que les limitations de vitesse jouent, parmi d'autres facteurs, sur la structure en gamme des véhicules et leur vitesse de pointe (avec 24% du PIB européen, l'Allemagne représente 46% du marché des véhicules haut de gamme). De nombreuses études (Appleby, 85, Massot, 91 entre autres) suggèrent une incidence non négligeable du niveau d'offre transport public sur la motorisation. La figure 1 donne une idée des délais d'adaptation de la clientèle à un changement significatif de l'offre.

Figure 1

*Evolution de l'offre et de la demande TC à Besançon  
ou  
l'histoire d'une demande longtemps et bien stimulée par l'offre*



*Légende* : TOUTES LES SERIES SONT EN BASE 100 EN 1971

*Source* : les données ont été reconstruites à partir des annuaires statistiques DTT-CETUR

## 2. UN EXEMPLE DE REPRESENTATION : LES MODELES GRAVITAIRES

L'histoire des modèles gravitaires (aussi connu comme "à quatre étapes" : génération, distribution, choix modal, affectation) est la plus longue (c'est la première logique globale de représentation des comportements de déplacements à base géographique à apparaître) et la plus semée de paradoxes, malentendus et embûches :

. Ils apparaissent dans les années cinquante, à une époque où la théorie générale des systèmes prend corps (Boulding, 53; Bertalanffy, 56, Foerster, 57 en constituent des exemples) et leur structure est pourtant réduite à une chaîne de causalités simples, sans boucle de rétroaction.

. Conçus comme modèles de planification à long terme des infrastructures, mettant bien l'accent (à travers la phase de distribution) sur le caractère dérivé de la demande de transport, ils sont surtout utilisés à court/moyen terme, essentiellement à travers le module d'affectation routière, qui fait l'objet d'améliorations constantes.

. Critiqués de toutes parts (caractère agrégé de la représentation, absence de boucle de rétroaction, ordre de la chaîne causale... ne sont que des exemples) ils constituent néanmoins une représentation efficace d'une réalité donnée à un moment donné, et nous avons montré récemment que leur philosophie rend bien compte également de la structure des déplacements internationaux en Europe. On peut aller plus loin et penser que la structure de la demande de déplacements dans une conurbation quelconque et à une époque quelconque sera représentable, en termes agrégés, par un modèle de type gravitaire.

Il apparaît dès lors que le problème essentiel est que cet outil constitue une *représentation* (au même titre qu'une carte est une représentation) mais en aucun cas un *modèle* : les dynamiques comportementales (en terme de motorisation et d'occupation de l'espace par les activités par exemple) sont exogènes, au même titre que les dynamiques d'offre ou d'innovation (par exemple développement de nouveaux types de transport public, introduction de péages ou de voies réservées aux véhicules à forte occupation). De même, la dynamique interne du système et les rétroactions (impact de la capacité des réseaux sur la motorisation, de la congestion sur le développement des activités de proximité, des améliorations de capacité sur les dynamiques d'occupation de l'espace) sont absentes. Conçu comme modèles de long terme, ils laissent de côté tous les types d'adaptation de long terme, aussi bien du côté de la demande (de déplacements, d'occupation de l'espace,...) que de l'offre.

### 3. UN EXEMPLE DE MODELE : LA FAMILLE DES MODELES LOGIT DE CHOIX MODAL FONDES SUR L'ESTIMATION D'UTILITES INDIVIDUELLES A PARTIR DE PREFERENCES REVELEES

Ici connus de tous, nous n'en rappellerons pas le principe. Dominant la scène intellectuelle des années soixante dix, parfois présentés comme "la fin de l'histoire" de la modélisation par leurs promoteurs, ces modèles ont subi depuis des critiques nombreuses, parfois injustes ou excessives. On leur doit pourtant une "petite révolution culturelle" - le passage d'une représentation en termes de flux, zones, réseaux à une approche en termes d'individus valorisant des attributs, allant bien souvent au-delà des temps et des coûts (psychométrie, échelles d'attitudes...); ils constituent enfin un cadre pour les études projectives que sont les méthodes de préférence révélée, aussi bien pour les comportements de déplacements "classiques" que pour ceux faisant appel à l'innovation organisationnelle (car-pool, voies réservées aux véhicules à occupation élevée, tarification du parking employeur) ou technique (marketing du véhicule électrique ou des nouveaux carburants). D'où viennent alors les critiques et le malaise qu'ils engendrent aujourd'hui ? Certaines ont un caractère technique (problème des constantes à l'origine de paradoxes, indépendance des alternatives non modifiées, difficultés de mises en oeuvre pour des choix à occurrences très nombreuses, comme les choix de destination, travail

sur "données transversales"...). Nous les laisserons d'autant plus volontiers de côté que des courants de recherche actifs s'emploient à les résoudre. D'autres ont un caractère plus fondamental mais des compromis restent possible : sous-estimation des phénomènes d'habitudes et d'observations impliquant que "la réalité n'est jamais optimale (!)", simplisme de l'hypothèse d'un univers de choix très ouvert (Hivert, 88), en raison de l'existence de contraintes personnelles, sociales, familiales, interpersonnelles ou tout simplement d'une information incomplète ou médiatisée par des représentations. D'autres enfin ont un caractère plus problématique : le retour sur les capacités des réseaux (du fait des transferts de mode et des phénomènes d'induction) et l'économie des services n'est pas effectué : quand on sait que dans les quelques années qui suivent l'ouverture d'une nouvelle infrastructure, 30 à 40% du nouveau trafic est induit, il y a problème. De même, certaines ouvertures d'autoroutes ou de lignes ferroviaires à grande vitesse ont amené à la fermeture de certaines lignes aériennes, changeant ainsi l'univers de choix.

De façon moins spectaculaire mais tout aussi constante, les producteurs de services urbains ou régionaux adoptent leur offre à l'évolution de leur clientèle, si bien que les fréquences peuvent être diminuées en cas d'amélioration de la compétitivité routière. Il y a, en un certain sens, production de l'offre par la demande. On notera enfin - mais c'est une critique qui s'adresse à tous les modèles de demande - que seul l'individu en tant que consommateur de déplacements est mis en scène. L'individu n'est pas qu'un consommateur, et encore moins un simple consommateur de déplacements, et c'est sans doute l'une des raisons de fond des problèmes de la planification des transports aujourd'hui. Nous y reviendrons.

#### 4. UNE THEORIE : LA STABILITE DES BUDGETS-TEMPS DE TRANSPORT

Si nous n'avons pas accordé le statut de "théorie" aux approches précédentes, c'est parce que ce sont des modèles paramétrables, estimables et au fond non réfutables au sens de Popper : une élasticité peut être plus ou moins élevée, un modèle plus ou moins bien ajusté. Il en va tout autrement de l'hypothèse de Zahavi (79), qui exprime une proposition fondamentale sur le comportement humain. La conjecture élaborée postule qu'en moyenne, nous cherchons à maximiser l'étendue de notre territoire - la distance quotidienne parcourue étant prise comme indicateur, sous deux contraintes de budget maximal, l'un monétaire (le premier saturé pour les plus pauvres), le second temporel (en général saturé pour les plus aisés, en particulier dans les cadres urbains congestionnés). Sous sa forme plus pauvre mais plus absolue, elle se réduit à une hypothèse de stabilité des budgets-temps de transport quotidiens dans le temps et l'espace. Cette théorie a l'énorme avantage d'être réfutable (et les contestataires n'ont pas manqué, Godard (78) ou Knippenberg (87), ne sont que des exemples).

Ses prétentions sont excessives (le déplacement, avec ses attributs de temps, coûts a-t-il un sens dans l'histoire ancienne, pour les nomades par exemple) et ses défauts patents (y a-t-il un coût du déplacement automobile, quand le coût d'achat peut varier dans un rapport de 1 à 10 selon le positionnement en gamme et le recours au marché du neuf ou de l'occasion ? peut-on aussi simplement séparer les dépenses de transport et les dépenses de logement ? les temps d'attente ou d'accès sont-ils équivalents aux temps de parcours ?). Ses qualités n'en sont pas moins patentées : les analyses de long terme (Orfeuill, 91) ou les analyses comparatives entre pays européens (Orfeuill, 92), ou encore les analyses comparatives entre zones d'une même agglomération (Orfeuill, 80) font apparaître le budget-temps de transport comme le descripteur de la mobilité le moins variable, alors qu'en revanche les distances parcourues et les répartitions modales sont extrêmement sensibles au revenu (longitudinal et transversal) à la localisation, et, plus généralement, à tout indicateur de situation de la personne. On conviendra enfin que l'hypothèse de recherche de maximisation du territoire quotidien est au moins cohérente avec l'explosion de la mobilité que nous connaissons, non pas depuis quelques années, mais depuis l'après-guerre ! Il nous paraît dès lors raisonnable de retenir pour les sociétés développées une "conjecture molle", selon laquelle le budget-temps de transport est le descripteur de la mobilité le plus inélastique à moyen terme à toute politique, sans en faire une religion de court terme à potentiel prédictif détaillé pour telle ou telle modification de l'offre.

##### 5. EN GUISE DE CONCLUSION : UNE BOITE A OUTILS RICHE ET DIVERSIFIEE, POUR DES CONSTRUCTIONS FRAGILES ET PARFOIS DECALEES

Notre boîte à outils est diversifiée, notamment pour les questions de court terme. C'est un atout plus qu'un handicap pour ceux qui pensent, avec R. Thom, que la notion de Dieu unique est trop synthétisante pour être acceptable", surtout s'ils veulent bien admettre, avec ce même auteur, que l'élucidation "des rapports entre description et explication est un problème central de l'épistémologie".

Nous avons aussi quelques idées fortes sur le long terme, certaines très largement acceptées à juste raison, comme l'inéluctable progression du parc automobile, d'autres trop souvent ignorées ("les questions essentielles sont très rarement soulevées par la science", note P. Feyerabend) comme la très faible élasticité des budgets-temps de transport aux variations de contexte et de politique.

Nous avons aussi accumulé un important capital d'observations, parmi lesquelles nombreuses sont celles qui identifient des causalités longues, qui formulent des paradoxes apparents (par exemple celui de Newman et Kenworthy (89), selon lequel l'efficacité énergétique des flux de circulation et l'efficacité énergétique des

ville varient en raison inverse), ou formalisent en termes provocateurs des problèmes (par exemple la thèse de Mogridge, selon laquelle c'est la taille et l'efficacité du système ferroviaire dans les grandes conurbations qui détermine... la vitesse des flux en automobile).

Des progrès indiscutables sont ainsi accomplis dans la connaissance des relations entre court et long terme, et leur intégration dans nos modèles n'est sans doute qu'affaire de temps (les cultures se diffusent moins rapidement que les logiciels).

Gardons-nous toutefois de penser que ces efforts seront suffisants pour rapprocher la communauté modélisatrice et les problèmes qui lui sont posés : tous nos modèles mettent en scène un individu unidimensionnel, le consommateur de déplacements. Chaque individu est en revanche multidimensionnel, à la fois consommateur, résident, parent, électeur, porteur d'intérêts (commerçant, membre d'association...). La synthèse de ces différentes dimensions conduit à l'élaboration d'opinions qui donnent une image très différente des rapports que chacun entretient avec le système de transports que l'analyse de la seule "consommation de déplacements".

En prenant la congestion comme exemple, il ne fait aucun doute que la mise en service d'une nouvelle infrastructure routière est, au moins à court terme, un moyen efficace de réduire les temps de parcours, et dans la congestion : les modèles et la réalité concordent sur ce point. Les résultats d'une enquête d'opinion européenne (INRA, 90) donnent une vision très différente du problème : invités à noter comme "effectives" ou "non effectives" pour résoudre la congestion une liste de mesures, les Européens classent en premier le développement des transports publics (bilan effectif - non effectif : 66%), les zones piétonnes (56%) la limitation du trafic dans les centres (49%) puis seulement le développement des nouvelles routes.

Devons-nous conclure :

- Que l'opinion est mal informée ?
- Que les divergences sont normales parce que dans l'opinion chacun "pèse" pour un, alors que dans les modèles chacun pèse au prorata de ses déplacements et de sa valeur du temps ?
- Que l'opinion connaît parfaitement et adhère à la thèse iconoclaste de M. Mogridge ?
- Qu'elle ressent la congestion avec d'autres attributs, selon d'autres dimensions que ceux utilisés dans les modèles ?
- Que nos modèles ignorent un peu trop toutes les dimensions de la personnalité, sauf une ?

#### REFERENCES

Appleby L, Jones P (85) Investigating the consequences of different levels of bus provision. TSU paper n° 278, Oxford.

Bettelheim B (69) La forteresse vide. Gallimard.

Bertalanffy L von (56) The theory of open system. General system handbook.

Bonsall P.W (91) Feasibility of measuring responses to highway improvements. ITS n° 200, Leeb.

Boulding K.E (53) The organizational revolution, Harper and Row.

Cohen S, Duval H, Lassarre S, Orfeuil J.P (91) Les effets des limitations de vitesse. INRETS.

Dargay J.M (91) The irreversible demand effects of high oil prices. Working paper EE 13. Oxford Institute for energy studies.

Foerster H von (57) Basic concepts of homeostatis. Brookhaven symposia of biology n° 10.

Godard X (78) Les budgets-temps de transport. IRT n° 31.

Goodwin P (87) Evidences on car and traffic demand elasticities. TSU paper n° 427, Oxford.

Hivert L, Orfeuil J.P, Troulay P (88) Les modèles désagrégés de choix modal. INRETS n° 67.

Jacob F (81) Le jeu des possibles. Fayard.

INRA (91) European attitudes towards urban traffic problems and public transport. CEE, UITP, Bruxelles.

Knippenberg CWF (87) Time in travel. Rijsuniversitat, Groningen.

Loos A.L, Bovy P.H.L, Hoorn T. van der (92) The MIO Amsterdam beltway : effects of opening upon travel behaviour. TRB.

Mogridge M (90) Travel in towns. Mac Millan.

Newman P and Kenworthy J (89) Cities and automobile dependence. Gower.

Orfeuil J.P (80) Les budgets-énergie-transport des ménages en région parisienne. INRETS.

Orfeuil J.P (90) Prix et consommation de carburant dans les transports routiers. Revue Transport n° 341.

Orfeuil J.P et Zumkeller D (91a) Transport prices, transport policy in view of sustainability : warnings from Germany and France. ICTB

Jean-Pierre ORFEUIL

Orfeuil J.P (91b) European mobility patterns. ESF NECTAR meeting, Lisbon.

Popper K (82) La logique de la découverte scientifique. Payot.

Zahavi Y (79) The UMOT project. Final report to US DOT.