

NOTES & ÉTUDES DOCUMENTAIRES

Les politiques de transport urbain

3055

Pierre MERLIN

BM VILLENEUVE D'ASCQ



057860 0037



N° 4797
1985 - 22
47 F

DANS LA MÊME COLLECTION

- *Grenoble et son agglomération*
par Jacques Joly
n° 4769, 1984
- *Toulouse et son agglomération*
par Jean Coppolani, Guy Jalabert et Jean-Paul Lévy
n° 4782, 1984
- *Les transports en France : situation au début des années 80 et politique nouvelle*
par Emile Quinet
n° 4684-4685-4686, 1982
- *L'aménagement de la région parisienne et les villes nouvelles*
par Pierre Merlin
n° 4677-4678, 1982
- *Les transports à Paris et en Ile-de-France*
par Pierre Merlin
n° 4659-4660, 1982
- *Strasbourg et sa communauté urbaine*
par Henri Nonn
n° 4657-4658, 1982
- *Les autoroutes et leur financement*
par Alain Fayard
n° 4587-4588, 1980
- *L'industrie automobile en France*
par Pierre Fontaine
n° 4583-4584, 1980

La collection « NOTES ET ÉTUDES DOCUMENTAIRES »

est dirigée par

Isabelle CRUCIFIX

avec la collaboration de

Jean-Marc BÉTEMPS

Christine FABRE

Monique PAGES

Renée RAMAU

secrétariat de rédaction

Christian ARBELOT

Catherine BINET

François GUÉRARD

secrétariat

Jeannine LUCIEN

Evelyne SAINTEN

Sommaire

	Pages
Introduction	5
I. - LES OBJECTIFS	9
1. Les enjeux d'une politique de transport	11
Les caractéristiques d'un mode de transport	11
Les enjeux dans les pays développés	12
Les enjeux dans les pays en développement	15
2. La demande de transport	21
Les niveaux de la mobilité	21
Les facteurs de choix de l'usager des transports	25
L'accessibilité	29
La motorisation : de grandes inégalités	32
Motorisation et mobilité	36
Le rôle social de l'automobile	37
3. Le coût des transports	39
Le coût de l'automobile	39
Les coûts des transports en commun	43
Comparaison économique automobile/transport en commun	53
Conclusion : l'automobile coûte très cher à la collectivité	59
4. Les transports et l'environnement urbain	61
Consommation d'espace et congestion	61
Les nuisances causées par les transports et leur coût social	67
La sécurité et le coût social des accidents	69
Les formes de l'urbanisation	71
Conclusion : les réseaux de transport façonnent le cadre urbain	76

	Pages
5. Les transports et l'innovation	77
Le mythe des technologies nouvelles	77
Les améliorations fondamentales	81
Conclusion : la véritable innovation ne passe pas par des technologies nouvelles	86
II. - LA PLANIFICATION	87
1. Les informations sur l'offre et sur la demande	89
Les informations sur la demande actuelle	90
Les Informations sur l'offre actuelle	94
2. La planification des transports urbains dans les pays développés	97
La méthode « classique » de prévision de la demande	97
La critique de la méthode classique	114
Nouvelles approches méthodologiques	117
3. Les méthodes de planification dans les pays en développement	123
A la recherche d'une méthodologie adaptée	123
Les systèmes de transport	131
La gestion du système de transport	137
Conclusion	141
Bibliographie	142

*Les opinions exprimées dans cette étude
n'engagent que leur auteur*

Introduction

Il n'y a pas de ville sans mobilité. Mobilité externe pour s'échapper quelques heures ou quelques jours, en fin de semaine, ou quelques semaines, en fin d'année. Mobilité interne surtout, pour tirer profit des multiples possibilités qu'offre la ville à ses habitants. Car une ville, c'est avant tout le regroupement, sur un territoire limité, d'un grand nombre de personnes qui ont besoin de cette proximité physique pour exercer des activités collectives : le travail d'abord mais, aussi, les loisirs. Le Corbusier et les urbanistes fonctionnalistes des Congrès Internationaux d'Architecture Moderne distinguaient quatre fonctions essentielles à l'homme : habiter, travailler, circuler, se cultiver le corps et l'esprit. Ils proposaient de diviser l'espace selon ces quatre fonctions de base. C'était sans doute confondre les objectifs (se cultiver le corps et l'esprit), les besoins (habiter) et les moyens (travailler et, sur un autre plan, circuler).

Même si la mobilité n'est pas une fin en soi, elle constitue une condition nécessaire du développement harmonieux de la ville. Ceux qui, dans l'euphorie de la troisième révolution industrielle, celle de l'informatique et de la télétransmission des données, ont cru que la vidéophonie (transmission à distance et simultanée de la parole et de l'image) allait affranchir l'homme de cette contrainte, apparaissent bien naïfs. Les « experts » de la fin des années soixante prédisaient que, dans les années quatre-vingt, le patron dicterait son courrier à distance à sa secrétaire, que les ménagères feraient leurs emplettes sur catalogue télévisé, que les hommes d'affaires se donneraient rendez-vous, à l'heure du déjeuner, derrière leur vidéophone, avec un plateau-repas (diététique ?), chacun restant à son domicile, plutôt que de sacrifier à cette contrainte surannée du repas d'affaires. Ces progrès (?) demeurent d'un usage exceptionnel bien que tous les moyens techniques soient parfaitement rodés. Peut-être nos spécialistes avaient-ils oublié que la maîtresse de maison peut aussi éprouver quelque plaisir à faire du lèche-vitrines et que l'homme d'affaires pourra encore apprécier un bon repas.

Rien, en effet, ne remplacera le contact direct. Le téléphone, hier, les télé-transmissions, demain, multiplient les possibilités d'échanges d'informations, donc les occasions de contact. Ils favorisent, en fait, une mobilité accrue plus qu'ils n'évitent les déplacements.

Mais nos villes n'ont-elles pas été conçues pour une mobilité le plus souvent restreinte avant l'apparition de l'automobile ? La ville ne se détruit-elle pas elle-même par excès de concentration, par consommation imprévoyante d'un espace rare, donc convoité et par conséquent cher ? Les moyens de transport ne contribuent-ils pas, eux aussi, à cette asphyxie par leur appétit d'espace ? Ne peut-on les rendre responsables de bien des nuisances : congestion, bruit,

pollution, insécurité ? A-t-on encore le temps de se déplacer dans une ville venue métropole et où les sollicitations se multiplient ? Le coût des réseaux de transport est-il encore supportable pour la collectivité ?

Une planification est donc indispensable. Une planification qui ne concerne pas les seuls transports, mais qui se situe au cœur de la planification urbaine. L'importance de cette planification est justifiée par la durée de vie des infrastructures de transport. Un autobus vit une décennie, une rame de métro une génération, mais la rue, l'autoroute, la ligne de métro ou de chemin de fer sont appelées à durer des siècles, beaucoup plus longtemps que la plupart des bâtiments, des usines ou des immeubles de bureau. La durée des études réalisables (jusqu'à dix ans), celle du processus de prise de décision (parfois plusieurs d'années) traduisent la prudence justifiée des responsables face à des investissements aussi coûteux et aussi lourds de conséquences.

C'est donc d'une véritable *politique de transport* qu'il convient de parler. Une politique qui associe plusieurs dimensions :

— le temps : à la fois le temps historique, celui de l'histoire et de l'évolution des villes, le temps économique, celui de l'amortissement des investissements ; le temps quotidien, celui que les usagers passent (perdent ?) dans les transports ;

— l'espace : structure des réseaux, relation centre-périmétrie, urbanisation induite par les transports ;

— l'argent : le coût des investissements, le prix dépensé par l'usager, la charge pour la collectivité ;

— la qualité : qualité du service rendu à l'usager, c'est-à-dire la sécurité et le confort sous ses divers aspects (confort physique, esthétique, régularité, etc.), mais aussi à la collectivité, par la limitation des nuisances (pollution de l'air, bruit, congestion, insécurité pour les tiers, nuisances esthétiques, etc.)

Longtemps, pourtant, les politiques de transport ont été occultées. Lorsque, sous l'Ancien Régime, le souverain se réservait le droit de décider à qui il accorderait le « privilège » de « rouler carrosse », c'est-à-dire de ne pas marcher à pied (ou à cheval), c'était un acte éminemment politique, mais aussi déjà une politique de transport. De même, lorsque Louis XIV, après avoir autorisé les « carrosses à cinq sols » de Pascal, en réduisit l'accès aux « gens de qualité » nobles et bourgeois, tuant ainsi dans l'oeuf une expérience (très novatrice pour l'époque) de transports en commun.

Plus près de nous, les percées « haussmanniennes » ont permis de moderniser Paris, de créer le réseau de voirie qui sert encore aujourd'hui (bien qu'il n'ait pas été conçu pour l'automobile), mais ont aussi chassé vers la périphérie les plus pauvres qui, jusque-là, résidaient dans les étages élevés des quartiers centraux, au moment même où le développement des transports en commun permettait de séparer lieu de résidence et lieu de travail. Une génération plus tard, la décision prise, après des décennies de conflit entre la Ville de Paris et l'Etat, de réaliser un réseau de métro indépendant des lignes de chemin de fer a assuré l'homogénéité du tissu urbain de Paris (et la densification des quartiers annexés en 1860), mais a provoqué, aussi, une opposition Paris/banlieue qui fait des banlieusards des citadins défavorisés.

Aux Etats-Unis, la politique des autoroutes urbaines lancée à la fin des années cinquante, sous la pression des lobbies des travaux publics et de l'industrie automobile, a entraîné le déclin des centres villes, leur transformation en ghettos pour les minorités ethniques et les défavorisés tandis que les quartiers résidentiels s'éloignaient toujours plus en banlieue.

Il est donc capital d'expliciter *les enjeux d'une politique de transport*. Décider de moderniser un réseau d'autobus, de construire une autoroute ou une ligne de métro, choisir l'emplacement des échangeurs ou des stations, fixer les tarifs ne concerne pas seulement le technicien ou l'économiste. Ce sont des choix qui engagent le développement de l'agglomération, les transferts financiers, le mode de vie quotidien des habitants, la qualité de la vie dans la ville.

On cherchera à préciser ces enjeux. Ils concernent le style de vie quotidien, l'économie de la collectivité et des ménages, l'environnement urbain et les options technologiques. On présentera ensuite les grandes lignes des méthodes de planification des réseaux de transport, en distinguant, car les problèmes y sont différents, le cas des pays développés et celui des pays en développement (1).

(1) Cet ouvrage n'est cependant pas un livre méthodologique. Pour plus de détails sur ce plan, on se reporterà utilement à nos livres spécialisés : Pierre Merlin, *La planification des transports urbains*, Masson, Paris, 1984, 220 pages ; et, du même auteur, *Bibliographie internationale, rétrospective (1950-1983)* et partiellement commentée sur la planification des transports urbains, Institut de recherche des Transports et Presses universitaires de Vincennes, Paris, 1984, 206 p.

Première partie

Les objectifs

Première partie / chapitre 1

Les enjeux d'une politique de transport

Une politique de transport doit combiner les quatre dimensions fondamentales suivantes : le temps, l'espace, l'économie et la qualité. A partir de ces dimensions, le planificateur peut établir une liste de caractéristiques qu'il prendra en compte dans son action. Il est nécessaire de passer en revue ces caractéristiques avant de déterminer les enjeux d'une politique de transport dans le cas des pays développés et dans celui des pays en développement.

Y Les caractéristiques d'un mode de transport

Au travers de ces caractéristiques, se retrouvent les quatre dimensions fondamentales citées précédemment :

- la vitesse (de la circulation automobile, des autobus...) ;
- la capacité rapportée à l'espace utilisé ;
- l'économie (coût de construction des infrastructures, coût de fonctionnement, consommation d'énergie) ;
- le confort, qui peut être apprécié de diverses façons :
 - l'espace disponible par voyageur (debout ou assis),
 - la nécessité ou non de changer de moyens de transport en cours de trajet,
 - l'existence et l'importance des trajets à pied terminaux,
 - la fréquence,
 - l'intimité,
 - le confort physique (forme et qualité des sièges),
 - l'agrément esthétique (aménagement des véhicules, des stations, des paysages traversés) ;

XIX^e siècle à 1 % pendant la première moitié du XX^e siècle et à 2,5 % dans la décennie 1960-1970. Il serait redescendu à 2 % vers 1980, mais uniquement grâce à la chute de la natalité annoncée en Chine (dont l'ampleur est d'ailleurs mise en doute par les experts étrangers). Chine exclue, le rythme annuel de croissance de la population des PVD reste de 2,5 %.

Les experts des Nations Unies prévoient que ce taux moyen pourrait décroître jusqu'à 2 % vers l'an 2000 (il resterait supérieur à ce chiffre en Afrique, mais lui serait inférieur en Asie).

Quant à la population urbaine, son rythme de croissance actuel dépasse 4 % pour les villes de plus de 20 000 habitants (souvent plus en Afrique, où la croissance démographique demeure plus rapide et où l'urbanisation est moins avancée). La croissance des métropoles est encore plus rapide, le processus de concentration opérant avant tout en faveur de la ville « primatale » dans les pays — de loin les plus nombreux — où une ville (presque toujours la capitale) attire l'essentiel de la croissance. Le taux de croissance démographique de 7 % par an annoncé par la Banque mondiale en 1974 (12), correspond à un doublement de la population tous les dix ans. Ce taux est même parfois dépassé, comme dans le cas d'Abidjan, qui connaît un accroissement de population de 10 % par an depuis trente ans, ce qui correspond à un doublement tous les sept ans.

Un contexte économique défavorable

Dans les années à venir, la demande de transport urbain est appelée à croître encore plus vite dans les pays en développement. Il est à prévoir un doublement de cette demande en dix ans. La Banque mondiale estime que 5 % environ du PNB des PVD est affecté aux investissements (achat de véhicules compris) dans le secteur des transports (13). Bien qu'on ne connaisse pas avec précision la part des transports urbains dans ces investissements, une autre étude de la Banque mondiale estime que au moins 20 % des investissements publics dans les villes concernent la voirie et les équipements de transport (14).

Un niveau trop élevé d'investissements publics dans ce secteur ne serait d'ailleurs pas sans conséquences en raison des dépenses d'entretien qu'il engendrerait et qui risqueraient de n'être pas couvertes. À ces investissements publics, il faut ajouter les investissements privés d'achats de véhicules, qui représentent, le plus souvent, un total supérieur. Dans certaines villes, comme Bogota, les investissements publics et privés dans les transports représentent environ un tiers du total des investissements (publics et privés) d'équipement urbain (y compris le logement), et concernent, pour plus de la moitié, l'achat de véhicules. Leurs ressources en devises étant limitées, les pays en développement ont intérêt à développer, dans les transports urbains comme ailleurs, des politiques peu coûteuses en matériel importé.

(12) Cf. World Bank, *Urban Transport, sector policy paper*, mars 1975, 104 p.

(13) Cf. Banque mondiale, *Les transports, étude sectorielle*, janvier 1974, 64 p.

(14) Cf. World Bank, *op. cit.*

Par ailleurs, certaines considérations importantes doivent être rappelées parce que trop souvent négligées :

— l'urbanisation rapide dans les pays en développement s'accompagne d'une demande importante de logements. Il n'est pas évident que les investissements dans les transports urbains soient prioritaires par rapport à ce genre de besoins ;

— cette urbanisation rapide entraîne un important sous-emploi urbain. Podoski (15) estime que la population active des villes africaines dépasse rarement 20 % de la population totale contre 40 à 50 % dans les pays développés. En fait, la notion d'activité est elle-même imprécise, une partie importante de la population exerçant des activités marginales et informelles. La Banque mondiale souligne, sans doute à juste titre, que, même si la productivité de beaucoup d'emplois urbains est très faible, elle reste supérieure à celle de la main-d'œuvre rurale marginale. La création d'emplois, même à faible productivité, est devenue une des priorités des pays en développement ;

— les transports représentent le quart de la consommation d'énergie (pour 30 % sous forme de pétrole) des pays développés. Sans connaître cette proportion pour les pays du Tiers Monde, on peut craindre qu'un développement des transports fondé sur l'automobile conduise à des proportions au moins égales, ce qui ne manquerait pas de poser des problèmes majeurs aux pays sans ressources pétrolières.

Les enjeux sociaux

Plus encore que dans les pays développés, les différences de revenu et tout ce qui en résulte (quartiers d'habitation spécifiques, motorisation variable, etc.) constituent un clivage déterminant : « L'automobiliste, le piéton et l'usager des autobus représentent les nouvelles classes du monde moderne, et le conflit d'intérêt principal se situe entre ceux qui possèdent une voiture et ceux qui en sont dépourvus » (16).

C'est donc avant tout un problème d'égalité face aux transports, de *droit aux transports*, qui est posé (17). Le développement de la motorisation ne semble pas constituer une réponse possible. Outre que, dans la majeure partie des pays concernés, elle ne sera le fait, pendant longtemps encore, que d'une minorité, elle pose des problèmes d'utilisation de l'espace encore plus aigus que dans les pays développés. En effet, la structure spatiale des villes est héritée d'une période pré-automobile et entraîne souvent des densités de population élevées. C'est pourquoi la proportion de l'espace urbain affecté à la voirie est souvent plus faible que dans les pays développés :

14 % au Bangladesh, et même 5 % à Calcutta, contre quelque 25 % dans

(15) Cf. Podoski, *Planification et exploitation des transports publics dans les villes africaines*, Abidjan, 1^{er} symposium africain des transports publics, du 12 au 15 novembre 1978, 29 p.

(16) Wilfred Owen, *Transports et établissements humains*, Conférence des Nations unies sur les établissements humains, Vancouver, avril 1975, 22 p.

(17) Voir première partie, chapitre 2.

les villes d'Amérique du Nord et d'Europe occidentale selon la Banque mondiale (18). La coexistence de trafics à vitesses très différentes (piétons, animaux, cyclistes, autobus, automobiles) rend plus difficile l'utilisation efficace de ce réseau. Il en est de même de l'absence ou du non-respect des signalisations, des réglementations, des espaces réservés aux piétons ou aux cycles.

En termes beaucoup plus aigus que dans les pays développés, se pose donc le problème du partage de l'espace urbain entre l'automobile et les autres moyens de transport.

Les enjeux économiques

Acquérir des devises pour financer leurs importations est un problème capital dans les pays en développement. Une politique fondée sur l'emploi de l'automobile risque, en conséquence, d'être très coûteuse en devises pour la majorité des PVD qui ne sont ni constructeurs d'automobiles ni producteurs de pétrole. Mais des investissements lourds, dans le domaine des transports en commun, peuvent également entraîner la dégradation de la balance commerciale. Darbera (19) souligne que les bureaux d'étude ont souvent tendance à recommander l'adoption de systèmes de transport construits par les entreprises originaires de leur propre pays : au Caire, les consultants russes ont proposé un métro à grande profondeur analogue à ceux de Moscou, de Prague et de Budapest ; les consultants français ont proposé, quant à eux, un métro construit à ciel ouvert (comme sur certaines lignes de Paris, Lyon, Marseille, Montréal ou Mexico). Mogridge a observé qu'à Nairobi, le métro et l'autobus paraissent avoir les mêmes qualités sur le plan du service rendu et du coût. Mais la solution du métro nécessitait des importations de matériaux et de personnel qualifié, alors qu'il était plus facile d'assembler sur place des autobus et de former des conducteurs, des receveurs et des mécaniciens. Il recommande donc cette seconde solution même si elle est moins « gratifiante » politiquement pour les décideurs (20).

Même indépendamment des considérations liées à l'équilibre de la balance commerciale, les solutions retenues doivent viser à être les moins coûteuses possibles en capital car les ressources publiques, même en monnaie locale, sont limitées. De même, elles doivent viser à employer le moins possible de main-d'œuvre qualifiée, recherchée par d'autres secteurs aussi prioritaires. Inversement, le système retenu devra chercher à utiliser au maximum les capitaux déjà immobilisés (entreprises ferroviaires, voirie construite) et la main-d'œuvre déjà formée (par exemple, les conducteurs d'autobus ou de transports semi-

collectifs). Egalement, il sera très important d'étudier l'échéance des financements, les charges financières entraînées par l'adoption d'un nouveau système et de privilégier ceux qui peuvent être mis en place par étapes successives.

Les contraintes énergétiques incitent également à privilégier les transports en commun. En effet, ceux-ci consomment de cinq à dix fois moins d'énergie, dans les villes des pays en développement, que l'automobile particulière (21).

Comme dans les pays développés, un dernier enjeu important est l'impact des infrastructures de transport sur l'urbanisation (22).

Les enjeux sont donc complexes, les objectifs difficiles à dégager. Face à des solutions alternatives, il convient de chercher la plus profitable. La maîtrise du temps est très importante. Les responsables politiques souhaitent, le plus souvent, des réalisations à court terme, spectaculaires. Ils se soucient rarement des coûts de fonctionnement entraînés par les investissements qu'ils engagent. La Banque mondiale tend, à juste titre, à imposer un suivi des études, de la réalisation et du fonctionnement. Ainsi, à Tunis, elle a conditionné le financement de l'achat de 280 autobus à la création d'un district de la ville de Tunis, c'est-à-dire d'un organisme regroupant et coordonnant Tunis et les communes de sa proche banlieue.

(18) Cf. Banque mondiale, *op. cit.* Dans le centre de Los Angeles, cette proportion atteint 69 %, parcs de stationnement compris.

(19) Richard Darbera, *La planification des transports urbains des pays en voie de développement : problèmes méthodologiques et institutionnels*, Créteil, Institut d'urbanisme de Paris, décembre 1978, 96 p.

(20) Cf. M.C. Mogridge, *The Evaluation of Alternative Urban Transportation Policies in Developing Countries in Transport Planning in Developing Countries*, Warwick University, Summer meeting, July 1975, pp. 31-44.

(21) Voir première partie, chapitre 3.

(22) Voir première partie, chapitre 4.

Première partie / chapitre 2

La demande de transport

Les réseaux de transport (l'offre) n'ont pour objet que de satisfaire des besoins (la demande). Ceux-ci sont très variables selon les villes et les individus : ils dépendent des niveaux de mobilité d'une population et des facteurs de choix des individus (dépense, temps, confort).

Mais, pour qu'il y ait mobilité, encore faut-il qu'il y ait possibilité de se déplacer, d'où le concept d'accessibilité. La motorisation, quant à elle, favorise l'accessibilité et accroît la mobilité.

Les niveaux de la mobilité

La mobilité est généralement mesurée par le nombre de déplacements effectués, au cours d'une journée de semaine, soit :

- par l'ensemble des membres d'un ménage ;
- par un adulte ;
- par une personne de plus de six ans.

Les premières études de transport ont retenu le premier de ces indicateurs, dont l'usage s'est ensuite prolongé. C'est celui qui sera utilisé ici.

Les études de transport menées dans les années soixante dans les villes américaines puis européennes ont montré que, le plus souvent, ce nombre variait entre 4 et 8 (1), en fonction du revenu. Il se décomposait en :

- un élément presque fixe, les déplacements de migrations alternantes, voisin de 2 (soit un aller et retour en moyenne par ménage), ce qui traduit le fait que le nombre moyen d'actifs par ménage (1,3 environ en Ile-de-France) est presque l'inverse de la proportion des actifs qui utilisent un moyen de transport pour aller travailler (0,75 en Ile-de-France) ; cet élément peut dépasser 2 dans les villes où le retour à déjeuner au domicile est encore largement pratiqué (villes de province en France) ;

(1) Mais 3,5 seulement en Région parisienne en 1965 (chiffre sans doute sous-estimé par l'enquête) environ 5 en 1985. Il dépasse parfois 8, voire 10, dans certaines villes des Etats-Unis.

les villes d'Amérique du Nord et d'Europe occidentale selon la Banque mondiale (18). La coexistence de trafics à vitesses très différentes (piétons, animaux, cyclistes, autobus, automobiles) rend plus difficile l'utilisation efficace de ce réseau. Il en est de même de l'absence ou du non-respect des signalisations, des réglementations, des espaces réservés aux piétons ou aux cycles.

En termes beaucoup plus aigus que dans les pays développés, se pose donc le problème du partage de l'espace urbain entre l'automobile et les autres moyens de transport.

Les enjeux économiques

Acquérir des devises pour financer leurs importations est un problème capital dans les pays en développement. Une politique fondée sur l'emploi de l'automobile risque, en conséquence, d'être très coûteuse en devises pour la majorité des PVD qui ne sont ni constructeurs d'automobiles ni producteurs de pétrole. Mais des investissements lourds, dans le domaine des transports en commun, peuvent également entraîner la dégradation de la balance commerciale. Darbera (19) souligne que les bureaux d'étude ont souvent tendance à recommander l'adoption de systèmes de transport construits par les entreprises originaires de leur propre pays : au Caire, les consultants russes ont proposé un métro à grande profondeur analogue à ceux de Moscou, de Prague et de Budapest ; les consultants français ont proposé, quant à eux, un métro construit à ciel ouvert (comme sur certaines lignes de Paris, Lyon, Marseille, Montréal ou Mexico). Mogridge a observé qu'à Nairobi, le métro et l'autobus paraissent du métro nécessitait des importations de matériaux et de personnel qualifié, alors qu'il était plus facile d'assembler sur place des autobus et de former des conducteurs, des receveurs et des mécaniciens. Il recommande donc cette seconde solution même si elle est moins « gratifiante » politiquement pour les décideurs (20).

Même indépendamment des considérations liées à l'équilibre de la balance commerciale, les solutions retenues doivent viser à être les moins coûteuses possibles en capital car les ressources publiques, même en monnaie locale, sont limitées. De même, elles doivent viser à employer le moins possible de main-d'œuvre qualifiée, recherchée par d'autres secteurs aussi prioritaires. Inversement, le système retenu devra chercher à utiliser au maximum les capitaux déjà immobilisés (entreprises ferroviaires, voirie construite) et la main-d'œuvre déjà formée (par exemple, les conducteurs d'autobus ou de transports semi-

N.D. N° 4797

collectifs). Egalement, il sera très important d'étudier l'échéance des financements, les charges financières entraînées par l'adoption d'un nouveau système et de privilégier ceux qui peuvent être mis en place par étapes successives.

Les contraintes énergétiques incitent également à privilégier les transports en commun. En effet, ceux-ci consomment de cinq à dix fois moins d'énergie, dans les villes des pays en développement, que l'automobile particulière (21).

Comme dans les pays développés, un dernier enjeu important est l'impact des infrastructures de transport sur l'urbanisation (22).

Les enjeux sont donc complexes, les objectifs difficiles à dégager. Face à des solutions alternatives, il convient de chercher la plus profitable. La maîtrise du temps est très importante. Les responsables politiques souhaitent, le plus souvent, des réalisations à court terme, spectaculaires. Ils se soucient rarement des coûts de fonctionnement entraînés par les investissements qu'ils engagent. La Banque mondiale tend, à juste titre, à imposer un suivi des études, de la réalisation et du fonctionnement. Ainsi, à Tunis, elle a conditionné le financement de l'achat de 280 autobus à la création d'un district de la ville de Tunis, c'est-à-dire d'un organisme regroupant et coordonnant Tunis et les communes de sa proche banlieue.

(18) Cf. Banque mondiale, *op. cit.* Dans le centre de Los Angeles, cette proportion atteint 69 %, parcs de stationnement compris.

(19) Richard Darbera, *La planification des transports urbains des pays en voie de développement : problèmes méthodologiques et institutionnels*, Créteil, Institut d'urbanisme de Paris, décembre 1978, 96 p.

(20) Cf. M.C. Mogridge, *The Evaluation of Alternative Urban Transportation Policies in Developing Countries in Transport Planning in Developing Countries*, Warwick University, Summer School meeting, July 1975, pp. 31-44.

(21) Voir première partie, chapitre 3.

(22) Voir première partie, chapitre 4.

Première partie / chapitre 2

La demande de transport

Les réseaux de transport (l'offre) n'ont pour objet que de satisfaire des besoins (la demande). Ceux-ci sont très variables selon les villes et les individus : ils dépendent des niveaux de mobilité d'une population et des facteurs de choix des individus (dépense, temps, confort).

Mais, pour qu'il y ait mobilité, encore faut-il qu'il y ait possibilité de se déplacer, d'où le concept d'accessibilité. La motorisation, quant à elle, favorise l'accessibilité et accroît la mobilité.

Les niveaux de la mobilité

La mobilité est généralement mesurée par le nombre de déplacements effectués, au cours d'une journée de semaine, soit :

- par l'ensemble des membres d'un ménage ;
- par un adulte ;
- par une personne de plus de six ans.

Les premières études de transport ont retenu le premier de ces indicateurs, dont l'usage s'est ensuite prolongé. C'est celui qui sera utilisé ici.

Les études de transport menées dans les années soixante dans les villes américaines puis européennes ont montré que, le plus souvent, ce nombre variait entre 4 et 8 (1), en fonction du revenu. Il se décomposait en :

- un élément presque fixe, les déplacements de migrations alternantes, voisin de 2 (soit un aller et retour en moyenne par ménage), ce qui traduit le fait que le nombre moyen d'actifs par ménage (1,3 environ en Ile-de-France) est presque l'inverse de la proportion des actifs qui utilisent un moyen de transport pour aller travailler (0,75 en Ile-de-France) ; cet élément peut dépasser 2 dans les villes où le retour à déjeuner au domicile est encore largement pratiqué (villes de province en France) ;

(1) Mais 3,5 seulement en Région parisienne en 1965 (chiffre sans doute sous-estimé par l'enquête) environ 5 en 1985. Il dépasse parfois 8, voire 10, dans certaines villes des Etats-Unis.

• un élément très variable : les déplacements pour les autres motifs, qui dépendent beaucoup de la structure de la ville, des comportements, mais surtout du niveau de vie (revenu, motorisation, temps libre). Ils comprennent les déplacements pour achats, loisirs, voire affaires, et même les déplacements scolaires (choix d'écoles plus éloignées du domicile).

Cette analyse est confirmée par les travaux de Zahavi, qui a montré que, lorsque la mobilité doit être limitée, une hiérarchie s'établit entre les déplacements selon leur nature (2) : d'abord les déplacements forcés (migrations alternantes et déplacements professionnels), puis ceux pour affaires personnelles et achats, ensuite, ceux réclamés par les loisirs et enfin, ceux effectués pour accompagner une autre personne.

Il est donc clair que, lorsque le niveau de vie augmente, la mobilité non obligée augmente encore plus vite et constitue l'élément essentiel de la croissance de la demande.

L'étude plus détaillée des facteurs de variation de la mobilité, qui peut être menée, par exemple, sur le cas de la Région parisienne (3) montre que :

— le lieu de résidence dans l'agglomération est un premier facteur : la mobilité croît lorsqu'on s'éloigne en banlieue, en raison de l'éloignement plus grand des lieux de travail, d'achat, de loisirs, etc. ; à distance égale du centre, elle est plus élevée dans les quartiers les plus aisés ;

— la mobilité motorisée (c'est-à-dire avec emploi d'un moyen de transport) est plus élevée pour les hommes que pour les femmes (l'écart est de 40 % pour les actifs et de 20 % pour les inactifs), mais la mobilité à pied des femmes est supérieure de moitié à celle des hommes, l'une compensant presque exactement l'autre ;

— le fait d'exercer une activité professionnelle double la mobilité motorisée, mais diminue la mobilité à pied ;

— la mobilité par personne est maximale dans les ménages de taille moyenne (3 à 4 personnes) ;

— les adultes jeunes (16 à 45 ans) sont les plus mobiles ;

— la mobilité varie beaucoup selon le statut socioprofessionnel, ce qui est lié au revenu (cf. ci-dessous), mais, à statut comparable, elle est sensiblement plus forte pour les salariés que pour les non-salariés ;

— la mobilité croît très fortement avec le niveau de revenu, d'abord presque proportionnellement à celui-ci, puis en tendant vers un niveau de saturation pour les revenus élevés ;

— la motorisation du ménage, évidemment liée au revenu, augmente fortement la mobilité : celle-ci double pour les ménages motorisés par rapport à ceux qui ne le sont pas et augmente encore d'un quart pour les ménages disposant de deux automobiles.

(2) Cf. Yacov Zahavi, *Travel Characteristics in Cities of Developing and Developed Countries*, Washington, World Bank, mars 1976, 95 pages.

(3) Cf. Pierre Merlin, « Les transports à Paris et en Ile-de-France », *Notes et Etudes documentaires*, n° 4659-4660, La Documentation française, Paris, 1982, 282 pages.

Un aspect important de la demande de déplacement est sa concentration dans le temps. Les déplacements domicile-travail (migrations alternantes) sont soumis à des contraintes horaires souvent rigides qui expliquent les pointes quotidiennes (il existe aussi des pointes hebdomadaires et des pointes annuelles). Ces pointes quotidiennes sont surtout importantes dans les transports en commun, qui sont principalement utilisés pour les migrations alternantes, et sur les axes radiaux en raison du nombre d'emplois dans le centre. Il en résulte deux conséquences fondamentales :

- D'une part, c'est en fonction de la demande aux heures de pointe qu'il convient de planifier les réseaux de transport (cela paraît presque évident, mais cependant de nombreux spécialistes ont fondé tous leurs raisonnements sur l'analyse de la demande totale de la journée) (4).

- D'autre part — et c'est important — les exploitants des services de transports en commun sont confrontés à une situation particulièrement défavorable quant à l'équilibre de leurs comptes de fonctionnement car

- ayant un caractère de service public, ils doivent fonctionner sur l'essentiel de la journée (19 heures pour le métro à Paris) ;

- mais ayant pour rôle majeur d'« écrêter les pointes », leur capacité n'est pleinement utilisée que 4 heures par jour environ ; sur les lignes SNCF de la banlieue de Paris, 54 % du trafic au départ de Paris a lieu entre 17 h 30 et 19 h 30 et autant à l'arrivée entre 7 et 9 heures.

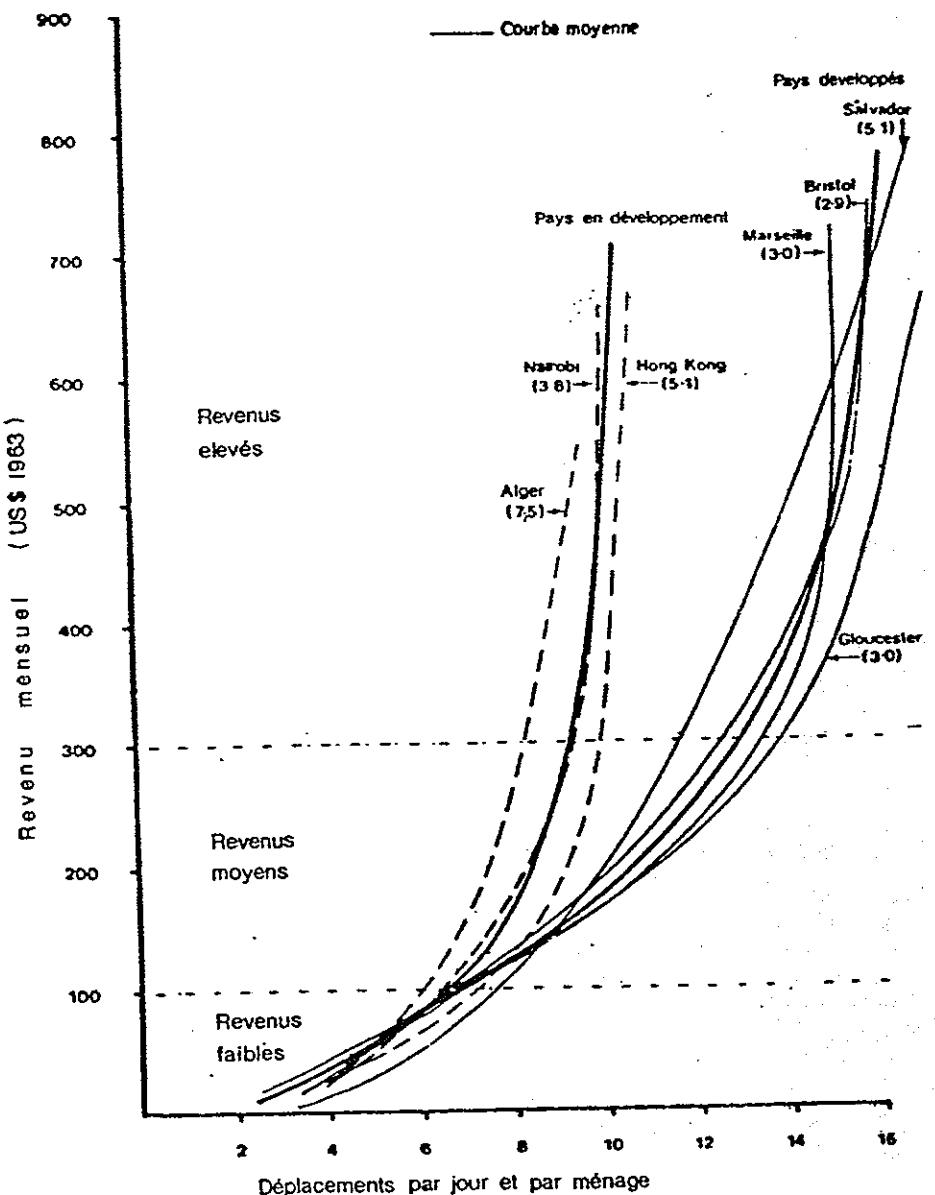
Dans les pays en voie de développement, la mobilité par personne est plus faible, surtout si on ne prend en compte que les déplacements motorisés. Cependant, en raison de la taille élevée des ménages, leur nombre de déplacements est voisin, voire supérieur, à celui observé dans les villes des pays développés. Les facteurs de variation sont les mêmes : revenu en premier lieu, catégorie socioprofessionnelle, motorisation, âge, taille du ménage, etc., mais l'offre de transport et la structure de l'agglomération jouent un rôle plus important que dans les pays développés. La variation de la mobilité selon le revenu suit une courbe de même forme, mais décalée par rapport à celle des villes des pays développés (figure 1). On a réuni, dans le tableau 1, les données disponibles pour quelques villes : elles montrent l'effet du revenu et de la motorisation, mais aussi l'importance des déplacements non motorisés (à pied ou à bicyclette).

Par définition, les enquêtes sur la mobilité des ménages (5) ne permettent de connaître que la demande qui a été réalisée. Celle-ci ne correspond qu'à une partie de la demande totale. Il y manque, en effet, les déplacements que les personnes interrogées auraient souhaité effectuer, mais qu'elles n'ont pu faire, soit par manque de temps, soit par manque d'argent pour payer le prix du transport, ou encore parce qu'elles n'avaient pas de moyen de transport à leur disposition. Cette demande non exprimée est appelée par les spécialistes la « demande latente ». L'objectif du planificateur ne peut se limiter à répondre à la demande exprimée. Il doit aussi répondre à la demande latente, ce qui suppose qu'il soit capable de l'évaluer.

(4) Cf. Christian Gérondeau, *Les transports urbains*, PUF, collection « Que sais-je ? », Paris, 1969, 128 pages.

(5) Voir deuxième partie, chapitre 1.

Figure 1. — Mobilité par ménage et par jour selon le revenu dans quelques villes
(les chiffres entre parenthèses indiquent la taille moyenne des ménages)



Source : Cf. M.G. Mogridge, « Transportation planning in Nairobi », *Traffic Engineering and Control*, vol. 16, n° 1, janvier 1975, p. 40-46.

N.B. : Bien que située dans un pays en voie de développement, la ville de Salvador (Brésil) présente les mêmes caractéristiques de mobilité que les villes des pays développés.

Tableau 1. — Mobilité, revenu et motorisation dans quelques villes de pays en développement

Villes	Date	Population zone d'étude	Taille moyenne des ménages	% des ménages motorisés	Nombre moyen des déplacements/ménage/jour (3)	Nombre moyen des déplacements/personne/jour (3)	Revenu moyen/ménage \$ US 1973 par mois	% des déplacements non motorisés (3)
Koweït	1969	725 000	6,5	67	11,0	1,7	399	17
Alger	1972	1 675 000	7,5	16	6,2	0,83	182	53
Nairobi	1970	353 000	3,8	24	6,9	1,81	160	47
Salvador	1975	1 234 000	5,1	22	8,8	1,73	206	31
Kinshasa	1975	1 650 000	(1)	(1)	(1)	1,24	(1)	65
La Paz	1976	655 000	5,6	11	9,47	1,69	67 (2)	36 (4)
Port-Louis	1976	450 000	(1)	31	(1)	0,80	135 (2)	40
Brazzaville	1978	385 000	(1)	4	(1)	0,85	95 (2)	17
Curitiba	1978	950 000	(1)	20	(1)	1,75	(1)	20

(1) Renseignement non disponible.

(2) En dollars 1976 (La Paz et Port-Louis), 1978 (Brazzaville).

(3) Chiffres à interpréter avec précaution, compte tenu des définitions variables des déplacements à pied pris en compte. Pour Kinshasa, Port-Louis et Brazzaville, seuls les déplacements de plus de 500 mètres ont été pris en compte.

(4) Déplacements à pied seulement pour La Paz.

Sources nationales.

Les facteurs de choix de l'usager des transports

Il s'agit de la dépense monétaire, du temps passé et du confort.

La dépense monétaire

Un déplacement empruntant les transports en commun coûte à l'usager, en 1985, 1,90 franc dans une ville de taille moyenne (moins de 700 000 habitants) ; 2,50 francs environ dans une grande agglomération (Lille, Marseille, Lyon) ; 2,24 francs sur le réseau RATP (à Paris). Ces coûts étant très inférieurs au coût de fonctionnement (de moitié en moyenne sur les réseaux urbains des villes de province, de près des deux tiers sur le réseau de la RATP), la différence est payée par les entreprises (participation transport) et par la collectivité.

Le coût d'un déplacement en automobile pour un usager est beaucoup plus difficile à évaluer. Il est cependant possible de définir un prix moyen du kilomètre — 3,20 francs en Région parisienne, 2,70 francs dans les villes de

province en 1985 — qui prend en compte l'ensemble des coûts (y compris l'amortissement du prix du véhicule) ou un prix marginal (prix du kilomètre supplémentaire, soit 1,10 franc par kilomètre, un peu plus en Région parisienne) ou encore le coût directement ressenti par l'usager réduit en fait au coût des carburants (soit 0,60 franc environ par kilomètre) (6). La longueur moyenne d'un déplacement urbain en automobile étant, environ, de 5,5 kilomètres en Région parisienne et de la moitié dans les villes de province, le taux moyen d'occupation d'un véhicule en heure de pointe étant de 1,32 personne en Région parisienne et de 1,25 personne dans les villes de province, on peut estimer le coût marginal, pour l'usager, d'un déplacement en automobile à 4,60 francs en région parisienne et à 2,40 francs dans les villes de province et le coût moyen respectivement à 13,40 francs et 5,90 francs (7). On voit que la différence entre le coût marginal de l'automobile et le prix des transports en commun est relativement faible dans les villes moyennes (20 % de plus environ), mais qu'elle est très élevée en Région parisienne (plus du double). Il n'est, dès lors, pas surprenant que l'automobile soit le moyen de transport habituel des personnes dans les villes moyennes, alors que les transports en commun jouent un rôle beaucoup plus grand dans les métropoles.

— Dans les pays développés, les dépenses de transport augmentent avec le revenu, et ceci tant pour les transports en commun que pour l'automobile. Une enquête britannique a montré que la part du revenu consacrée aux transports, limitée à 5 % pour les petits revenus, atteignait 10 % pour les revenus moyens et plafonnait autour de 13 % pour les revenus élevés. La part de cette dépense consacrée aux transports en commun décroît de 60 % pour les faibles revenus à 12 % pour les revenus élevés.

Dans les villes des pays en développement, la part du revenu consacrée aux transports est plus faible (4 à 5 % du revenu), sauf pour les ménages motorisés. A Kinshasa par exemple, la dépense moyenne de transport d'un cadre est égale à dix fois celle d'un ouvrier, à vingt fois celle d'un chômeur.

Le temps de trajet

Le temps est une donnée rare pour le citadin. Pourtant, en dépit du vieil adage « le temps, c'est de l'argent », ce n'est que depuis deux décennies au plus que les gains (ou pertes) de temps des usagers lors des déplacements sont pris en compte dans la planification des réseaux de transport. Ce temps de transport représente pourtant un élément fondamental du budget-temps quotidien, surtout pour les personnes qui travaillent, comme l'ont montré les enquêtes sur les budgets-temps, entreprises pour la première fois vers 1965 (8).

Dans une très grande agglomération, comme celle de Paris, le temps de transport réduit sensiblement le temps de loisir : on peut estimer pour une

(6) Voir première partie, chapitre 3.

(7) Voir première partie, chapitre 3.

(8) Cf. Jacques Durand, Pierre Merlin, Guy Pourcher, « Le budget-temps », 17 pages, dans *Etudes et essais, Centre de recherche d'urbanisme*, Paris, 1965, pag. div.

personne active, qui ne travaille pas à son domicile, à 1 h 20 mn le temps passé, en Région parisienne pour aller à son travail et en revenir (malgré l'abandon, presque complet, de l'ancienne habitude du déjeuner à domicile). Ce temps est presque égal au temps de loisir qui reste à cette personne en fin de journée : 2 heures.

Les migrations alternantes, dans une agglomération, tiennent à une cause principale, la répartition géographique différente des emplois et des résidences, mais aussi à plusieurs causes secondes — mais non secondaires — qu'on oublie trop souvent bien qu'un calcul théorique ait montré que ces causes secondaires expliquaient les deux tiers des longueurs des déplacements, car, si la carte des emplois correspondait rigoureusement à celle des résidences, ces migrations ne seraient réduites que d'un tiers. Ces causes secondes tiennent à :

— la spécialisation, d'ailleurs croissante, des emplois : une personne active ne peut occuper un emploi proche de son domicile s'il ne correspond pas à sa qualification ;

— la non-transparence du marché de l'emploi : chacun n'a pas connaissance, à tout moment, de tous les emplois disponibles correspondant à sa qualification, pour pouvoir en choisir un plus proche de son domicile ;

— la « viscosité » du marché du travail : même en ayant connaissance d'un emploi proche de son lieu d'habitation, beaucoup préfèrent conserver leur emploi actuel et les avantages, réels ou supposés, qu'ils ont acquis ;

— la mobilité résidentielle et professionnelle permet parfois de rapprocher lieux de travail et résidence, mais peut aussi contribuer à les éloigner (les cas classiques sont celui du jeune ménage contraint de quitter le centre pour un logement plus vaste à la périphérie de l'agglomération, ou celui de l'usine qui transfère ses activités de proche en lointaine banlieue) ;

— la présence, dans de nombreux ménages (un sur deux en France), de plusieurs personnes actives rend plus complexe encore l'adéquation résidence-lieu de travail.

Malgré ces multiples difficultés, les citadins ont toujours cherché à réduire la durée de leurs migrations alternantes.

Il est donc clair que le temps a une « valeur » pour l'usager. Cette considération peut paraître triviale, mais ce n'est que dans les années soixante, à la suite d'analyses du type de celle qui précède, qu'il y a eu prise de conscience du problème, que des méthodes ont été mises au point pour évaluer cette valeur du temps désormais prise en compte au même titre que la dépense monétaire dans les travaux de planification (9). Elle est évaluée généralement en France aux deux tiers du revenu horaire moyen, soit 32 francs en 1985.

(9) Cf. Pierre Merlin, *Les transports parisiens*, Masson, Paris, 1967, 495 pages.

Dans les pays en développement, mais aussi dans les pays développés, en raison de l'importance numérique des « captifs », les transports urbains sont devenus un enjeu politique. En France, vers 1970, les usagers (14), popularisant le slogan : « L'Etat ne nous transporte pas, il nous roule », ont entrepris des manifestations de rue qui ont même fait craindre aux plus hauts responsables politiques du pays que l'insuffisance des réseaux de transports en commun ne soit le détonateur d'une nouvelle explosion sociale, comparable à celle de 1968 (15). Cette première pression sur les pouvoirs publics sera relayée, en 1973-1974, par les mouvements de défense de l'environnement (16) qui exigeront une politique plus restrictive à l'égard de l'automobile et plus favorable aux transports publics, ce qui commencera à se traduire dans la répartition des crédits publics au cours du VII^e Plan (1976-1980). Une évolution comparable, visant les grands projets (routiers et ferrés) et la planification elle-même, a eu lieu aux Etats-Unis (17). Le droit aux transports a été affirmé en France en 1982 dans la loi d'orientation pour les transports intérieurs ; il reste à rendre ce droit effectif.

La motorisation : de grandes inégalités

La mobilité est facilitée et accrue par la motorisation. Celle-ci, très inégale entre les pays, à l'intérieur de ceux-ci et entre les couches sociales, se développe cependant rapidement. Il y a, dans le monde, en 1985, plus de 350 millions de voitures de tourisme et quelque 100 millions de véhicules utilitaires. Mais 90 % des automobiles et 80 % des véhicules utilitaires se trouvent dans les pays développés. Alors qu'aux Etats-Unis, le taux de motorisation (véhicules de tourisme) approche 600 %, il n'atteint que 15 % pour l'ensemble de l'Afrique, beaucoup moins encore dans certains pays.

Cependant, le rythme d'augmentation du taux de motorisation tend à décroître. Il en résulte :

— que le taux de motorisation varie dans le temps selon une courbe en S (logistique) ;

— que cette évolution semble être la même, avec un important décalage dans le temps, pour les pays développés et pour les pays en voie de développement ;

(14) Fédération des Comités d'usagers des transports en commun de la Région parisienne, *Livre noir des transports parisiens*, Paris, FCUTCRP, s.d., 48 pages.

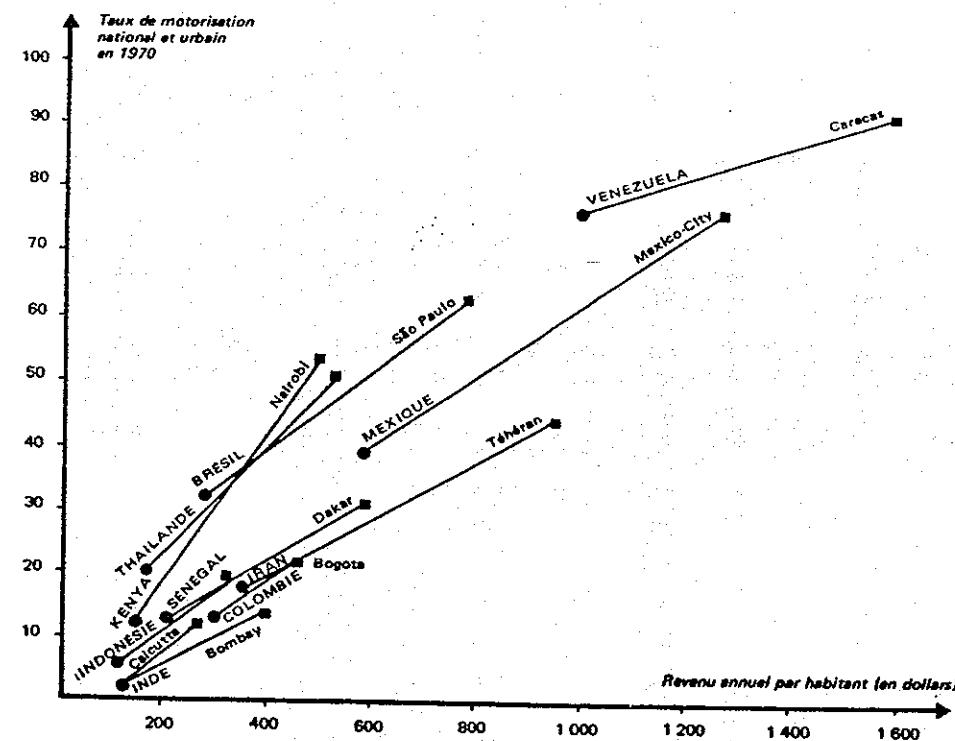
(15) C'est ainsi que, lors du conseil interministériel du 15 octobre 1970, les principaux défenseurs de la poursuite du RER furent, essentiellement pour des raisons d'ordre public, le Président Pompidou et le ministre de l'Intérieur, M. Marcellin.

(16) Cf. Eddy Cherki et Dominique Mehl, *Les nouveaux embarras de Paris : de la révolte des usagers des transports aux mouvements de défense de l'environnement*, Maspéro, Paris, 1979, 24 pages. Voir aussi Shalom Reichman, *Les transports, servitude ou liberté ?* PUF, Paris, 1983, 197 pages.

(17) Cf. H.M. Steiner, *Conflict in Urban Transportation : The People against the planners*, Lexington (Mass.), Heath (Lexington books), 1978, 142 pages ; A.L. Altshuler et divers, *Current Issues in Transportation Policy*, Lexington (Mass.), Heath (Lexington books), 1980, 222 pages.

— que des résultats comparables sont obtenus par l'analyse des taux de motorisation au niveau national ou au niveau des grandes agglomérations (voir figure 2).

Figure 2. — Motorisation nationale et urbaine en fonction du PNB/habitant (1)



Source : Wilfred Owen, *Automobiles and Cities Strategies for Developing Countries*, OECD, World Bank, 1973, 112 pages.

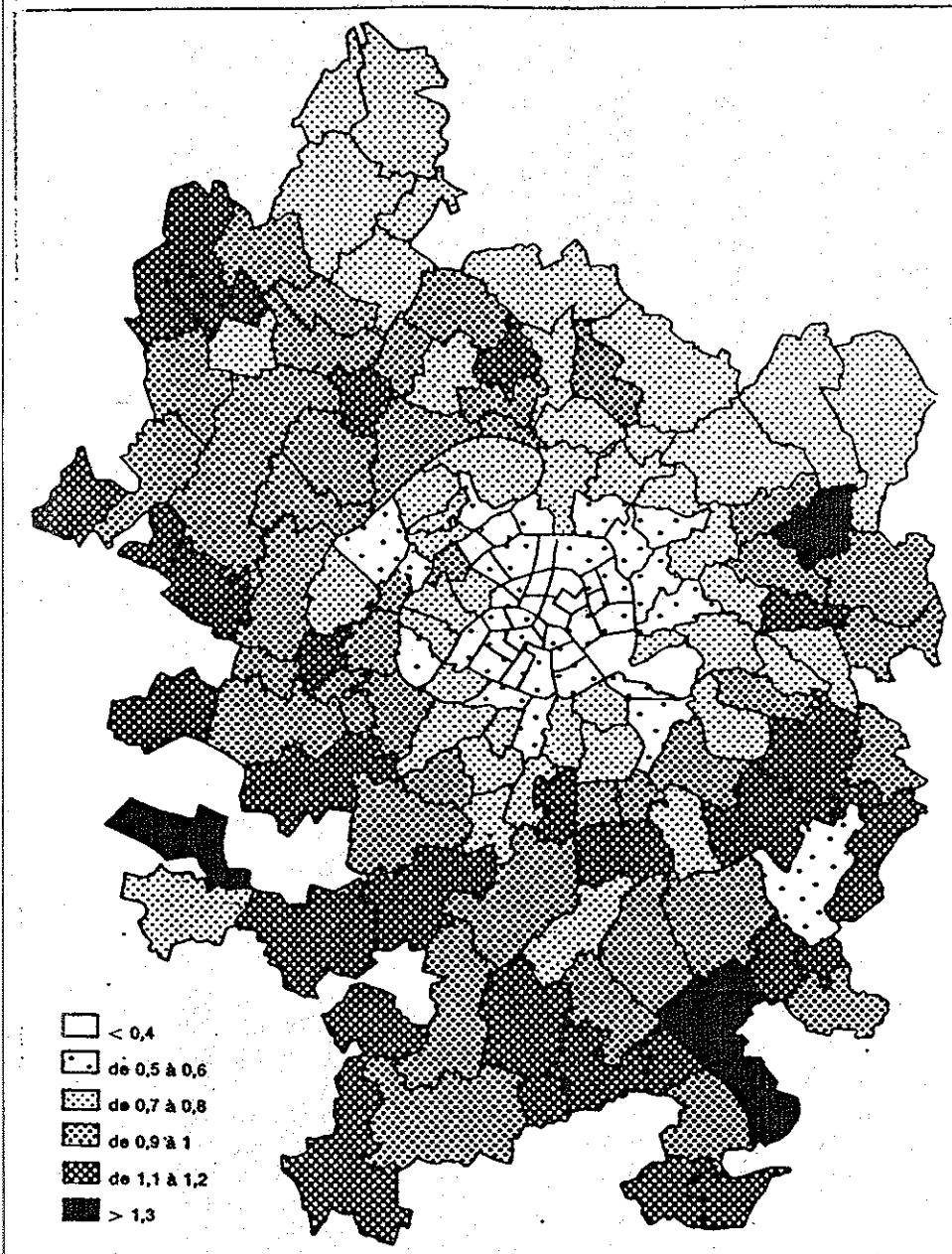
Ces variations dans le temps traduisent en fait l'évolution des revenus, auxquels les taux de motorisation sont très liés, à quelque échelle que l'on se situe :

— entre les pays, la corrélation revenu-taux de motorisation est assez bonne, perturbée seulement par le degré de développement des réseaux de voirie, le prix des carburants et surtout la politique suivie à l'égard des importations d'automobiles (droits de douane jusqu'à 400 % dans certains pays, voire embargo) ;

— entre les villes, la corrélation est encore meilleure : les villes, et surtout les capitales, ont une avance de plusieurs années, mais l'ensemble du pays suit la même courbe logistique ; on note cependant l'effet de la structure de la ville, de la qualité du réseau de voirie urbaine, de la facilité de stationnement et de la qualité des transports en commun ;

Figure 3. — Taux de motorisation (1976)
(Nombre de voitures particulières par ménage)

Par secteur INSEE



— entre les couches de revenu à l'intérieur d'une même agglomération, toujours selon une courbe logistique, avec les mêmes facteurs correctifs qu'entre les villes.

L'analyse détaillée au niveau d'une agglomération fait bien apparaître le rôle de ces facteurs perturbant la corrélation revenu/taux de motorisation. En Région parisienne, par exemple où le taux moyen de motorisation est de 0,35 (malheureusement la dernière enquête pour laquelle les variations géographiques du taux soient connues est celle de 1976) voiture par ménage ou 0,86 par personne (début 1984). La distance au centre devient le facteur principal : les taux les plus élevés (voir figure 3) sont ceux de la grande banlieue, là où la desserte par les transports en commun est la plus médiocre, mais où les conditions de circulation et de stationnement sont les meilleures ; les taux les plus faibles sont ceux de Paris, où les conditions sont inverses, bien que le revenu moyen y soit plus élevé. Le taux de motorisation de la banlieue a dépassé celui de Paris dans les années cinquante, le taux de la province a dépassé celui de la Région parisienne dans les années soixante. A distance égale du centre cependant, les écarts de revenus reprennent leur rôle pour expliquer les différences entre l'Ouest et le Sud de la France, plus motorisés, et le Nord et l'Est, qui le sont moins. Les taux de motorisation varient aussi avec la taille du ménage (surtout entre 1 et 2 personnes), et avec la catégorie socioprofessionnelle, ce qui est lié au revenu (mais, à revenu égal, les ouvriers sont plus motorisés que les employés).

Peut-on, à partir des « lois » empiriques précédentes, tenter des prévisions ? La crise du pétrole ou la pénurie de matières premières ne conduiront-elles pas à un ralentissement de la motorisation ? Owen estime que le risque de pénurie de métaux est faible, au moins jusqu'à la fin du siècle et que la crise pétrolière risque surtout de réduire la dimension des véhicules (18). Il reste que les pays en voie de développement non producteurs de pétrole, et donc frappés par la crise pétrolière qui s'est aggravée depuis l'étude d'Owen, peuvent être conduits à renforcer les dispositions réglementaires ou fiscales visant à réduire les importations de véhicules et la consommation d'essence. Mais, par ailleurs, la stratégie des constructeurs automobiles semble être d'implanter de plus en plus d'usines de montage, voire de fabrication, dans les pays en voie de développement.

Dans ce contexte, l'automobile risque d'apparaître à ces pays, comme elle l'est aujourd'hui dans les pays développés malgré des difficultés, comme une source de création d'emplois et un élément moteur du développement économique.

L'extrapolation de l'évolution passée conduirait les pays en développement à posséder près de 120 millions d'automobiles à la fin du siècle, mais cela ne correspondrait encore qu'à un peu plus de 20 % du parc mondial, et à un taux de motorisation voisin de 20 %, soit le double du taux actuel. Dans ces pays, la politique de transport doit donc considérer que l'automobile restera longtemps le privilège d'une minorité, plus (en Amérique latine) ou moins (en Afrique, Asie sauf au Japon) étendue. Mais, même dans les pays développés, le stade de la motorisation généralisée ne sera jamais atteint, comme le montre le cas de Los Angeles.

(18) Cf. Wilfred Owen, 1973, *op. cit.*

Motorisation et mobilité

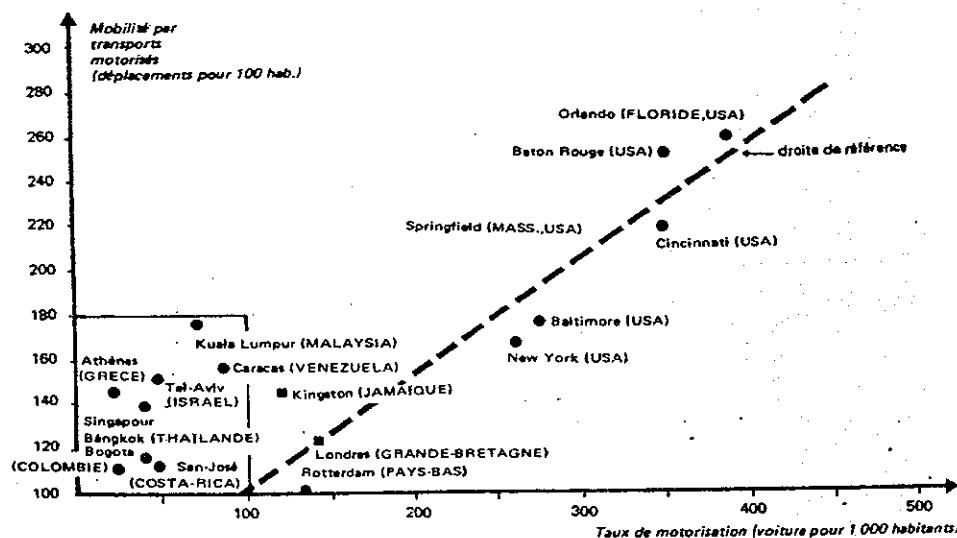
La motorisation accroît la mobilité. La relation est cependant complexe. A partir de l'étude d'une vingtaine de villes des pays développés et en voie de développement, effectuée par Zahavi (19), on peut énoncer que :

— dans les pays développés, en tout cas aux Etats-Unis, la mobilité par transports motorisés est proportionnelle au taux de motorisation (cf. droite de référence dans la figure 4) ;

— dans les pays en voie de développement, la liaison entre mobilité motorisée et motorisation est positive mais beaucoup moins régulière. Ceci s'explique facilement par le rôle plus grand, mais variable, des transports en commun, la diversité de la structure des villes, les facteurs secondaires influant sur la motorisation (taxis, etc.) ;

— dans les pays en voie de développement, la mobilité motorisée est très supérieure à ce qu'elle serait si on appliquait la corrélation observée dans les pays développés. Le minimum est de l'ordre de 1 déplacement par habitant et par jour (figure 4).

Figure 4. — Mobilité par transports motorisés en fonction du taux de motorisation



Source : Y. Zahavi, *op. cit.*

(19) Cf. Yacov Zahavi, *Travel Characteristics of Cities of developing countries versus developed countries*, Washington, World Bank, 1974.

Le rôle social de l'automobile

Les dépenses de transport dépassent couramment 10 % du budget des ménages. L'automobile est responsable de la plus grande part de ce chiffre. Son importance, pour l'économie des pays industriels, est souvent soulignée.

Alfred Sauvy a montré tout ce qu'il y a d'irrationnel dans l'attachement, particulièrement net en France depuis une génération, à l'automobile, et surtout dans les décisions prises par les pouvoirs publics à son égard (20). Peu importe si cette « déification » de l'automobile est rationnelle ou ne l'est pas. Deux questions importantes se posent : quels sont les caractères de l'automobile qui la rendent si populaire ? Pourquoi les pouvoirs publics ont-ils pu, longtemps, planifier les transports urbains en fonction de la seule automobile ?

Si l'automobile pèse si lourd dans le budget des ménages, comme dans leurs priorités, c'est pour trois raisons bien connues :

— pour beaucoup de citadins, les qualités de disponibilité et d'intimité de l'automobile apparaissent déterminantes ;

— l'automobile offre une réelle accessibilité en tout point du territoire, en milieu rural et urbain : à ce titre, elle apparaît à beaucoup comme un des outils de la liberté ; il est possible d'être réservé sur la place accordée à cet outil, mais il serait irréaliste — et vain — de nier cet atout capital ;

— à la possession d'une automobile — la plus belle, la plus récente, la plus puissante, la plus originale possible — est attachée, dans l'esprit des citoyens, surtout masculins, une image de prestige, de rang social, qui pousse certains à des dépenses disproportionnées avec leurs ressources.

En tout cas, il est indéniable que l'automobile multiplie la mobilité en milieu rural comme en milieu urbain : à revenu égal, les ménages motorisés sont beaucoup plus mobiles que ceux qui ne le sont pas (la bicyclette joue un rôle semblable dans les pays en développement). Ce sont les déplacements d'achats, de loisirs, et la conduite des enfants à l'école qui sont fortement réduits quand il n'y a pas d'automobile disponible dans le ménage. L'automobile est l'outil privilégié d'accès aux opportunités de la ville comme d'évasion de celle-ci. Le planificateur ne peut donc, en l'état actuel des choses, rejeter la possession de l'automobile. Par contre, il doit viser à limiter son usage aux déplacements (horaire et cadre géographique) pour lesquels cet emploi n'est pas nuisible à la collectivité.

Il n'est pas certain que telle ait été la politique des pouvoirs publics au cours de la dernière génération tant le groupe de pression en faveur de l'automobile a eu une efficacité remarquable.

Il aura fallu de nombreuses études économiques et urbanistiques, mais surtout la crise de l'énergie, et plus encore la crise économique qu'elle a amorcée, pour que le groupe de pression en faveur de l'automobile perde un peu de son pouvoir. Mais ce pouvoir n'a pu exister que grâce à l'attachement des citoyens à leur automobile. Longtemps, il a pu être question d'une « civilisation de l'automobile ». En fait, depuis quelques années, l'automobile joue, même en ville, un rôle certes important mais en voie de réduction.

(20) Cf. Alfred Sauvy, *Les quatre roues de la fortune*, Flammarion, Paris, 1968, 249 pages.

Première partie / chapitre 3

Le coût des transports

Mobilité, accessibilité et, bien sûr, motorisation sont liées aux coûts des transports pour l'usager. Ceux-ci peuvent être très différents des coûts pour la collectivité, qui diffèrent eux-mêmes, pour les transports en commun, des coûts pour l'exploitant.

Ce chapitre essaiera d'évaluer les coûts de l'automobile (investissement et fonctionnement) pour la collectivité et ceux des transports en commun (investissement et fonctionnement également) pour l'exploitant et pour la collectivité. Il ne sera question ici que de coûts directs, monétarisés. Les coûts indirects ou coûts sociaux seront abordés plus loin (1) et une estimation de ces coûts en termes monétaires sera tentée.

Le coût de l'automobile

Les coûts d'investissement

Il importe de prendre quelques précautions pour déterminer les coûts d'infrastructure par kilomètre (cette remarque vaudra aussi pour les transports en commun) :

— seuls des dossiers complets peuvent être utilisés pour établir des coûts unitaires, mais les particularités de chaque projet sont telles que les variations de ces coûts sont importantes : il convient donc de retenir une moyenne pour un nombre important d'opérations (réalisées, ou en projet si l'estimation est détaillée) ;

— les coûts doivent être actualisés (on utilise généralement l'indice général tous travaux publics) ;

— les coûts unitaires (au kilomètre d'infrastructure, par exemple) doivent être rapportés à la capacité offerte en heure de pointe (puisque c'est à l'heure de pointe qu'il faut ajuster l'offre à la demande) : or, la capacité théorique n'est pas toujours utilisée.

(1) Voir première partie, chapitre 4.

Les autoroutes urbaines sont les investissements les plus caractéristiques.

Pour la région de Paris, l'étude menée par Pierre Merlin en 1982 sur les réalisations des VI^e et VII^e Plans et les dossiers d'avant-projets sommaires étudiés en vue d'une réalisation au cours des années 1980 (2) conduit, à partir d'une cinquantaine de dossiers (3), à estimer les coûts moyens suivants, actualisés en francs 1985, pour une autoroute 2 fois 3 voies (TVA comprise) :

- hors agglomération : 30 millions de francs du kilomètre ;
- en grande banlieue (rocade A 87, villes nouvelles, etc.) : 50 millions de francs du kilomètre ;
- en moyenne banlieue (A 86, radiales ou transversales entre 3 et 10 kilomètres du boulevard périphérique) : 300 millions de francs du kilomètre ;
- en proche banlieue (moins de 3 kilomètres de boulevard périphérique) : 480 millions de francs du kilomètre.

On ne peut établir de coût significatif pour Paris, les réalisations (boulevard périphérique, voies sur berges) étant anciennes et ayant bénéficié d'emprises non bâties, mais ce coût atteindrait, selon le prix des expropriations nécessaires, des chiffres de l'ordre du milliard de francs du kilomètre.

Pour la province, un groupe de travail animé par le Centre d'études des transports urbains (CETUR) (4) a comparé 27 projets de voies rapides urbaines. A partir de ces données, on aboutit aux estimations suivantes (5) pour des autoroutes 2 fois 2 voies (il faut augmenter ces coûts d'un tiers environ pour 2 fois 3 voies), actualisées en francs 1985 :

- agglomération de moins de 100 000 habitants : 30 millions de francs du kilomètre ;
- agglomération de 100 000 à 300 000 habitants : 50 millions de francs du kilomètre ;
- agglomération de plus de 300 000 habitants : 75 millions de francs du kilomètre.

Il convient de préciser que presque tous ces projets sont situés en périphérie des agglomérations. La ventilation de ces coûts est la suivante, en moyenne.

- études : 4 % ;
- acquisitions foncières : 23 % ;
- dégagement d'emprises : 4 % ;
- ouvrages d'art : 33 % ;
- terrassements : 13 % ;
- drainage, assainissement : 4 % ;
- chaussées : 12 % ;
- équipements : 7 %.

(2) Cf. Pierre Merlin, *op. cit.*, 1982.

(3) Source : dossiers de la Direction régionale de l'Équipement d'Île-de-France.

(4) Ministère des Transports et ministère de l'Environnement et du Cadre de vie, *Méthodes d'évaluation des grands projets de transport urbain : aspects financiers*, CETUR, Bagneux, 1980, 123 pages.

(5) Calculs effectués par l'auteur à partir des données du rapport CETUR.

Le coût d'une autoroute (à 2 fois 2 voies) en rase campagne peut être estimé à un peu plus de 20 millions de francs 1985 du kilomètre.

La part très importante des acquisitions foncières et des dégagements d'emprises (27 % en province, souvent beaucoup plus encore en proche banlieue parisienne) et des ouvrages d'art (33 % en province) dans le coût total doit être soulignée.

La construction d'un tunnel (à 2 fois 2 voies) revient en moyenne à 65 millions de francs du kilomètre, mais croît très vite avec la longueur, car des systèmes de ventilation de plus en plus coûteux doivent alors être installés.

En matière de parcs de stationnements, les coûts sont également très variables selon les circonstances locales. Les ordres de grandeur suivants, en francs 1985, peuvent être avancés pour la banlieue et la province :

- 15 000 francs pour l'aménagement d'un emplacement au sol (terrain compris) ;
- 50 000 francs pour la construction d'une place dans un parc à étages (terrain compris) ;
- 65 000 francs pour la construction d'une place dans un parc souterrain (terrain non compris).

A Paris, une place dans un garage souterrain a un prix de revient moyen de 100 000 francs (terrain non compris).

Il est malheureusement quasi impossible d'évaluer, ou même de comparer à la capacité offerte, les autres investissements en matière de voirie urbaine : élargissement de voies, aménagement de carrefours, améliorations des dispositifs de sécurité (séparation des trafics, feux tricolores, etc.).

Les coûts de fonctionnement

Il faut en principe distinguer les coûts de fonctionnement des automobiles, supportés par ses utilisateurs et les coûts de fonctionnement des infrastructures, supportés par la collectivité. Dans quelques cas cependant, l'automobiliste peut se voir demander le paiement de l'utilisation d'une infrastructure particulière : péage sur une autoroute, sur un pont ou sous un tunnel ; stationnement sur la voirie ou dans un parc public. Il est donc nécessaire de bien préciser qui supporte chaque élément de coût, qui profite du service rendu, quels sont les transferts financiers ou fiscaux qui l'accompagnent. Enfin, pour l'usage de la voirie, il faut distinguer ce qui doit être affecté aux automobiles, aux véhicules utilitaires et aux transports en commun.

Les coûts d'utilisation de l'automobile en zone urbaine (à partir du cas de la région parisienne et de celui des villes françaises de province) conduisent à distinguer le coût moyen du kilomètre, amortissement compris, du coût marginal et du coût ressenti par l'usager qui est encore plus faible. Les frais d'utilisation des infrastructures ne représentent qu'une part infime pour l'usager

(stationnement public et contraventions : 0,02 franc dans les villes moyennes et 0,04 franc en Région parisienne sur un coût marginal de 1,1 franc environ)

En revanche, le coût d'utilisation de l'automobile correspond, pour la collectivité, au coût pour l'usager (hors taxes), augmenté des coûts d'usage de l'infrastructure (police, entretien de la voirie, éclairage, etc.). Très mal connus, ces coûts seront estimés ici à partir des travaux de Jean-Marie Beauvais (6), de Pierre Merlin (7) et du groupe de travail de l'administration (8) (qui a largement utilisé les travaux de la Chambre syndicale des constructeurs automobiles, source discutable, car non indépendante), en actualisant les chiffres pour 1985.

Pour la Région parisienne, le coût de la surveillance et du contrôle de la circulation et du stationnement (police) avait été estimé, pour 1981, à 400 millions de francs (l'équivalent du salaire de 4 103 personnes à temps plein), soit 600 millions de francs (9).

Les dépenses d'entretien et d'éclairage du réseau routier avaient été estimées en 1974 par la Direction régionale de l'Équipement à 1 672 millions de francs, soit environ 4,5 milliards 1985 (10). Au total, les coûts de fonctionnement de la voirie avaient été estimés à plus de 5 milliards en 1981, soit près de 8 milliards en 1985, ce qui représente un coût de plus de 2 000 francs par véhicule, soit plus de 0,40 franc par véhicule-kilomètre effectuée en zone urbaine ou 2,25 francs par voyage de 5,4 kilomètres en moyenne ou encore 1,70 franc par déplacement, compte tenu d'un taux moyen d'occupation de 1,32 personne par véhicule.

Pour la province, la commission administrative ne fournit que des éléments partiels : la police des Bouches-du-Rhône retenait un coût annuel de 145 000 francs par kilomètre en 1978, soit plus de 300 000 francs en 1985. De même, les frais d'entretien étaient estimés à 275 000 francs en 1978 (600 000 F en 1985) ; les dépenses d'énergie à 80 000 francs (170 000 F en 1985) et les dépenses de renouvellement et de grosses réparations à 130 000 francs (280 000 F en 1985), soit un total, en 1985, de 1 350 000 francs/kilomètre d'autoroute ou 0,065 franc par véhicule-kilomètre (11).

Mais ces chiffres concernent des autoroutes interurbaines. Pour la voirie urbaine, on ne dispose d'aucun élément précis : les dépenses sont très supérieures à celles des autoroutes (entretien, police) mais sans doute moins élevées qu'en Région parisienne. On avancera, avec prudence, une approximation sommaire de 1 franc par déplacement (1,70 franc en Région parisienne).

Pour apprécier les dépenses précédentes en automobile, véhicule utilitaire ou transport en commun, un coefficient multiplicateur est affecté au nombre de camions et d'autobus pour les transformer en un « équivalent voiture particulière ». Ce coefficient, qui correspond à la diminution du débit d'une voie

(6) Cf. Jean-Marie Beauvais, *Coût social des transports parisiens*, Economica, Paris, 1977, 192 pages.

(7) Cf. Pierre Merlin, 1982, *op. cit.* et 1984, *op. cit.*

(8) CETUR, 1980, *op. cit.*

(9) Cf. Pierre Merlin, *Ibid.*

(10) *Ibid.*

(11) Cf. CETUR, 1980, *op. cit.*

pour des véhicules lourds, est généralement pris égal à 2 ou 2,5. Ce chiffre sous-estime cependant la part des « poids lourds » dans le poste « entretien lourd » (réfection de chaussées).

L'estimation du coût de l'automobile pour la collectivité conduit à poser la question de la fiscalité de l'automobile. Les coûts d'usage de l'infrastructure ne sont-ils pas actuellement largement couverts par les taxes sur l'automobile, sur les carburants, sur l'assurance automobile, etc.? Un tel raisonnement n'aurait pas de fondement économique. L'automobile et son usage constituant une assiette fiscale comme une autre, un droit quelconque au « juste retour » n'a pas à être invoqué. La Commission des Comptes de transport de la Nation distingue cependant, pour éclairer ce débat, les taxes spécifiques à l'activité de transport et celles qui ne lui sont pas spécifiques. Or, le rendement de ces deux catégories de taxes est équivalent. Pour comparer, bien que ce soit discutable, ce que l'automobile coûte et ce qu'elle « rapporte » à la collectivité, il faudrait confronter à un coût par déplacement pour la collectivité évalué à 1,10 franc en Région parisienne et à 1 franc en province les 37 centimes de taxes perçues par véhicule/km soit 1,50 franc par déplacement. Il est donc inexact de prétendre, comme le font de nombreux inconditionnels de l'automobile, et souvent la presse, que l'automobiliste est la « vache à lait » de la fiscalité française.

L'évolution du prix des carburants et des tarifs des transports en commun n'a pas, contrairement à une idée communément répandue par le *lobby* de l'automobile, défavorisé, en longue période, cette dernière. Sur la base 100 en 1965, l'indice INSEE des prix de détail est à 485 au 1^{er} janvier 1985, celui du prix du supercarburant à 532, et celui du prix du billet de métro en carnet à 689, soit des taux moyens d'augmentation respectifs de 8,5, 9 % et 10,1 %.

Cela dit, le coût, pour la collectivité, d'un déplacement en automobile est inférieur à la charge qu'elle supporte pour un déplacement en transport en commun (ce qui n'était pas le cas, il y a une vingtaine d'années, lorsque le déficit des transports en commun était beaucoup plus limité). Mais cette conclusion s'inverse quand sont pris en compte les coûts sociaux de l'automobile (12).

Les coûts des transports en commun

Les coûts d'investissement

Les estimations sont encore plus délicates que pour la voirie parce qu'on ne dispose que d'un nombre réduit d'opérations relativement récentes ou en projet suffisamment avancé pour avoir donné lieu à une évaluation précise (les estimations initiales de la RATP pour les premiers tronçons de la ligne A du RER ont dû être doublées en francs constants). Par ailleurs, comme pour

(12) Voir première partie, chapitre 4.

les autoroutes, chaque ligne nouvelle constitue un cas d'espèce. Il a fallu, pour établir les ordres de grandeur cités ci-dessous, analyser les réalisations des années soixante-dix et les opérations en cours ou en projet avancé (années quatre-vingt) et en actualiser les coûts en francs 1985 hors taxes (car les sociétés nationales de transport ne paient pas ces dernières) (13).

• *Pour le réseau express régional (RATP et SNCF) :*

— ligne nouvelle en surface en grande banlieue avec une station tous les 2 kilomètres : 75 millions de francs du kilomètre ;

— remise en service, après modernisation, d'une ligne existante (SNCF) en grande banlieue : 10 millions de francs du kilomètre ;

— intégration d'une ligne existante (SNCF) au RER en moyenne banlieue en surface avec une station (construite ou réaménagée) tous les 2 kilomètres : 100 millions de francs du kilomètre (plus, s'il y a des tronçons souterrains) ;

— construction d'un tronçon souterrain à grand gabarit dans Paris ou la proche banlieue, avec une station de correspondance avec le métro (et la SNCF, le cas échéant) tous les 2 kilomètres : 850 millions de francs du kilomètre (dont la moitié au moins pour les stations) ;

• *Pour le chemin de fer de banlieue, les éléments suivants peuvent être ajoutés :*

— quadruplement de voies sur le réseau SNCF de banlieue : 10 millions de francs du kilomètre ;

— électrification d'une ligne SNCF : 7 millions de francs du kilomètre.

• *Pour le métro (RATP) :*

— prolongement, en surface ou en viaduc, en moyenne banlieue, avec une station par kilomètre : 180 millions de francs du kilomètre ;

— construction, en souterrain, en proche banlieue, avec une station par kilomètre : 260 millions de francs du kilomètre ;

— construction, en souterrain, dans Paris, avec une station par kilomètre : 480 millions de francs du kilomètre (dont les deux tiers pour les stations) ;

— allongement des quais d'une station de métro de 75 à 90 mètres : de 15 à 20 millions de francs selon qu'on doit, ou non, modifier les accès de correspondance.

• *Et pour l'aménagement en souterrain d'une grande gare parisienne avec correspondance avec le métro et le RER : 1,5 milliard de francs.*

Pour la province, on dispose des coûts des métros de Lyon et de Marseille :

• métro de Lyon (14) : le coût de la première tranche, achevée en 1978, a été de 1 338 millions de francs (TTC) pour 11,1 kilomètres de ligne avec 15 stations (tous les 750 mètres en moyenne), soit près de 200 millions de francs 1984 du kilomètre (HT). L'extension de 3,3 kilomètres (7 stations), mis en

(13) Cf. Pierre Merlin, 1982, *op. cit.*

(14) *Etude de suivi des ouvertures des métros de Lyon et de Marseille, principaux résultats, CETUR, Bagneux, novembre 1979, 85 pages.*

Voir aussi : Semaly, *Le métro lyonnais*, Semaly, Villeurbanne, 1982, 56 pages.

service en 1981, a coûté 545 millions de francs (TTC), soit un coût comparable. La ligne C coûtera 282 millions de francs pour 1,1 kilomètre ;

• métro de Marseille (15) : le coût de la première tranche, achevée fin 1977 et début 1978, a été de 1 109 millions de francs TTC pour 10,9 kilomètres de ligne avec 12 stations (une tous les kilomètres), soit près de 250 millions de francs 1984 du kilomètre (HT).

La deuxième ligne, dont le tronçon central a été inauguré le 3 mars 1984, sera achevée en 1986-1987. Son coût total est estimé à 2 700 millions de francs pour 9 kilomètres, soit 300 millions de francs (HT) de 1984 du kilomètre.

Les ordres de grandeur des réalisations étrangères (16) sont comparables. Aux Etats-Unis, les métros de San Francisco (achevé en 1974), de Washington, d'Atlanta et de Baltimore, construits dans les années soixante-dix et en cours de prolongement ont des prix de revient, en francs 1985, qui varient de 250 à 450 millions de francs du kilomètre. En Europe, le métro d'Helsinki, en construction, a un prix de revient de 300 millions de francs 1985 du kilomètre ; la ligne 3 du métro de Milan, en construction également, 500 millions de francs 1985 du kilomètre ; le métro urbain de Munich, ouvert en 1972, a coûté 400 millions de francs 1985 du kilomètre.

Un métro léger (17), du type de celui de Lille (le VAL), a un coût seulement légèrement inférieur (18) : la première ligne, ouverte en 1983 et 1984, a coûté 2,4 millions de francs pour 13 kilomètres dont 9 kilomètres en souterrain ou en tranchée couverte, avec 18 stations, soit 250 millions de francs 1985 du kilomètre ; le coût prévisionnel de la ligne 1 bis, en projet, est de 200 millions de francs du kilomètre. A Saint-Etienne, on avait estimé à 160 millions de francs 1974 la transformation du tramway actuellement existant en métro léger sur 2,5 kilomètres, soit un peu plus de 200 millions de francs 1985 du kilomètre. A Bruxelles, la ville a adopté une stratégie consistant à transformer progressivement le tramway en prémétro (19), puis en métro. La première phase (1965-1978) de ces travaux a permis de réaliser 11,5 kilomètres de métro, 10,1 kilomètres de prémétro et 40 kilomètres de « site propre » (20) sur un réseau prévu de 70 kilomètres au total, pour 38 milliards de francs belges, soit environ 15 milliards de francs 1985.

En ce qui concerne le tramway moderne, quelques exemples français (21) peuvent être cités :

— à Nantes, le coût total de la première ligne est-ouest (Bellevue-Haluchère) en construction, traversant le centre, longue de 10,6 kilomètres avec

(15) *Ibid.*

(16) Cf. Pierre Merlin, 1984, *op. cit.*

(17) Cf. Pierre Merlin, 1984, *op. cit.*

(18) L'intérêt du VAL est d'être le premier métro entièrement automatique du monde. Il fonctionne avec une fiabilité presque parfaite, ce qui n'avait pas été le cas du Bay Area Rapid Transit de la région de San Francisco, inauguré en 1973. Les nombreux incidents et accidents avaient contraint à y abandonner l'automatisme de façon définitive.

(19) (NDLR) Pour l'explication de ce terme, voir p. 87.

(20) (NDLR) Pour l'explication de ce terme, voir p. 87.

(21) Cf. Pierre Merlin, 1984, *op. cit.*

22 stations (tous les 500 mètres en moyenne) était estimé à 305 millions de francs (HT) au 1^{er} janvier 1981, soit 48 millions de francs 1985 du kilomètre :

— à Strasbourg, où est prévu un réseau en étoile à partir du centre (place Kléber), le coût était estimé à 375,6 millions de francs (HT) au 1^{er} janvier 1979 pour 10,8 kilomètres, soit 65 millions de francs 1985 du kilomètre ;

— à Lyon, le projet étudié par la Semaly (10,3 km) aurait un coût de 40 millions de francs 1985 du kilomètre ;

— à Saint-Etienne, le prolongement réalisé en 1982-1983 du tramway entre Bellevue et Solaure, en site propre intégral, a coûté 42 millions de francs, soit 35 millions de francs 1985 du kilomètre ;

— en banlieue de Paris (22), on estime à 65 millions de francs 1985 du kilomètre en moyenne le coût d'aménagement d'une ligne de tramway sur route nationale avec passages souterrains aux principaux carrefours.

Notons que, si ces chiffres sont convergents, seul celui de Nantes correspond à des travaux largement avancés.

Le coût moyen (hors taxes 1985) d'un tramway est donc de 50 millions de francs du kilomètre environ, mais celui-ci peut beaucoup varier selon les conditions de construction :

— environ 200 millions de francs du kilomètre en tunnel, presque le prix d'un métro ;

— environ 60 millions de francs du kilomètre en viaduc (voire plus dans le centre des grandes villes) ;

— environ 30 millions de francs du kilomètre au sol en site propre ;

— seulement 15 millions de francs en site protégé sur la voirie banale ;

— et même 5 millions de francs de voie en zone peu dense (mais, dans ces deux derniers cas, il s'agit de tramway traditionnel).

Enfin l'aménagement de sites propres pour autobus est estimé, en moyenne banlieue parisienne (23), sur route nationale, sans souterrain aux carrefours, à 30 millions de francs 1985 du kilomètre en moyenne. Par contre, une simple voie réservée (type Paris) ne coûte que 1 à 2 millions de francs 1985 du kilomètre, et un dispositif de priorité aux carrefours de 3 000 à 5 000 francs (24).

Il faut compléter ce tableau par le coût du matériel roulant, qu'on peut estimer en francs 1985, hors taxes (25) (26) :

— rame SNCF banlieue de 8 voitures en inox (1 700 places) : 26 millions de francs ; 15 294 francs par place ;

— rame SNCF banlieue de 8 voitures à 2 niveaux (2 090 places) : 30 millions de francs ; 15 311 francs par place ;

— élément de 4 voitures type MI79 (réseau interconnecté SNCF-RATP) :

(22) Cf. Pierre Merlin, 1982, *op. cit.*

(23) Cf. Pierre Merlin, 1982, *op. cit.*

(24) Cf. CETUR, 1980, *op. cit.*

(25) Cf. Pierre Merlin, 1982, *op. cit.*

(26) Cf. CETUR, 1980, *op. cit.*

24 millions de francs 1985, soit 48 millions de francs pour une rame RER de 8 voitures (1 704 places) (27) ; 28 169 francs par place :

— rame de 9 voitures, type MS 61 du RER (1 905 places) : 37 millions de francs ; 19 422 francs par place ;

— rame de métro de 5 voitures, type MF 77 (603 places) : 16 millions de francs ; 26 533 francs par place ;

— rame de métro de 5 voitures, type MF 67 (577 places) : 14 millions de francs ; 24 263 francs par place ;

— rame de 3 voitures du métro de Lyon (384 places) : 13 millions de francs ; 33 854 francs par place ;

— rame de 3 voitures du métro de Marseille (352 places) : 12 millions de francs ; 34 090 francs par place ;

— véhicule de tramway de 168 places (type Nantes) : 7,5 millions de francs ; 44 642 francs par place ;

— trolleybus de 77 places : 1,6 million de francs ; 20 779 francs par place ;

— autobus de 77 places environ : 0,81 million de francs ; 10 909 francs par place.

Ces coûts de matériel roulant sont presque proportionnels à leur capacité : 10 000 francs par place pour les autobus, 15 000 à 25 000 francs par place pour les transports ferrés (plus pour les métros de Lyon et de Marseille et surtout pour le tramway nantais, parce qu'ils correspondent à des petites séries) : en somme, ce sont des chiffres voisins de ceux de l'automobile (10 000 à 25 000 francs par place).

Les coûts de fonctionnement

Les éléments les plus précis sont ceux qui concernent la RATP. D'une part, tous les services de celle-ci — à l'inverse de la SNCF — sont des transports urbains et de voyageurs, ce qui évite les délicats problèmes de ventilation. D'autre part, on dispose de séries annuelles sur une longue période. L'analyse qui en a été faite pour 1965, 1972, 1980 (28), actualisée ici à partir des résultats de 1983, fait apparaître que :

— les frais de personnel représentent plus de 60 % des dépenses ;

— les dépenses d'énergie ne constituent que 4,3 % des dépenses (moins qu'en 1965, malgré l'augmentation du coût de l'énergie) ;

— les autres dépenses matérielles (matières premières, travaux, fournitures et services extérieurs, etc.) totalisent 10,7 % et tendent à augmenter (8 % en 1965) ;

— les impôts et taxes (8 % contre 12 % en 1965) diminuent ;

— enfin, les dotations pour renouvellement, amortissements et charges d'emprunt (16 %) constituent la part des dépenses qui ne correspondent pas au fonctionnement mais au coût des installations.

(27) Sur la base de 4 voyageurs debout par mètre carré.

(28) Cf. Pierre Merlin, 1982, *op. cit.*

Pour la SNCF-banlieue, les proportions sont très voisines : selon une estimation de décembre 1981, 55 % de frais de personnel, 5 % de dépenses d'énergie, 15 % d'autres dépenses matérielles, 24 % de frais financiers, impôts et taxes.

Pour le métro de Lyon, le bilan prévisionnel d'exploitation pour 1979 (29) prévoyait 60 % de frais de personnel, 10 % d'énergie, 18 % d'autres dépenses matérielles et 12 % de frais généraux.

Pour les réseaux de province (autobus, essentiellement), les frais de personnel représentent, en 1982, plus de 66 % des charges, les carburants moins de 9 %, les autres dépenses matérielles 20 % et les dotations pour investissements, renouvellement et charges d'emprunt 5 % seulement (30).

L'analyse des résultats d'exploitation de la RATP montre :

- que le prix de revient par voyageur-kilomètre est plus de deux fois plus élevé sur le réseau d'autobus que sur le réseau ferré ;
- qu'en inversement, il est presque le même sur le réseau de métro, sur le RER et sur le réseau SNCF-banlieue, d'une part ; sur les réseaux routiers de Paris et de banlieue, d'autre part ;
- que les recettes du trafic n'en couvrent que 40 % à peine et ceci presque dans les mêmes proportions sur les différents réseaux.

Une comparaison avec les réseaux de province fait apparaître :

- que les métros de Lyon et de Marseille sont plus coûteux que le métro de Paris de 50 % environ (par voyageur-kilomètre), ce qui semble dû à la non-utilisation de la capacité maximale ;
- que les autobus de province ont des coûts (par véhicule-km, par voyageur transporté ou par voyageur-km) nettement inférieurs (de 30 à 60 % le plus souvent) à ceux de la Région parisienne (ce qui correspond à des salaires moyens moins élevés et une vitesse plus grande) ;
- que le tramway, à travers les rares cas où il circule en France (Saint-Etienne, Marseille, Lille), semble avoir des coûts de fonctionnement un peu inférieurs à ceux de l'autobus, comparables à ceux des métros de province (voir tableau 2).

Les recettes tarifaires ne couvrent en Région parisienne — mais aussi dans la plupart des villes de province — qu'une part des dépenses de fonctionnement. L'équilibre est assuré par :

- le versement des entreprises de plus de 10 salariés dans les villes de plus de 100 000 habitants (28 % des dépenses d'exploitation des transporteurs — RATP, SNCF et transporteurs privés de l'APTR — en Région parisienne, en 1979) ;
- l'Etat (21 % en Région parisienne) ;
- les collectivités locales (10 % en Région parisienne) ;

(29) Cf. CETUR, 1980, *op. cit.*

(30) Ministère des Transports, *Cent un réseaux urbains de transports collectifs : évolution 1975-1982*, CETUR, Paris, décembre 1983, 48 pages.

— d'autres recettes (produits commerciaux, publicité, etc. : 6 % en Région parisienne).

Dans le cas parisien au moins, la part des dépenses couverte par les recettes tarifaires n'a cessé de diminuer, 45 % en 1972 pour 34 % en 1983. Dans les villes de province, la part des dépenses couverte par les recettes tarifaires s'élevait à près de 90 % en 1968, mais à 57 % seulement en 1977 et à 46 % en 1982 (31). Le déficit est comblé par le versement-transport des employeurs et les collectivités locales. Par contre, le fonctionnement du métro de Lyon est légèrement excédentaire, alors que celui de Marseille est légèrement déficitaire.

Pour les réseaux de province, la participation des collectivités locales couvre 49 % des dépenses de fonctionnement, soit un peu plus que les recettes tarifaires. Cette situation financière s'est sensiblement dégradée récemment, puisqu'en 1975 encore, ce déficit n'était que de 28 % des dépenses de fonctionnement. Par contre, les autres produits commerciaux et la participation des entreprises ne couvraient, en 1982, que 4 % et 0,5 % des dépenses.

On peut évaluer (32) à partir de ces chiffres, la subvention de la collectivité aux différents modes de transport urbain à :

- 0,45 franc par voyageur-kilomètre et 2,20 francs par déplacement en métro (Paris) ;
- 0,34 franc par voyageur-kilomètre et 3,70 francs par déplacement en RER ;
- 0,34 franc par voyageur-kilomètre et 6 francs par déplacement en train SNCF (banlieue) ;
- 0,85 franc par voyageur-kilomètre et 2,10 francs par déplacement en autobus (Paris) ;
- 1 franc par voyageur-kilomètre et 3,10 francs par déplacement en autobus (banlieue) ;
- 0,60 franc par voyageur-kilomètre et 2 francs par déplacement en autobus (province).

Cet important déficit supporté par la collectivité mérite d'être expliqué. Il n'est pas dû à une baisse de la clientèle : en Région parisienne, depuis que la situation financière a commencé à se dégrader (1965), le trafic des trains de banlieue (SNCF et RER) a presque doublé, celui du métro est resté stable, la reprise du trafic sur les autobus parisiens a compensé la stagnation de celui des autobus de banlieue. Sur les réseaux urbains des villes de province, entre 1975 et 1983, le trafic a crû de plus de moitié. La dégradation de la situation financière tient, en fait, à trois raisons :

- la concentration de la demande aux heures de pointe a obligé à augmenter encore plus le service offert (mesuré en nombre de voitures-kilomètres ou en places-kilomètres) ; en Région parisienne, sur la période 1965-1985, le service offert a crû de 30 % pour les autobus, de 25 % pour le métro et de

(31) Ministère des Transports, 1983, *op. cit.*

(32) Cf. Pierre Merlin, 1984, *op. cit.*

Tableau 2. — Coûts de fonctionnement
(hors taxes, hors frais financiers et hors amortissements)

Moyen de transport	Réseaux	Places par voiture	Parcours moyen (en km)	Coût de fonctionnement (en F)		
				par voiture-kilomètre	par place-kilomètre	par voyageur-kilomètre
Métro	Région parisienne	159 (1)	4,9	18	0,12	0,85
RER	Région parisienne	280 (1)	11,0	27	0,10	0,80
SNCF	Région parisienne	200 (1) (2)	17,5	17 (2)	0,08 (2)	0,53
Métro	Lyon	128	2,5 (2)	16	0,12	0,6 (2)
Tramway	Province (réseaux existants)	104	4,5 (2)	34 (2)	0,33 (2)	0,9 (2)
Autobus	Paris	71	2,45	29	0,41	3,8
Autobus	Banlieue de Paris	71	3,14	23	0,32	5,2
Autobus	Agglomération de + de 700 000 hab.	70 (2)	3,9 (2)	18,0	0,26 (2)	4,1
Autobus	Agglomération de 300 000 à 700 000 hab.	70 (2)	3,5 (2)	16,5	0,24 (2)	4,2
Autobus	Agglomération de 100 000 à 300 000 hab.	70 (2)	4,8 (2)	13,0	0,19 (2)	4,1
Autobus	Agglomération de — de 100 000 hab.	70 (2)	2,4 (2)	11,5	0,16 (2)	3,6
Autobus	Province	70 (2)	3,3 (2)	15,0	0,21 (2)	4,0

(1) Sur la base de 6 voyageurs debout par voiture (ancienne norme).

(2) Estimation.

Sources : RATP, SNCF.

100 % pour la SNCF et le RER ; en province, entre 1975 et 1983, le service offre a crû de 62 % :

— les tarifs n'ont pas suivi l'augmentation des coûts : en Région parisienne, du 1^{er} janvier 1965 au 1^{er} janvier 1985, la comparaison des indices du coût de la vie et du prix du ticket de métro révèle que ce dernier n'a augmenté que de 2 % par an et est donc resté inférieur de 42 % à l'indice général ; sur les réseaux des villes de province, entre 1975 et 1982, la recette moyenne par voyageur a augmenté de 88 %, alors que l'indice des prix de détail a crû de 108 % ;

— l'accroissement, en francs constants, des frais de personnel, n'a été que partiellement compensé par des gains de productivité malgré les progrès techniques (automatisation de la conduite du métro, appareils d'oblitération des tickets) et les économies réalisées (autobus à un seul agent). Les effectifs de la RATP sont restés presque stables (6 % de croissance de 1949 à 1964, 3 % de 1964 à 1981, mais 9 % de 1981 à 1983), cependant l'effectif des pensionnés (environ 40 000 contre 39 000 personnes en activité) et le niveau des rémunérations n'ont pas permis l'amélioration du compte d'exploitation : entre 1965 et 1982, les recettes du trafic ont été multipliées par 5,16 et les frais de personnel (l'essentiel des frais de fonctionnement, on l'a vu) par 7,13. De même, sur les réseaux des villes de province, entre 1975 et 1982, les recettes de trafic ont été multipliées par 2,60, mais les frais de personnel par 3,65. Le nombre de voitures-kilomètres effectués par agent de la direction du réseau routier de la RATP a été de 9 000 en 1982 ; de 13 800 en ne prenant en compte que les agents des services généraux ; de 21 600 en ne prenant en compte que les agents roulants. Sur les lignes privées de l'Association professionnelle des transporteurs routiers, qui circulent il est vrai dans de meilleures conditions en grande banlieue, le nombre de voitures-kilomètres effectués (tous agents compris) a été à la même date de 18 000. Ces écarts montrent la très faible productivité, par agent, du réseau routier de la RATP.

Puisque les recettes du trafic ne représentent plus que la moitié des dépenses sur les réseaux des villes de province, et même le tiers sur les réseaux de la RATP, ne peut-on envisager, par la gratuité complète, de faire des économies de personnel (vente et contrôle des tickets) et, en attirant une clientèle détournée de l'emploi de l'automobile, de réduire considérablement les dépenses très élevées des investissements de voirie ? La question n'est pas purement théorique. Elle a été étudiée et expérimentée dans plusieurs villes : Atlanta, en 1972, a diminué le tarif de 0,40 dollar à 0,15 dollar (et rendu gratuite la correspondance) et a obtenu ainsi une croissance de 30 % du trafic, pour l'essentiel de nouveaux usagers dont les deux tiers utilisaient auparavant l'automobile, mais le déficit de fonctionnement a fait interrompre l'expérience. Bologne a institué, en 1973, la gratuité le matin et le soir (et toute la journée pour les étudiants et les retraités) : le trafic a augmenté de près de 50 %, mais le déficit a crû lui aussi de 50 %, etc. (33). Dans tous les cas cités, et dans d'autres expériences (Rome, Compiègne, etc.) ou études (Munich, Genève, Bâle), il est apparu que les économies d'investissements routiers ne compensaient pas l'énorme déficit de fonctionnement ainsi créé.

Dans les villes des pays en développement, malgré des salaires beaucoup plus faibles, l'équilibre financier n'est pratiquement jamais atteint. Une enquête de l'Union internationale des transports publics (34) a fait apparaître que, sur 27 réseaux, 2 seulement (Banjul en Gambie et Lusaka en Zambie) assuraient leur équilibre financier. Les causes principales de déficit, malgré une demande élevée et des taux de remplissage des véhicules le plus souvent très supérieurs à 1, semblent être (35) :

— des effectifs pléthoriques et par conséquent une très faible productivité : le nombre d'agents par véhicule dépasse souvent 10, voire 20 (Kigali, au Rwanda : 28), alors qu'il est de 6 sur le réseau routier de la RATP, où la productivité est pourtant très faible, et de 2,75 seulement sur les réseaux des villes de province en France ;

— un mauvais entretien du parc de véhicules, avec la pratique fréquente du « cannibalisme » (36) : à Kinshasa, au Zaïre, en 1976, sur 859 autobus, 237 étaient en « longue immobilisation » (inutilisables), 353 étaient en réparation, 97 étaient affectés à des « usages spéciaux » ; il n'en restait que 172 (20 % du parc) en service sur les lignes du réseau ; cet exemple, pour spectaculaire qu'il puisse paraître, n'est en rien exceptionnel ;

— une fraude importante, soit du fait des usagers, malgré la présence, presque systématique, d'un receveur itinérant soit du fait des receveurs ou encore de la société exploitante : il en résulte que les statistiques de trafic sont rarement fiables ;

— dans ces conditions, la faiblesse des tarifs, qui est réelle (ils sont de 5 à 10 fois plus faibles que dans les villes des pays développés), ne devrait être invoquée qu'une fois corrigées les sources structurelles de déficit.

Mais dans ces pays, les réseaux officiels ne représentent le plus souvent qu'une partie de l'offre de transport en commun. L'autre partie de cette offre est constituée par des minibus, taxis collectifs, fourgonnettes (*glabkas* d'Abidjan), camions équipés de banquettes (*dourou-dourounis* de Bamako, *fula-fulas* de Kinshasa et de Brazzaville), jeeps aménagées (*jeepneys* de Manille), et de tricycles motorisés (*auto-rickshaws* indiennes) ou non (*rikshaws* indiennes, *becaks* indonésiennes, etc.). Ces véhicules, qui ont tous la caractéristique de n'avoir pas été conçus pour un transport en commun, sont généralement exploités de façon artisanale par leur propriétaire (qui se relaie parfois avec un autre conducteur), parfois loués à des exploitants. Ils sont parfois autorisés, souvent simplement tolérés, quelquefois pourchassés par les pouvoirs publics. Ils présentent une très grande souplesse, sont plus rapides que les autobus officiels, coûtent le même prix ou un peu plus cher. Leurs coûts d'exploitation sont modérés, d'autant plus que leur exploitant ne sait pas toujours prendre en compte l'amortissement de son véhicule. La question de savoir s'il convient d'encourager leur développement au nom de leur indéniable efficacité, de leur popularité, des emplois qu'ils créent, ou de les décourager en raison de leur

(34) Cf. J. Podoski, *Planification et exploitation des transports...*, op. cit., UITP, Bruxelles, 1978, 23 pages.

(35) Cf. Pierre Merlin, *Les transports dans les villes des pays en développement*, Coopération et Aménagement, Paris, 1981, 186 pages.

(36) Pratique qui consiste, pour réparer un véhicule, à prélever des pièces sur un autre véhicule lui-même déjà endommagé.

insécurité, de leur responsabilité dans le désordre de la circulation, de la concurrence qu'ils ne manquent pas de faire aux transports en commun officiels (37) n'est pas encore tranchée.

Quant aux transports ferroviaires (métro), leurs coûts d'exploitation sont généralement assez élevés, tout comme leurs coûts de construction. Ils ne seront donc adaptés qu'à de très grandes agglomérations (on peut largement doubler le seuil d'un million d'habitants à partir duquel un métro peut être envisagé, dans des pays disposant déjà d'un niveau minimal de ressources). Dans les autres cas, si des moyens de transport à forte capacité s'avèrent, après étude, indispensables, il vaudra mieux s'orienter vers la réutilisation d'infrastructures ferroviaires existantes (Abidjan, Kinshasa) ou vers des solutions plus légères et donc moins coûteuses, telles que le tramway, les voies réservées aux autobus sur autoroute ou les autobus en site propre en milieu urbain (Curitiba au Brésil) qui peuvent accroître considérablement la capacité des transports en commun, sans créer de congestion excessive, et pour un montant d'investissement raisonnable.

Comparaison économique automobile/transport en commun

Une comparaison entre ces deux grands modes de transport doit se situer sur le plan des coûts de fonctionnement, sur celui des investissements, mais aussi sur celui des économies d'énergie (le problème des coûts sociaux étant abordé plus loin).

Les investissements

Cette comparaison a été effectuée pour la première fois en 1966 (38). Souvent citée, mais aussi fréquemment occultée, ce n'est qu'en 1982 (39) qu'elle a été mise à jour, toujours dans le cas de la Région parisienne. En 1984 (40), elle a été complétée pour le cas d'une ville moyenne. Les deux tableaux (voir tableaux 3 et 4) actualisés pour 1985, issus de cette dernière étude, concernent l'un la Région parisienne, l'autre une grande agglomération (500 000 à un million d'habitants). L'indicateur retenu est le rapport :

Investissement

Voyageur supplémentaire en heure de pointe

(37) Voir deuxième partie, chapitre 3.

(38) Cf. Pierre Merlin, *Les transports parisiens*, Masson, Paris, 1967, 496 pages.

(39) Cf. Pierre Merlin, 1982, op. cit.

(40) Cf. Pierre Merlin, 1984, op. cit.

Tableau 3. — Région parisienne. Coûts d'investissements et capacités comparées par moyen de transport (En francs 1985, hors taxes)

Moyen de transport	Automobile (autoroute 2 fois 3 voies)	Autobus en site propre				
		RER	Métro	Tramway moderne	60 (2) × 77 (3)	60 (2) × 77 (3)
Capacité horaire par sens (voyageurs)	3 fois 1 600 = 4 800 voitures × 1,32 = 6 300 (1)	30 (2) × 1 700 (3) = 51 000 (4)	40 (2) × 3 600 (3) = 24 000 (4)	60 (2) × 168 (3) = 10 000	60 (2) × 77 (3) = 4 600	60 (2) × 77 (3) = 4 600
Coût de construction d'un kilomètre (millions de francs) :						
— dans Paris	1 000 (6)	850	480	150 (6)	75 (6)	75 (6)
— en proche banlieue	480	100	260	100 (6)	50 (6)	50 (6)
— en moyenne banlieue	300	75	180	65	32	32
— en grande banlieue	50	—	—	30 (6)	15	15 (6)
— hors agglomération	30	—	—	—	—	—
Coût d'une double radiale traversant Paris (5) (millions de francs)	18 590	17 250	8 880	3 010 (6)	1 500 (6)	1 500 (6)
Matériel roulant par voyageur (francs)	40 000 (7)	25 000 (4)	25 000 (4)	40 000	10 000	10 000
Stationnement dans Paris par personne (francs)	60 000 (8)	0	0	0	0	0
Investissement par personne transportée en heure de pointe (francs)	1 575 000	194 000	210 000	190 000	173 000	173 000

(1) Taux moyen d'occupation des véhicules : 1,32 (Enquête globale de transports 1976) ; 1 600 = débit horaire moyen.

(2) Nombre de voyages effectués en 1 heure par chaque moyen de transport.

(3) Nombre de places pour chaque moyen de transport.

(4) Sur la base de 4 voyageurs debout par m² (l'ancienne norme était de 6).

(5) Et se prolongent de part et d'autre jusqu'à 30 kilomètres du centre pour l'autoroute et le RER ; à 15 kilomètres du centre pour le métro, le tramway et l'autobus en site propre.

(6) Estimations très approximatives.

(7) Véhicule de 53 000 francs occupé par 1,25 personne en moyenne.

(8) Emplacement à 45 000 francs occupé par 1,25 personne en moyenne.

N.D. N° 4797

Tableau 4. — Grande agglomération. Coûts d'investissement et capacités comparées par moyen de transport

(En francs 1985, hors taxes)

Moyen de transport	Automobile (autoroute 2 fois 2 voies)	Métro	Tramway moderne	Autobus en site propre
Capacité horaire par sens (voyageurs)	2 × 1 600 = 3 200 voitures × 1,25 = 4 000 (1)	20 × 400 = 8 000 (2)	30 × 168 = 5 000 (2)	30 × 77 = 2 300 (2)
Coût de construction d'un kilomètre (3) (millions de francs)				
— dans le centre	320	320	70	35 (3)
— en banlieue proche	105	160	50	25 (3)
— en banlieue éloignée	75	60	30 (3)	15 (3)
Coût d'une double radiale traversant le centre (4) (millions de francs)	2 875	3 000	900 (3)	450 (3)
Matériel roulant par voyageur (francs)	42 500 (5)	30 000 (2)	40 000	10 000
Stationnement au centre par personne (francs)	36 000 (6)	0	0	0
Investissement par personne transportée en heure de pointe (francs)	438 000	217 500	130 000	108 000

(1) Taux moyen d'occupation des véhicules : 1,25 (Source : enquêtes ménages et CETUR).

(2) Sur la base de 4 personnes par m² ; les fréquences retenues peuvent être doublées en cas de demande suffisante.

(3) Estimations sommaires.

(4) Jusqu'à 10 kilomètres du centre de part et d'autre.

(5) Véhicule de 53 000 francs occupé par 1,25 personne en moyenne.

(6) Emplacement à 45 000 francs occupé par 1,25 personne en moyenne.

C'est en effet à l'heure de pointe que la question de la capacité des réseaux est posée.

— Les résultats sont très clairs :

— le coût des investissements est très voisin, en Région parisienne, pour une autoroute 2 fois 3 voies et une ligne de RER ; en province, pour une autoroute 2 fois 2 voies et une ligne de métro ;

— mais la capacité de la ligne du RER est huit fois plus élevée que celle de l'autoroute 2 fois 3 voies, ce qui conduit à un investissement par personne supplémentaire en heure de pointe huit fois plus faible ; en province, la capacité de la ligne du métro est double (en théorie, elle peut même être quatre fois plus élevée avec des fréquences plus grandes — de 20 à 40 passages horaires —,

mais cette capacité ne serait pas utilisée), ce qui conduit à un investissement par personne deux fois plus faible ;

— l'avantage en termes d'investissement marginal par rapport à la capacité supplémentaire en heure de pointe est donc très net dans les grandes villes et devient écrasant dans les très grandes agglomérations ;

— l'investissement ramené à la capacité est, dans les très grandes agglomérations, très voisin pour les différents modes de transport en commun ; il convient donc d'ajuster l'investissement à la capacité nécessaire ; dans les grandes villes, le métro apparaît comme sensiblement plus cher que le tramway ou l'autobus en site propre : il faut donc éviter tout surinvestissement ou adopter des solutions évolutives (autobus en site propre pouvant laisser la place ultérieurement à un tramway : tramway moderne pouvant être transformé ensuite en métro, selon le modèle de Bruxelles).

Les coûts de fonctionnement

Pour l'usager, le coût marginal d'un déplacement en automobile a été estimé à 4,60 francs en Région parisienne et à 2,40 francs dans les villes de province. Ramené au kilomètre par personne transportée (1,32 en moyenne en heure de pointe en Région parisienne ; 1,25 en province), ce coût est respectivement de 0,83 franc et 0,88 franc.

Dans les transports en commun, le coût moyen d'un déplacement s'élève, en 1985, à 1,90 franc dans une ville moyenne ; 2,50 francs dans une grande agglomération (Lille, Lyon ou Marseille) ; 2,21 francs sur le réseau de la RATP. Ramenés au voyageur-kilomètre, ces coûts s'élèvent à : 0,60 franc environ dans les villes moyennes, 0,65 franc dans une grande agglomération, et 0,32 franc seulement en Région parisienne (chiffre très faible lié au fait que les usagers ne paient que le tiers du prix de revient contre la moitié en province).

Les transports en commun sont donc, pour l'usager, sensiblement moins chers, mais cet écart est à peine d'un tiers en province, alors qu'il atteint 60 % en Région parisienne.

Cependant, une part importante des coûts de fonctionnement n'est supportée ni par l'usager des transports en commun, ni par l'automobiliste. Pour les premiers, la subvention de la collectivité (Etat, collectivités locales, taxe sur les entreprises de l'agglomération) s'élève à 0,45 franc par voyageur-kilomètre en Région parisienne (RATP et SNCF) et à 0,60 franc en moyenne sur les réseaux de province. La subvention par déplacement est de 3,11 francs pour 6,9 kilomètres en Région parisienne et de 2 francs pour 3,3 kilomètres en province.

L'Etat prend également en charge les frais de fonctionnement de l'automobile sous forme de dépenses d'entretien de voirie, d'éclairage et de police.

Ces coûts peuvent être estimés à 1,70 franc par déplacement en Région parisienne et à environ 1 franc en province, ou à 0,31 franc et 0,36 franc par voyageur-kilomètre.

La subvention de la collectivité est donc plus élevée pour les transports en commun que pour l'automobile, et cela tant en Région parisienne que dans les villes de province. Mais l'ordre de grandeur est le même, et ce n'est que depuis la dégradation récente de l'équilibre financier des transports en commun (deux décennies en Région parisienne, une seule en province) que ces derniers sont plus coûteux que l'automobile en matière de fonctionnement pour la collectivité.

Ces conclusions, établies pour le cas français, peuvent-elles être généralisées ? Dans les villes des autres pays développés, la collectivité apporte les mêmes services, en général gratuits, à l'automobile (les péages et taxes de stationnement sont cependant plus répandues en Amérique du Nord). Les subventions d'équilibre aux transports en commun sont quasi généralisées, mais le cas de Paris, où les usagers ne paient que le tiers du coût réel, est un cas extrême. Sur un plan général, la collectivité subventionne donc autant l'automobile que les transports en commun et l'ordre de grandeur (par voyageur-kilomètre) de ces subventions est le même pour les deux familles de moyens de transport.

Dans les pays en voie de développement, la collectivité assure les mêmes services gratuits à l'automobile. Les transports en commun sont également presque toujours subventionnés. Mais, alors que les coûts de l'automobile sont du même ordre de grandeur que dans les pays développés (voire plus élevés, car répartis entre un plus petit nombre d'usagers), ceux des transports en commun sont au moins cinq fois plus faibles qu'en Europe ou en Amérique du Nord, essentiellement en raison de la faiblesse des salaires. La subvention de la collectivité, par déplacement ou par voyageur-kilomètre, est donc beaucoup plus élevée, dans ces pays, pour l'automobile.

Les dépenses énergétiques

Sur le plan économique, les dépenses d'énergie sont évidemment comptabilisées dans les dépenses de fonctionnement : elles représentent une part importante pour l'automobile, assez réduite pour les transports en commun. Mais la crise de l'énergie a conduit à faire de l'économie d'énergie un enjeu à part entière. Il est donc important d'éclairer les possibilités offertes en ce domaine par chaque mode de transport.

L'ouvrage de référence sur ce plan est le rapport de l'ingénieur général des Ponts et Chaussées Pierre Merlin (41). Celui-ci rappelait qu'en 1973, juste avant la crise de l'énergie, plus du quart de la consommation française de pétrole (30 millions de tonnes sur 116) était utilisée pour les transports (dont la moitié pour les véhicules individuels et le quart pour les poids lourds routiers).

(41) Cf. Pierre Merlin, *Comment économiser l'énergie dans les transports*, La Documentation française, Paris, novembre 1976, 62 pages. (Ne pas confondre l'ingénieur général Merlin avec l'auteur du présent ouvrage et des autres documents cités en référence).

A partir des Comptes des transports de la Nation, il estimait les consommations unitaires par moyen de transport, en équivalents gramme de pétrole par kilomètre parcouru à :

- 90 grammes (soit 65 par passager) pour l'automobile en usage urbain ;
- 25 grammes pour la motocyclette ;
- 20 à 30 grammes pour le métro par passager ;
- 18 grammes pour le train de banlieue par passager ;
- 16 à 20 grammes pour l'autobus par passager ;
- 16 grammes pour le tramway par passager ;
- 10 grammes pour les cyclomoteurs par passager.

Même si la consommation d'essence des automobiles paraît sous-estimée en ville dans ce rapport, il fait apparaître que les transports en commun consomment au moins trois fois, et probablement quatre fois, moins d'énergie par voyageur-kilomètre que l'automobile. En outre, les transports ferrés (et les trolleybus) utilisent de l'électricité qui n'est pas nécessairement produite à partir du pétrole.

Certes, les dépenses d'énergie peuvent évoluer par :

- la réduction de la consommation : des progrès importants ont été effectués depuis les débuts de la crise de l'énergie et se poursuivront encore dans l'avenir ;
- l'adoption d'autres sources d'énergie :
 - le gaz (utilisé dans certains pays) pose, cependant, des problèmes de sécurité,
 - l'électricité, mais le poids des accumulateurs et la nécessité d'une recharge quotidienne en limitent l'emploi à des usages précis (utilitaires surtout) (42).

Par conséquent, même si le rapport de 1 à 4 en faveur des transports en commun peut être réduit, la forte consommation d'énergie (pétrolière) par automobile est un argument fort pour donner la priorité aux transports en commun.

Dans les pays en développement, l'occupation moyenne des véhicules, surtout des transports en commun, réduit les consommations unitaires. Le taux moyen d'occupation des autobus atteint souvent 100 % (voire plus aux heures de pointe), alors qu'il est souvent inférieur à 20 % dans les villes des pays développés ; même si le taux moyen d'occupation des automobiles s'élève à 2 dans certaines villes, le rapport de la consommation énergétique est au moins de 1 à 10 en faveur des transports en commun. L'enjeu énergétique, de ce fait, est donc encore beaucoup plus important que dans les pays développés, d'autant que ces pays manquent presque tous d'énergie et de devises pour l'importer.

Conclusion : l'automobile coûte très cher à la collectivité

Sur le plan économique, les conclusions à tirer de la comparaison des coûts en matière de politique de transport urbain sont donc très nettes.

— Les investissements pour accroître la capacité sont beaucoup plus élevés pour l'automobile que pour les transports en commun. Cet écart, déjà important dans une ville moyenne, devient écrasant dans une métropole. Mais, même pour les transports en commun, le coût élevé des infrastructures doit conduire à éviter toute surcapacité, donc tout surinvestissement, par exemple en recourant à des solutions progressives : autobus en voie réservée, puis en site propre, transformation ultérieure en tramway, puis en pré métro, enfin en métro, au fur et à mesure de la croissance de la demande.

— Le fonctionnement est subventionné par la collectivité, dans des proportions comparables pour les différents modes de transport. Les subventions aux transports en commun apparaissent comme le prix à payer par la collectivité pour éviter des investissements massifs qui seraient encore plus coûteux et ne seraient utilisés qu'aux heures de pointe, en voirie urbaine. C'est aussi la condition pour économiser l'espace urbain et réduire les nuisances.

— Le coût en énergie est beaucoup plus élevé pour l'automobile que pour les transports en commun : trois à quatre fois dans les pays développés, dix fois au moins dans les pays en développement.

Ce bilan paraît très défavorable à l'automobile. Est-ce à dire qu'il faut éviter tout investissement routier, et décourager l'emploi, voire la possession d'une automobile ? En fait, au moins dans les pays développés, l'automobile favorise la mobilité et l'accès aux facilités offertes par la ville : sa possession ne saurait être découragée ; mais son usage doit être limité pour éviter les embouteillages aux heures de pointe dans le centre et sur les axes radiaux. L'automobile nécessite des investissements très coûteux qui ne sont utilisés qu'aux heures de pointe. Un niveau de base d'investissement de voirie, correspondant aux besoins des heures creuses de la journée est donc souhaitable ; il reviendra aux transports en commun d'y faire face. Ces conditions d'exploitation très défavorables engendreront nécessairement un déficit de fonctionnement. Cette charge sera toutefois moins coûteuse que le surinvestissement dans la voirie urbaine, à destination de l'automobile.

Première partie / chapitre 4

Les transports et l'environnement urbain

La planification des transports urbains n'est pas seulement une question économique et un problème d'offre et de demande doublé de la recherche d'un optimum financier. Les transports consomment aussi de l'espace et favorisent le développement de telle ou telle forme d'urbanisation qui, à son tour modifie l'espace urbain. Ils occasionnent aussi des nuisances (bruit, pollution atmosphérique, insécurité) qui modifient considérablement la « qualité de la vie » des habitants des quartiers traversés. La planification des transports est donc au moins autant l'affaire des urbanistes que des économistes.

Consommation d'espace et congestion

La consommation d'espace

L'espace utilisé par les transports dans une ville est très variable et mal apprécié : les chiffres publiés ne sont pas toujours homogènes. Sous cette réserve, indiquons que la surface de la voirie (trottoirs compris) représente 18 % de l'espace urbain à Tokyo, 21 % à Londres, 23 % à Paris, mais atteint 69 % dans le centre de Los Angeles (27 % de voirie, 10,5 % de trottoirs et 32 % pour le stationnement). Par contre, les emprises ferroviaires, celles des fleuves, etc., représentent 14 % à Paris et presque rien dans la métropole sud-californienne. L'espace « utile » (logements, activités, équipements) occupe 62 % du sol à Paris et 30 % à Los Angeles.

Ces chiffres très simples et imprécis mettent en évidence trois faits :

- des situations très différentes se rencontrent entre les villes traditionnelles et les villes récentes qui se sont développées largement en fonction de l'automobile ;
- même dans ces dernières villes (Los Angeles en est une des meilleures illustrations), la circulation et le stationnement automobile sont problématiques, bien que plus des deux tiers de l'espace leur soient consacrés ;

— une adaptation des villes anciennes à l'automobile suppose un bouleversement profond de la répartition de l'utilisation du sol et donc, comme l'avait montré dès 1963 le chapitre du rapport Buchanan consacré au centre de Londres (1), la reconstruction complète, au moins du centre des grandes villes, Londres.

Si la fonction transport peut être assurée, à Paris, Londres ou Tokyo, en consommant trois à quatre fois moins d'espace qu'à Los Angeles, c'est parce que les différents moyens de transport sont très inégalement consommateurs d'espace.

L. Marchand et A. Schmider, de la RATP, ont comparé les différents moyens de transport en fonction de la surface utilisée et de la durée de cette utilisation. L'unité est le mètre carré par heure (2). Le tableau 5 montre que l'automobile consomme huit fois plus d'espace que l'autobus en heure de pointe (trois fois plus en heure creuse). La consommation d'espace d'un métro souterrain est nulle. Celle d'une ligne ferrée au sol (type RER) est double de celle de l'autobus, mais quatre fois plus faible que celle de l'automobile (3).

Il faut combiner la consommation d'espace à l'arrêt et en mouvement. L'avantage des transports en commun est alors encore plus net, puisqu'ils stationnent très brièvement en bout de ligne : il est de 1 à 10 en heure creuse, de 1 à 30 en heure de pointe. Cela conduit à rechercher :

— une réduction de l'espace consommé par l'automobile, soit en réduisant sa dimension, soit en limitant sa durée de stationnement dans le centre, ou encore en multipliant le nombre de passagers sur les trajets radiaux en heure de pointe (covoiturage) (4) ;

— une priorité, surtout là où l'espace est rare (dans le centre et sur les axes radiaux aux heures de pointe), aux transports peu consommateurs d'espace (transports en commun, marche, voire bicyclettes), grâce à :

- une politique d'aménagement de la voirie pour favoriser les piétons (voies piétonnières), les véhicules à deux roues légers (pistes cyclables), les autobus (voies réservées, voies en site propre) et les tramways ;

- une politique de gestion de l'espace de stationnement, surtout dans le centre.

Les cycles et les piétons n'ont pas toujours bénéficié de cette priorité. Alfred Sauvy pouvait écrire en 1968 : « Il n'y a pas encore de démocratie de la rue » (5). Cela reste encore largement vrai malgré la création de centres piétonniers dans de nombreuses villes de France et d'Europe : ces zones piétonnières, généralement rejetées par les commerçants à leur création, s'avèrent presque toujours très favorables à leurs affaires. Mais elles ne concernent qu'une

(1) Cf. Colin Buchanan et divers, *Traffic in Towns : a Study of long term problems*, HMSO, Londres, 1963. Traduction française : *L'automobile et la ville : étude des problèmes à long terme que pose la circulation dans les zones urbaines*, Imprimerie Nationale, Paris, 1965.

(2) Cf. André Schmider, « L'espace public, un bien public », dans *Metropolis*, vol. III, février 1977, p. 55-57. Et travaux non publiés de L. Marchand.

(3) Voir première partie, chapitre 5.

(4) Cf. Alfred Sauvy, *Les quatre roues de la fortune*, Flammarion, Paris, 1968, 249 pages. Voir aussi, sur un plan plus général : Michel Bigey et André Schmider, *Les transports urbains*, Editions Universitaires, Paris, 1971, 131 pages.

(5) Op. cit.

part infime de l'espace urbain. Quant aux cycles, ce n'est pas la très timide création, par la mairie de Paris, fin 1982, des « bandes vertes » non matérialisées, qui constitue l'amorce d'une politique en ce sens. D'autres pays européens (les Pays-Bas et le Danemark surtout) ont par contre laissé à la bicyclette une place comparable — en volume de trafic — à celle de l'automobile.

Tableau 5.

A. Consommation d'espace selon le moyen de transport

Moyen de transport	Surface à l'arrêt (m ²)	Nombre moyen de passagers (en pointe)	Surface à l'arrêt par passager (m ²)	Surface en mouvement par km parcouru	Surface en mouvement par passager-km
Piéton	0	1	0,3	0,4 m ² × h	0,4 m ² × h
Bicyclette	1,5	1	1,5	1,5 m ² × h	1,5 m ² × h
Automobile	10	1,25	8,0	3,0 m ² × h	2,4 m ² × h
Autobus	30	30	1,0	9,0 m ² × h	0,3 m ² × h
RER					0,66 m ² × h

B. Consommation d'espace totale pour un déplacement radial de 10 kilomètres dans une très grande agglomération (Paris) selon le moyen de transport

Moyen de transport	Motif du déplacement	Taux d'occupation du véhicule	Espace de circulation (m ² × h)	Espace de stationnement (m ² × h)	Espace total consommé (m ² × h)
Automobile	Migrations alternantes	1,25	24	72	96
Automobile	Autre motif	1,5	20	13,3	33,3
RER + métro	Tous motifs	1 700 × 15 rames/heure	4	0	4
Autobus	Tous motifs	30	3	0,1	3,1

La première partie de ce tableau (sauf pour le RER) est extraite de André Schmider, op. cit.

Quant à la priorité aux autobus en couloir réservé, elle est justifiée si leur capacité dépasse celle des automobiles exclues, soit 2 000 voyageurs sur autoroute par voie et 1 000 sur une voie urbaine à feux tricolores (80 et 40 autobus (6) à l'heure, respectivement, avec 25 passagers (7) par autobus en heure de pointe).

(6) Le nombre de 40 autobus à l'heure en couloir réservé n'est pas toujours atteint ce qui explique que de nombreux automobilistes acceptent mal (et respectent mal) cette voie en site propre.

(7) Ce chiffre ne doit pas paraître faible, car pour un autobus circulant dans le sens de la pointe (donc, avec un nombre élevé de passagers), il y en a un autre qui circule en sens inverse (donc relativement vide).

La politique de stationnement

La politique de stationnement a pour objet, à la fois, d'assurer la meilleure utilisation de l'espace, en tout cas la plus conforme à la politique d'urbanisme choisie, mais aussi de réguler les flux de circulation qui peuvent pénétrer dans le centre.

A cette fin, il faut distinguer quatre types de stationnement.

- Le stationnement nocturne (celui des résidents). Il ne peut être interdit si, par ailleurs, est admis le principe de la possession de l'automobile, source et moyen de la mobilité, donc de l'accès aux opportunités offertes par la ville. Cela suppose la construction de places de garage liées aux logements, comme le prévoit la réglementation. Mais, dans les quartiers anciens, le déficit en garages est important. Il faut offrir des solutions alternatives (tarif préférentiel de stationnement sur la voirie, achat ou location dans un autre quartier à des conditions avantageuses...).

- Le stationnement diurne (celui des migrants quotidiens). C'est, on l'a vu, le plus consommateur d'espace. Il convient donc de le décourager :

- en limitant les constructions de parcs de stationnement liés aux activités dans le centre ;

- en faisant payer cher le stationnement sur la voie publique (ou en l'interdisant plus de 2 heures, par exemple).

- Le stationnement de courte durée (déplacements d'affaires, achats, loisirs, etc.). Ces déplacements sont nécessaires aux activités du centre urbain (bureaux, commerces, salles de spectacles, etc.). Il faut donc les encourager :

- par un stationnement peu coûteux sur la voie publique ;

- par une politique globale de stationnement qui assure une rotation suffisamment rapide des véhicules.

- Le stationnement de livraison. Indispensable aux activités commerciales, il doit être réglementé et faire l'objet d'une stricte surveillance : livraisons le matin seulement dans le centre ; fortes sanctions contre le stationnement en double file ou en pleine voie lorsque des emplacements libres sont disponibles, etc.

Le stationnement payant — et le niveau des tarifs — apparaît donc comme un moyen privilégié d'une telle politique. On lui a souvent objecté qu'il constituait une « sélection par l'argent ». L'argument est faible : réservé le droit de venir travailler au centre en automobile à ceux dont l'employeur offre une place de garage dans une cour d'immeuble ou ailleurs, et à ceux qui peuvent payer les contraventions, n'est pas plus égalitaire. En outre, le stationnement abusif nuit à tous, et en particulier aux usagers des autobus, souvent moins aisés que les automobilistes. Enfin, les taxes de stationnement peuvent être utilisées par la collectivité pour des aménagements utiles à tous.

Mais le stationnement payant ne doit pas être aveugle. Il doit être modulé :

- selon les quartiers (plus cher au centre) ;

- selon la durée : coût nul ou faible pour une durée réduite (2 heures au maximum) ; coût élevé (ou interdiction) pour une durée longue.

Le coût de la congestion

La congestion de la voirie a un coût : celui du temps perdu par les usagers et celui du carburant consommé en excès. Certes, ce coût de congestion est déjà intégré au coût généralisé du déplacement de l'usager qui la subit ; mais c'est un coût social qu'il est intéressant d'isoler. Frebault (8) l'avait, en 1968, estimé à plus de 1 franc par véhicule-kilomètre sur voirie saturée. L'actualisation de ce chiffre conduirait à au moins 6 francs en 1985. Le coût de congestion peut être estimé, en heure de pointe, à 1 franc par voyageur-kilomètre.

Il faut manier ces chiffres avec prudence : le coût de congestion est compris dans le coût généralisé, et il faut donc éviter de l'additionner à celui-ci ; les estimations précédentes ne valent qu'en cas de voirie totalement saturée.

La limitation de la circulation

Le coût des investissements qui seraient nécessaires à une libre circulation en automobile, tout comme les contraintes d'espace, obligent donc à limiter la circulation automobile, au moins aux heures de pointe, dans le centre et sur les axes radiaux.

Outre la politique de stationnement, on peut recourir à plusieurs mesures.

- La taxation des véhicules mais, si celle-ci est trop lourde, elle sera contraire au principe de la libre possession d'un véhicule par les ménages ; en outre, cette méthode ne fait pas la distinction entre le lieu et l'heure d'emploi des véhicules.

- L'interdiction de la circulation ne se conçoit que dans des zones restreintes (zones piétonnières) et avec des transports en commun de substitution. Il est possible, par contre, d'empêcher la pénétration, en automobile, dans les secteurs surchargés (centre).

- L'interdiction de stationner dans le centre est pratiquée aux Etats-Unis et suppose des mesures d'accompagnement : construction de parcs de stationnement payant, en particulier.

- La taxation de la circulation dans le centre ou sur les axes radiaux est sans doute la solution la plus satisfaisante mais suppose qu'on résolve plusieurs difficultés :

- méthodologiques : quels coûts facturer (coût de congestion, coût des nuisances ?) ;

- techniques : comment mesurer ces coûts à facturer ?

- politiques : comment vaincre les réticences du public et les actions du groupe de pression de l'automobile ?

- sociaux : comment éviter la sélection par l'argent ?

(8) Voir le rapport de la Commission d'étude des coûts d'infrastructures de transports (rapport Hautreux) : *Sur les coûts et la tarification des transports urbains*, ministère de l'Équipement et du Logement et ministère des Transports, Paris, février 1969, 112 pages + annexes.

Plusieurs techniques sont envisageables (9) :

- les compteurs (impulsions électroniques au passage de points de péage, gérées par ordinateur avec identification du véhicule et facturation) ;
- le péage à l'entrée de la zone limitée, mais il crée des troubles près des points de perception ;
- le permis de circuler dans la zone centrale est appliqué à Singapour depuis 1975. Il est exigé pour pénétrer dans le centre (500 hectares) aux heures de pointe du matin (de 7 h 30 à 10 h 15) et coûte environ 150 francs par mois. Des parcs de stationnement (2 000 places) à la limite du centre et des navettes d'autobus (rapides et confortables) ont été créés (55 francs par mois pour le stationnement et la navette). Par contre, le stationnement dans le centre est coûteux (1 franc la première heure, 2 francs la seconde, puis 4 francs l'heure ou 130 francs par mois). Ces mesures restrictives ne concernent pas les autobus, les véhicules commerciaux, les deux-roues et les véhicules transportant au moins 4 personnes, favorisant ainsi le covoiturage (et évitant la sélection par l'argent), mais les taxis y sont soumis. Les entrées dans le centre, le matin, ont diminué de 73 % ; le covoiturage a crû de 60 %, la vitesse aux heures de pointe a augmenté de 22 % dans le centre et de 10 % sur les axes radiaux.

Ce système répond bien aux multiples objectifs visés : limiter l'accès au centre pour les migrants en automobile aux heures de pointe ; ne pas décourager l'accès pour d'autres motifs et ne pas nuire aux activités économiques du centre ; ne nécessiter aucune subvention (les permis paient le déficit des navettes et du stationnement en bordure du centre) ; être d'une mise en œuvre facile.

La ville de Besançon a décidé, en 1974, plusieurs mesures qui se renforcent mutuellement :

- organisation de la circulation visant à rendre presque impossible le trafic de transit dans le centre, et aménagement d'une rocade périphérique autour du centre ;
- interdiction de la circulation dans certaines voies ;
- priorité aux transports en commun, augmentation des fréquences et de l'amplitude des services (6 h à 24 h et le dimanche), desserte particulière du centre par omnibus, etc. ;
- aménagements piétonniers : voies piétonnières, élargissement des trottoirs...

Les déplacements en transports en commun ont augmenté de 56 %. Plus du tiers de la nouvelle clientèle des autobus — qui ont gagné en régularité — vient de l'automobile et des deux-roues. La très grande majorité des usagers (91 %) se déclare satisfaite de ces mesures et demande (73 %) une priorité encore plus grande aux transports en commun (10).

(9) Cf. Pierre Merlin, *Les transports dans les villes des pays en développement*, Coopération et Aménagement, Paris, 1981, 186 pages.

(10) Cf. C. Bourgin et A. Bieber, *Le suivi de l'expérience de Besançon : premiers éléments de synthèse*, IRT, Paris, décembre 1975, 88 pages.

Les nuisances causées par les transports et leur coût social

Nature des nuisances

Les transports ont un autre effet négatif sur l'environnement : les nuisances qu'ils occasionnent (bruit, pollution atmosphérique, pollution des eaux, nuisances esthétiques, etc.). Les transports sont la source principale de bruit et de pollution atmosphérique (avant même, dans la plupart des villes, l'industrie ou le chauffage).

Pour le bruit, on estime qu'il y a gêne à partir de 60 décibels. Or les 80 décibels, soit une pression acoustique dix fois plus élevée, d'après les spécialistes, sont couramment atteints sur une voie animée, et les 90 décibels aux carrefours les plus fréquentés. La gêne due au bruit est d'abord psychologique (perturbation, mécontentement), puis fonctionnelle (il trouble le sommeil, le travail ou la parole), enfin physiologique (il a des effets sur l'audition, il cause une fatigue) à partir de 75 décibels. Si le bruit de la circulation, dû essentiellement au moteur à faible vitesse et au roulement des pneus à vitesse élevée, est le plus important en milieu urbain, le bruit des transports ferroviaires ne doit pas être négligé : un train ou un métro crée un bruit de 85 décibels à 7,5 mètres et de 75 décibels à 30 mètres, mais la gêne ainsi créée est très localisée (11).

La pollution atmosphérique est de nature très diverse. Les principaux polluants sont :

- le monoxyde de carbone (CO) qui bloque l'oxygénation des tissus ;
- les oxydes d'azote (NO et NO₂ surtout) qui entraînent des troubles respiratoires ;
- les hydrocarbures qui irritent les yeux et les muqueuses et dont certains (le 3-4 benzopyrène) sont cancérogènes ;
- les composés sulfureux (SO₂ notamment) qui s'attaquent aux poumons ;
- les dérivés du plomb qui entraînent de graves troubles neurologiques, mais aussi ceux du phosphore, les fumées, les poussières, etc.

Une forme extrême de la pollution atmosphérique — le *smog* — résulte de la combinaison du brouillard (*fog*) avec les fumées (*smoke*) et autres émissions gazeuses (12). Mais la principale pollution due à la circulation automobile demeure l'émanation de monoxyde de carbone et de dérivés du plomb. Pour les transports en commun, seuls les autobus entraînent une pollution (encore que la production de l'électricité, utilisée par les transports ferroviaires, entraîne une pollution dans les régions où sont implantées les centrales thermiques et

(11) Cf. OCDE, *Effets de la circulation et des routes sur l'environnement des zones habitées*, Paris, 1973, 103 pages. Voir aussi : Michel Frybourg et divers, *Automobiles et nuisances : pour un programme d'action*, La Documentation française, Paris, 1971, 97 pages.

(12) Un *smog* particulièrement épais a sévi dans la Ruhr (RFA) en janvier 1985, obligeant les autorités à ordonner l'arrêt de certaines activités industrielles et de la circulation automobile.

nucléaires). Les autobus eux-mêmes, étant équipés le plus souvent de moteurs diesels, polluent dix à vingt fois moins par usager que l'automobile (sauf peut-être en ce qui concerne les oxydes d'azote).

Le coût social des nuisances

Comment évaluer, en termes monétaires, les nuisances causées par les transports ? Deux méthodes peuvent être retenues :

— le coût d'évitement consiste à déterminer le coût des mesures nécessaires pour que la nuisance soit supprimée ou ne soit plus perçue ;

— le coût de réparation est le coût des mesures nécessaires pour réparer les effets de la nuisance.

La première tentative, en France, pour évaluer le « coût social » des nuisances des transports urbains a été entreprise par Jean-Marie Beauvais (13) dans le cas de la Région parisienne, puis reprise par la RATP (14), ensuite par Pierre Merlin (15), toujours à partir du cas de la Région parisienne, en utilisant notamment les éléments réunis dans le rapport Frybourg (16).

En ce qui concerne le bruit, la méthode du coût d'évitement conduit à déterminer la dépense nécessaire pour rendre le véhicule non (ou moins) bruyant et à la rapporter à un déplacement ou à un voyageur-kilomètre.

Quatre estimations du coût social du bruit ont été effectuées : l'une par le coût de transformation des automobiles (évitement); la deuxième par le coût d'insonorisation des bâtiments (méthode intermédiaire), la troisième par le coût pour le système de santé (réparation), la quatrième par la dépréciation du patrimoine immobilier soumis au bruit. Les quatre méthodes convergent autour d'une estimation de 0,10 franc par véhicule-kilomètre (0,08 franc par voyageur-kilomètre).

Le bruit causé par les autobus a pu, de même, être estimé à 0,15 franc par véhicule-kilomètre ou 0,01 franc par voyageur-kilomètre ; le coût des transports ferroviaires, parce qu'il ne touche qu'une faible population, est plus faible.

Pour la pollution de l'air, la méthode du coût d'évitement conduit à concevoir un véhicule non polluant, par exemple à moteur électrique, ou, à défaut, à réduire les taux de polluants des gaz d'échappement du moteur à explosion, par exemple en utilisant des pots d'échappement dits « catalytiques » parce qu'ils réduisent les polluants par double catalyse.

La réglementation européenne tend à rendre ceux-ci obligatoires, mais les constructeurs (et les gouvernements) français et italien cherchent à limiter

cette mesure aux véhicules de forte puissance car le coût relatif du pot catalytique est plus élevé pour les petites et moyennes cylindrées qui constituent l'essentiel de leur production et de leur vente. Quoi qu'il en soit, on obtient ainsi un coût de 0,60 franc par véhicule-kilomètre ou 0,45 franc par voyageur-kilomètre. La méthode du coût de réparation consiste à estimer les effets de la pollution séparément sur la santé, sur les matériaux (bâtiments notamment) et sur les végétaux. Cette méthode a conduit l'Agence américaine pour la protection de l'environnement à des estimations beaucoup plus faibles que les précédentes, mais seulement partielles. Pour l'autobus, le coût social de la pollution peut être estimé à 0,04 franc par voyageur-kilomètre.

Au total, pour le bruit et la pollution atmosphérique, le coût à retenir pour l'automobile serait donc de 0,70 franc par véhicule-kilomètre ou 0,53 franc par voyageur-kilomètre (ou encore 2,86 francs par déplacement de 5,4 kilomètres de longueur moyenne en Région parisienne). En tenant compte de la part du trafic routier dans la pollution de l'eau (4 % selon l'étude suisse citée), ces coûts pourraient être augmentés de 10 % environ. Pour les transports en commun, le coût serait inférieur à 0,05 franc par voyageur-kilomètre pour les autobus et nettement inférieur à 0,01 franc pour les transports ferroviaires.

Il est clair qu'il ne s'agit là que d'estimations sommaires.

La sécurité et le coût social des accidents

Le coût social des nuisances n'est pas supporté par ceux qui les occasionnent. Les accidents, qui ont aussi un coût important, pèsent sur ceux qui les causent, soit directement (frais matériels, soins), soit indirectement (assurances), mais aussi sur des tiers (certes, en principe indemnisés par les assurances) et sur la collectivité (frais non pris en charge par les assurances). Il convient évidemment, comme pour les coûts de congestion, d'éviter tout double emploi, et donc de ne pas prendre en compte, dans le coût social des accidents, ce qui a déjà été comptabilisé dans le coût généralisé (prix de l'assurance et réparations restant à la charge de l'assuré). Seront donc comptabilisées les dépenses non couvertes concernant les soins pris en charge par le système d'assistance publique (hôpitaux, etc.); de Sécurité sociale et des mutuelles; les pertes de production dues à l'absentéisme et aux décès, eux-mêmes partiellement pris en charge par la Sécurité sociale et les mutuelles.

En France, un tiers (la moitié aux Etats-Unis) des décès accidentels est dû à la circulation (11 000 à 12 000 morts selon les années). La moitié des accidents de circulation a lieu dans des agglomérations de plus de 5 000 habitants ; ils entraînent des blessures corporelles dans la moitié des cas et la mort une fois sur quatre.

Pour évaluer ce coût social des accidents, il faut se livrer à l'estimation directe des coûts supportés par le système de santé et de protection sociale et aux pertes d'activité professionnelle qu'ils entraînent. Diverses estimations

(13) Cf. Jean-Marie Beauvais, *Coût social des transports parisiens*, op. cit.

(14) RATP, *Coût d'un déplacement en voiture*, Paris, 1979, 216 pages. Voir aussi : SAEI et RATP, *Les contraintes physiques en développement des transports parisiens*, Paris, SAEI, 1974, 50 pages.

(15) Cf. Pierre Merlin, 1982, op. cit. ; 1984, op. cit.

(16) Cf. Michel Frybourg et divers, 1971, op. cit.

de ce type ont été effectuées en Suisse (Witman, 1970), aux Etats-Unis (National Highway Traffic Safety Administration, 1971, etc.) et en France (Direction des Routes, 1971, CETUR, 1980, etc.) (17). Ces diverses estimations, actualisées en 1985, font varier le coût social des accidents de la route entre 0,12 et 0,30 franc par véhicule-kilomètre (soit 0,16 F par voyageur-kilomètre en automobile). Ces estimations utilisent les évaluations, actualisées en 1985, de la perte de production d'un blessé grave (69 000 francs en 1975) ou d'un mort (575 000 francs 1975) (18).

Pour les transports en commun, les accidents corporels, et surtout mortels sont rares. Les seules évaluations récentes disponibles sont celles du groupe de travail interministériel animé par le CETUR (19) qui paraissent surestimées et celles de la RATP qui ne concernent que la Région parisienne. Actualisées pour 1985, ces évaluations sont les suivantes :

— 0,08 franc en Région parisienne et 0,10 franc en province par déplacement pour l'autobus selon le groupe interministériel ; 0,06 franc (en Région parisienne) selon la RATP ;

— 0,16 franc par déplacement en métro selon le groupe interministériel ; sensiblement moins que pour l'autobus selon la RATP, ce qui semble beaucoup plus vraisemblable ;

— 0,11 franc par déplacement en train de banlieue ou en tramway, selon le groupe interministériel, chiffre qui semble également surestimé.

Pour l'ensemble des transports en commun, le chiffre de 0,10 franc par déplacement peut être retenu, ce qui correspond à 0,015 franc par voyageur-kilomètre en Région parisienne et à 0,03 franc en province, chiffres probablement surestimés, surtout pour les transports ferroviaires, beaucoup plus sûrs que les transports routiers, particulièrement dans la Région parisienne (où les trains et le métro représentent 70 % des déplacements et 87,5 % des voyageurs-kilomètres).

Quoiqu'il en soit de cette probable surestimation du coût social des accidents dans les transports en commun, celui-ci est considérablement moins élevé que pour l'automobile (le rapport en faveur des transports en commun est inférieur de 1 à 10 en Région parisienne).

Additionnés, les coûts sociaux liés aux nuisances (bruit et pollution de l'air) et aux accidents représentent pour l'automobile 0,90 franc par véhicule-kilomètre ou 0,69 franc par voyageur-kilomètre, ou encore 3,80 francs par déplacement en Région parisienne et 1,90 franc en province, chiffres deux fois plus élevés que la subvention directe de la collectivité à l'automobile (20). Pour les transports en commun, le coût social total s'élève à 0,08 franc en autobus et à 0,02 franc sur les réseaux ferrés par voyageur-kilomètre, soit 0,26 franc par déplacement en province, 0,22 franc en autobus et 0,18 franc en train ou métro.

(17) Cf. Pierre Merlin, 1984, *op. cit.*

(18) Cf. Michel Le Net, « Le prix de la vie humaine », *Notes et Etudes documentaires*, n° 4455, La Documentation française, Paris, 1980 (3^e édition), 152 pages.

(19) Cf. CETUR, 1980, *op. cit.*

(20) Voir première partie, chapitre 3.

Les formes de l'urbanisation

Les différents moyens de transport sont non seulement très inégalement consommateurs d'espace, mais favorisent également le développement de formes d'urbanisation différentes, elles aussi, très inégalement consommatrices d'espace. Cela a été particulièrement le cas de la banlieue de Paris dont l'urbanisation a été accélérée par la ligne de Sceaux, ancêtre du RER, et par l'autoroute du Sud (21).

Les leçons du passé

La ligne de Sceaux a vu, en 1939, ses fréquences doubler et ses temps de parcours réduits de moitié. Du fait de la guerre, l'effet ne s'en est fait sentir que dans les années cinquante et soixante. Cet impact très fort sur les communes desservies, de Palaiseau à Saint-Rémy-lès-Chevreuse (ensemble de logements collectifs, implantation d'activités et surtout de centres scientifiques et de laboratoires, élévation très rapide des valeurs foncières, etc.) a un peu concerné les communes voisines (Chevreuse, Igny, Villebon, Champlan, Gometz-le-Châtel, Lévis-Saint-Nom) mais pas du tout les communes plus éloignées. C'est donc un effet linéaire.

Plus tard, la branche Est du RER, ouverte en 1969, a joué un rôle accélérateur de l'urbanisation des rares espaces vacants à proximité de la ligne (Chamigny, Chennevières, Limeil-Brévannes, Villecresnes) et a surtout entraîné une poussée des prix fonciers et immobiliers.

Le métro de Stockholm est une bonne illustration de l'effet densifiant des transports ferrés : le plan du transport (1954) qui proposait le métro a été conçu parallèlement au plan d'urbanisme (1952) et les stations ont été ouvertes en même temps (parfois avant) la construction de nouveaux quartiers organisés en grains de chapelet autour des gares d'une même ligne. Les commerces, services, etc. sont situés près de la station, l'habitat collectif (85 % des logements) dans un rayon de 500 mètres autour, l'habitat individuel plus loin (500 à 900 mètres). Un des centres de ces nouveaux quartiers (15 000 à 20 000 habitants environ) a une vocation subrégionale, desservant tous les nouveaux quartiers de la ligne et les secteurs voisins (ancienne banlieue, etc.). Parallèlement, le centre des affaires, près de la gare, où se croisent toutes les lignes de métro, a été complètement rénové. Il y a, dans ce cas, cohérence parfaite entre l'urbanisme concentré, de ces « villes nouvelles » à basé d'habitat collectif, le centre densifié et un réseau de transport, fondé sur le métro, qui permet à tous d'atteindre le centre ville en moins de 30 minutes.

L'effet accélérateur du métro a été observé à Philadelphie, entre cette ville et Camden sur la Lindenwald Line, mise en service en 1969. Par contre, dans la région de San Francisco, le Bay Area Rapid Transit, inauguré en 1973, a eu des effets moindres que prévu.

(21) Cf. Pierre Merlin, *Les transports parisiens*, *op. cit.* et « Les transports à Paris et en Ile-de-France », *op. cit.*

L'urbanisation diffuse, favorisée par les autoroutes, s'observe très bien aux Etats-Unis. L'automobile donne accès à n'importe quel point de l'espace alors que les transports publics ne jouent pleinement leur rôle que dans un rayon de 1 kilomètre environ autour des points d'arrêt (distance facile à effectuer à pied). L'autoroute ouvre donc des espaces beaucoup plus vastes à l'urbanisation, fait baisser globalement les prix des terrains sur l'ensemble de l'agglomération, ce qui permet un habitat peu dense (individuel), consommant beaucoup d'espace.

Cela ne signifie pas qu'une autoroute n'ait aucun effet « structurant » sur l'espace traversé :

— aux Etats-Unis, il y a le cas très connu de la route 128, rocade autoroute autour de Boston, qui a attiré de nombreuses entreprises industrielles recherchant un accès facile pour leur personnel, leurs clients et leurs fournisseurs, un espoir de réaliser une plus-value foncière (la croissance des prix y a été trois fois plus élevée, de 1948 à 1957, que dans les secteurs voisins), et la possibilité d'installer des panneaux publicitaires au bord de la route ;

— en Italie, le long de l'autostrada del Sole (Rome-Milan), les valeurs foncières ont augmenté 2,5 fois plus vite que dans les zones non desservies ;

— en France, l'autoroute du Sud, ouverte en 1960, qui n'a d'échangeurs qu'au-delà de l'aéroport d'Orly, a entraîné une forte poussée de grands ensembles à son voisinage, puis a facilité le démarrage de la ville nouvelle d'Évry. Elle a aussi favorisé un changement dans la composition sociale des communes traversées (50 % à 100 % de catégories supérieures en plus, diminution des ouvriers), et dans la localisation des implantations industrielles, doublé d'un accroissement de la mobilité des habitants (qui vont plus souvent à Paris qu'avant la construction de l'autoroute) et de la disparition des résidences secondaires (reportées plus loin de Paris). Mais cet effet de l'autoroute ne s'est pas limité, comme pour la ligne de Sceaux, aux communes directement desservies. Il a concerné toute la grande banlieue sud, car il est possible d'utiliser l'autoroute pour traverser la banlieue dense, et atteindre ensuite, par la route normale, des destinations très variées.

En 1965, l'autoroute du Nord qui, à l'inverse de celle du Sud, comporte quatre sorties en proche et moyenne banlieue, de Saint-Denis au Bourget (et aucune en grande banlieue), a favorisé une rénovation de l'habitat dans les communes qu'elle dessert.

De ces exemples parmi d'autres, deux conclusions se dégagent :

— un réseau de transport axé sur l'automobile (et donc sur les autoroutes) ouvre beaucoup d'espace et favorise l'urbanisation diffuse, à base d'habitat individuel ; au contraire, un réseau axé sur les transports collectifs, ferroviaires surtout, favorise une urbanisation linéaire à forte densité, à base d'habitat collectif, dans le rayon de marche autour des stations ;

— les choix de transport (type d'infrastructure prioritaire dans les investissements, tracés retenus, implantation des stations ou des échangeurs, tarification) ont une influence capitale sur l'urbanisme. Dès lors, il apparaît difficilement compréhensible que, le plus souvent, plan de transport et plan d'urbanisme soient élaborés séparément et soient parfois incompatibles. L'urbaniste se prive alors d'un merveilleux outil pour mettre en œuvre sa politique.

Les enseignements pour la planification

De cela des enseignements peuvent être tirés pour l'avenir (22) :

- Suivant que la politique de transports sera orientée vers les autoroutes ou vers les transports collectifs, elle sera cohérente avec une politique d'urbanisation diffuse et peu dense (habitat individuel) ou au contraire linéaire, concentrée autour des stations et dense (habitat collectif prédominant).

- Les tracés des axes de transport (y compris les liaisons interurbaines qui traversent la banlieue) doivent desservir les zones d'urbanisation prioritaire et éviter les secteurs à préserver.

- Les échangeurs placés nombreux en proche banlieue favorisent la rénovation de celle-ci mais, saturant l'autoroute, ils freinent la croissance en grande banlieue ; au contraire, si on veut assurer une urbanisation le long de cet axe, il faut limiter le nombre d'échangeurs en proche banlieue, pour privilégier la desserte de la zone à développer.

- Le choix des lieux, où l'on ouvre des stations et celui des terminus partiels de lignes, peut être fixé en fonction des objectifs d'urbanisme, pour assurer une meilleure desserte des lieux privilégiés (centres commerciaux, grands équipements, zones d'activité, etc.).

- La tarification peut aussi être un outil efficace ; sur les transports publics, une tarification uniforme (ou simplement à prix décroissant avec la distance) favorisera les implantations en périphérie et une limitation de la densité du centre (cf. le rôle uniformisateur joué par le métro dans Paris entre quartiers centraux et périphériques) ; au contraire, une tarification plus que proportionnelle à la distance (c'est le cas des lignes de grande banlieue SNCF) favorise une concentration de l'urbanisation.

La conclusion s'impose donc : le plan de transport d'une agglomération doit être établi en même temps que son plan d'urbanisme, afin que les équipes chargées de ces deux tâches travaillent en étroite symbiose. Il ne s'agit pas seulement des plans généraux prévoyant des infrastructures lourdes (autoroutes, voies ferrées nouvelles). Il s'agit aussi des plans de circulation détaillés, précisant la surface de voirie réservée aux transports en commun (voies pour autobus, sites propres, etc.) ; les priorités qui peuvent leur être accordées aux carrefours ; les avantages réservés à certains véhicules (taxis, petits véhicules urbains), la coordination des feux tricolores et les sens uniques (qui permettent d'augmenter le débit de 25 % sans travaux de voirie). Il s'agit encore de plans de stationnement distinguant les quatre fonctions précisées ci-dessus (nocturne, diurne, temporaire, livraison). Dans tous les cas, l'échéancier des réalisations de transport devra être étudié pour correspondre à celui des opérations d'urbanisme (quartiers nouveaux surtout), dont la desserte doit être assurée dès l'arrivée des habitants, comme en Suède ou en Allemagne.

Les conséquences des infrastructures de voirie sur l'environnement doivent aussi être appréciées au niveau d'un quartier. Un premier effet est celui de

(22) Cf. Pierre Merlin, *Incidence de la structure et de l'étendue du développement urbain sur le choix des modes de transport : le cas des grandes agglomérations*, Conférence européenne des ministères des Transports, 33^e table ronde, Paris, 1976, 60 pages.

coupe exercé par les infrastructures lourdes (autoroutes ou voies ferrées), voire par une avenue ou une ligne de tramway. Cet effet peut seulement être réduit par des passages piétonniers, en passerelle ou en souterrain. Par contre, les axes de transport peuvent aussi servir de repères visuels et, par là, contribuer à l'identité d'un quartier.

Il ne faut jamais oublier que les principaux bénéficiaires d'une infrastructure de transport ne sont pas nécessairement les habitants des quartiers qu'elle traverse, qui en supportent plutôt les nuisances. Pour éviter les réactions de rejet, qui se sont souvent produites (le train au milieu du XIX^e siècle, mais plus près de nous l'autoroute A 86 en banlieue ouest, par exemple), il faut discuter, expliquer les choix, sans pour autant confondre les intéressés et un groupe de pression particulier.

Transports et urbanisation dans les pays en voie de développement

Dans les villes des pays en voie de développement, les choix de transport peuvent avoir des conséquences importantes sur l'urbanisation. A l'inverse, « les structures urbaines peuvent être aménagées de manière à réduire le coût des transports et des autres éléments d'infrastructure, tout en facilitant l'accès aux lieux de travail et en améliorant les conditions d'existence ». Compte tenu de la très rapide évolution des villes des pays sous-développés, cette action sur les structures urbaines n'est pas seulement à long terme. A un horizon de dix ans, ces structures peuvent être profondément modifiées. Les choix de transport peuvent grandement y contribuer.

Les villes des pays en voie de développement sont, en général, fortement centralisées. Le centre des affaires est le point nodal du réseau de transports, ce qui contribue à un processus cumulatif. Les améliorations apportées au système de transport ne font, elles aussi, que renforcer la centralisation. Cette concentration présente des inconvénients en matière de transport :

- congestion dans le centre et sur les axes radiaux ;
- difficultés de circulation pour les véhicules commerciaux, souvent obligés de passer par le centre, même en transit, en raison de la disposition radiale des axes routiers ;
- rejet à la périphérie des quartiers d'habitat ;
- élévation des valeurs foncières et des loyers.

Elle présente, cependant, des avantages rarement soulignés :

- accès plus facile, les réseaux de transport en commun convergeant vers le centre unique ;
- facilité des relations à l'intérieur de la zone centrale.

La Banque mondiale et la plupart des observateurs penchent pour une structure polycentrique (qu'on rencontre par exemple à Los Angeles et dans une moindre mesure à Rio de Janeiro ou à New Delhi) et appellent de leurs vœux des réglementations limitant les possibilités de construction dans le centre.

Une meilleure utilisation des réseaux de transport, notamment par un équilibrage du trafic entre les deux sens, en est attendue. Ce polycentrisme permettrait également d'éviter la construction d'un métro, incompatible avec les ressources financières d'un pays en développement. Mais une telle politique présente aussi des inconvénients :

- le coût des équipements publics pour la création de centres périphériques risque d'être élevé ;
- la longueur des réseaux de transport nécessaires pour desservir plusieurs centres urbains et les relier entre eux risque d'être plus grande que dans le cas d'une ville monocentrique ; les fréquences risquent d'être plus réduites. Il semble que la structure polycentrique, recommandée par la Banque mondiale, soit surtout adaptée au cas des très grandes agglomérations où elle peut constituer une alternative économique à la construction de transports lourds (métro).

Il semble en tout cas recommandable de :

- ne mettre en œuvre un renforcement de l'accessibilité du centre que parallèlement à des mesures visant à limiter son développement ;
- prendre des mesures de taxation à l'égard des activités centrales ; outre l'éventuelle taxation de la congestion de la circulation, il peut être envisagé de jouer sur le coût payé pour les services publics, et sur les impôts fonciers, voire d'instituer un impôt sur les entreprises installées dans les zones centrales ;
- planifier les quartiers nouveaux d'habitat, à distance modérée du centre et sur les axes de transport ;
- prévoir des zones d'activité à proximité de ces quartiers d'habitat ;
- construire des voies de rocade et des gares de marchandises pour éviter la circulation des camions dans le centre ;
- mettre en place, dans les quartiers d'habitat, des structures de voirie qui limitent la longueur des voies à revêtir et facilitent la circulation à pied et à bicyclette ;
- être prudent en matière de rénovation du centre, nécessairement coûteuse et qui conduit le plus souvent à sa densification.

L'impact des améliorations de transport sur les prix du terrain et des logements doit également être prévu : des mesures doivent être prises pour protéger les ménages à faible revenu, soit par des acquisitions foncières, soit par des mesures de protection des logements de ces catégories. Or c'est souvent l'inverse qui se produit, les autorités décidant d'un aménagement de transport ayant souvent partie liée avec les propriétaires fonciers, dont ils cherchent à valoriser les terrains.

Contrôle de l'utilisation des sols (par un plan d'urbanisme à jour et d'autres mesures d'intervention et de réglementation) (23), choix sélectif des investissements de transport pour orienter l'urbanisation et favoriser l'apparition de centres secondaires entourés de zones d'habitat dense, et taxation à leur juste prix des services publics dans le centre ville pour éviter sa densification et sa congestion sont des mesures à promouvoir simultanément et de façon coordonnée.

(23) C. Baehrel, R. Hennion, *Transports urbains dans les pays en développement*, Coopération et Aménagement, Paris, 1979, 117 pages.

Menées parallèlement à la réduction de la congestion automobile par tarification ou réglementation, elles devraient considérablement réduire les besoins en investissements lourds dans les transports urbains, dégageant par là même des ressources qui seront mieux utilisées pour promouvoir cette politique ordonnée de l'urbanisation et/ou pour développer les transports régionaux et nationaux, contribuant ainsi à un meilleur équilibre de l'aménagement général du pays, donc à une réduction des flux migratoires vers la ville principale.

Conclusion : les réseaux de transports façonnent le cadre urbain

Les conséquences des choix de transport sur l'environnement urbain sont donc considérables : consommation d'espace, nuisances et accidents générateurs de coûts sociaux, influence sur les formes de l'urbanisation. Sur tous ces plans, une limitation du rôle de l'automobile est apparue indispensable pour éviter l'asphyxie de la ville. Dans les pays en développement, le concept de coût social peut apparaître bien théorique et la réduction des nuisances non prioritaires, mais ces pays doivent économiser leurs ressources, notamment en devises et en énergie, ce qui les conduit aux mêmes conclusions.

L'impact des modes de transport sur l'environnement urbain est aussi qualitatif. Le style de vie quotidien n'est pas du tout le même dans une ville bâtie en fonction de l'automobile (Los Angeles ou Detroit, par exemple) et dans une ville où les transports en commun ont reçu la priorité (Stockholm) bien que le niveau de vie y soit comparable.

Dans les grandes villes américaines, dont les deux cas cités constituent des exemples extrêmes, tout est organisé en fonction de l'automobile : l'espace (les deux tiers sont consacrés à la voirie et au stationnement), les lieux ouverts au public (cinémas *drive in*, restaurants, banques, etc.). Une personne ne disposant pas d'une automobile est marginalisée, pratiquement privée d'un accès aux centres commerciaux, proches des échangeurs d'autoroutes et entourés de places de stationnement, aux équipements de la ville et même aux lieux de travail. La vie dans la rue est presque nulle. Un piéton, le soir, risque d'être interpellé par la police, tant son comportement paraît étrange. Même si le tempérament scandinave ne transforme pas Stockholm en une ville exubérante, l'organisation du métro et de l'urbanisme favorise les rencontres à tous les niveaux : au centre du quartier, où se trouvent les commerces, les écoles, les services et la station de métro ; au centre subrégional, où une gamme plus large de choix est offerte ; au centre de Stockholm, où toutes les lignes de métro se recoupent.

Il est indéniable que l'organisation d'une ville en fonction de l'automobile favorise le repli sur la maison familiale. Elle encourage le développement des valeurs individuelles. Au contraire, les transports collectifs favorisent les occasions de contact, parfois aussi de confrontation et, de ce fait, développent plus les valeurs collectives.

L'enjeu urbanistique n'est donc pas comptabilisable : il déborde le champ du spatial pour atteindre celui du social, voire du politique.

Première partie / chapitre 5

Les transports et l'innovation

Aucun moyen de transport n'a, au départ, été conçu pour un usage strictement urbain. Dès lors, il n'est pas surprenant qu'aucun n'apparaisse spécifiquement adapté à la ville. Adapter la ville aux moyens de transport existants serait lourd de dangers, bien que certains urbanistes y aient songé, comme le montre l'exemple des villes américaines développées en fonction de l'automobile (Los Angeles). Est-il possible, à l'inverse, de concevoir de nouveaux moyens de transport en fonction d'un usage urbain, ou à tout le moins d'améliorer à cette fin les moyens existants ?

Le mythe des technologies nouvelles

L'automobile assure un service de très bonne qualité pour l'usager (confort, disponibilité, intimité, rapidité relative...) mais peu rentable pour la collectivité (infrastructures coûteuses, forte consommation d'espace, coûts sociaux élevés). Les transports en commun sont plus efficaces (capacité, économie en espace et en infrastructures, sécurité élevée, nuisances réduites), et cependant moins agréables pour l'usager. Les voies de recherche les plus prometteuses semblaient être, soit d'adapter l'automobile à la ville en la rendant plus efficace, soit de personnaliser le service offert par les transports en commun. Ce n'est pas exactement la voie suivie par les techniciens qui ont d'abord cherché à mettre au point des transports en commun plus rapides (ce qui concernait plutôt les liaisons interurbaines) ou à plus forte capacité.

Transports à grande vitesse

La recherche de la vitesse devait d'abord conduire à envisager l'emploi des transports aériens à travers l'hélicoptère (1), la troisième dimension pouvant,

(1) Une desserte horaire existe, en France, entre l'aéroport d'Issy-les-Moulineaux et les aéroports d'Orly et de Roissy. (Son tarif est de 350 F en 1985 et de 450 F pour une liaison directe d'aéroport à aéroport).

d'après les futuristes, résoudre les problèmes de capacité. La sécurité (météorologie, couloirs de vol) et son coût très élevé (de l'ordre de dix fois celui des transports au sol) limitent en pratique son usage aux situations où le coût n'intervient plus : usages militaires, secours en mer ou en montagne, transport de personnalités ou, à la rigueur, liaisons entre aéroports pour hommes d'affaires.

Quant aux transports terrestres, deux voies principales ont été suivies et ont donné lieu à des prototypes.

- L'aérotrain français des années soixante (Bertin), puis l'hovertrain anglais (Cockerell) reposent sur le principe (avancé dès 1865 par le Français Girard) de la sustentation et du guidage par coussins d'air. Mais c'est la propulsion qui pose problème : une turbine d'avion entraînant une hélice fut utilisée sur les prototypes et, pour un usage urbain, il fallait surtout mettre au point un moteur électrique à induction linéaire (le véhicule ne touchant pas le sol, il ne peut recevoir l'énergie électrique que par un procédé d'induction électromagnétique), ce qui ne fut pas possible pour des vitesses élevées. La ligne La Défense-Cergy-Pontoise, pour laquelle la technique de l'aérotrain avait été retenue, en 1971, par le Gouvernement dut finalement être réalisée en technique classique, après la révision du projet en 1974.

- Le train à sustentation magnétique utilise la sustentation et le guidage magnétiques (quatre aimants sous le véhicule agissent par réaction sur les rails latéraux) tandis que la propulsion est assurée par un moteur électrique linéaire.

Les applications de ces techniques de grande vitesse semblent limitées :

- pour les liaisons interurbaines, l'impossibilité d'installer des aiguillages ne permet pas de réaliser des réseaux complets et il n'y a pas compatibilité avec les réseaux ferrés traditionnels ; pour ces raisons, pour les liaisons à grande vitesse Paris-Lyon puis Paris-Atlantique, on leur a préféré la technique ferroviaire classique qui, avec des lignes dessinées en conséquence, permet aussi des grandes vitesses (TGV) ;

- pour les liaisons urbaines, la vitesse n'a d'intérêt que si le temps gagné n'est pas perdu par des arrêts trop fréquents ou par les trajets terminaux ; seules les liaisons directes et sans changement sont donc intéressées, ce qui ne peut concerner finalement que des liaisons centre-aéroport ou centre-principal-centre secondaire. Mais de telles liaisons ne pourraient être réalisées, en termes d'investissement, qu'au détriment des liaisons classiques assurant la desserte quotidienne des banlieues. De même, les « percées », c'est-à-dire l'espace physique pour pénétrer dans le centre, sont en nombre limité. Il apparaît préférable de réserver les crédits et les percées aux liaisons ferroviaires classiques qui peuvent seules répondre aux besoins des usagers quotidiens : les dessertes rapides, n'ayant peu (ou pas) de stations intermédiaires, ne les concernent guère.

Transports continus

La recherche d'une capacité très élevée, supérieure aux quelque 60 000 voyageurs par heure dans chaque sens que permet un métro moderne comme le RER parisien (ce chiffre est même dépassé sur le métro de Moscou), a conduit à rechercher une utilisation « en continu » des infrastructures et, en particulier, des tunnels du métro. Il a été imaginé un train indéfini dont la capacité pourrait atteindre en théorie quelque 600 000 voyageurs par heure dans chaque sens.

Un tel système peut être conçu de plusieurs manières :

- des bandes parallèles à la voie à des vitesses intermédiaires : ce système est encombrant, peu sûr et ne permet donc que des vitesses limitées ;

- la bande intermédiaire peut être unique et elle-même accélérée de l'arrêt à la vitesse du transport continu (système Taylor) ;

- les véhicules peuvent ralentir en stations, mais la capacité est alors réduite dans le rapport entre la vitesse en ligne et la vitesse en stations, ce qui ôte son intérêt principal au système (Stephens-Adamson-Carveyor expérimenté aux Etats-Unis) ;

- le système conçu par Batelle (Genève) et fabriqué par Dunlop, le Speedway, comporte un chargement de passagers par un escalier mécanique perpendiculaire à la voie, chaque place de cet escalier recevant une accélération longitudinale qui l'amène à la vitesse du transporteur continu lorsqu'il est en contact avec celui-ci. Un prototype (à 16 km par heure) a été réalisé mais, pour une vitesse plus élevée, les problèmes de sécurité et d'encombrement spatial rendent le système très coûteux ;

- l'AT 2000 (société Matra) est un train indéfini dont certaines voitures (le chargeur) sont programmées pour quitter la rame, ralentir, s'arrêter en stations puis rejoindre, avec de nouveaux passagers, la rame. En pratique, plus qu'une rame continue, la société Automatisme et Technique, qui a réalisé une maquette, utilise des rames discontinues comportant un « transporteur » qui ne s'arrête pas et un « chargeur » qui, après un arrêt en station, rejoint un autre transporteur : cette version, tout en nécessitant une automatisation complète, fait perdre le bénéfice de la capacité élevée ; seul subsiste l'avantage second d'un gain de temps grâce au parcours sans arrêt intermédiaire pour les passagers. Le système a fait l'objet de plusieurs prototypes, construits par Matra depuis 1973 sur l'aéroport d'Orly, sous le nom d'Aramis. Une ligne commerciale est envisagée par la RATP sur la « petite ceinture » sud de Paris, avec correspondances avec le métro.

En fait, aucun de ces systèmes n'assure à la fois :

- la sécurité indispensable ;

- l'automatisme absolu ;

- le maintien du principe du transporteur continu, condition d'une capacité supérieure à celle du métro classique ;

- l'économie d'espace nécessaire dans le centre des villes.

A vrai dire, ce n'est que dans l'hypercentre (dans un rayon de 3 km environ) des très grandes agglomérations (au moins 5 millions d'habitants) et

sur quelques axes seulement que les capacités des métros classiques sont insuffisantes. Faute d'avoir effectué ce constat, les concepteurs de transporteurs continus se sont condamnés à une utilisation exceptionnelle (expositions) ou à l'abandon du principe même de la continuité à vitesse élevée (Aramis, Stephens, Adamson) (2).

Les fausses innovations

A côté de ces innovations technologiques réelles, mais dont le rôle restera très limité en ce qui concerne les transports urbains, il faut mentionner quelques « fausses innovations », soit qu'elles aient déjà été rejetées dans le passé, soit qu'elles n'apportent aucun élément significativement nouveau aux technologies classiques :

- **Les monorails.** En fait, le principe en est aussi ancien que le chemin de fer (système Palmer expérimenté dès 1820). Que le monorail porte le véhicule (système allemand Alweg, utilisé notamment pour la desserte de l'ancien aéroport de Tokyo, mais aussi le système français Lartigue, utilisé en Irlande de 1887 à 1924, etc.) ou que celui-ci soit suspendu (monorail de Wuppertal, construit en 1900 et toujours en service, prototype Safege construit à Châteauneuf-sur-Loire, projet américain du Rotocar), le monorail ne présente aucun avantage par rapport à un métro classique (le gain d'encombrement au sol, avancé pour le monorail sur pylônes, peut être obtenu pour un métro classique), et s'est révélé plus coûteux, dans le cas du tronçon Charenton-Créteil, que le métro classique. Il pose en outre des problèmes techniques supplémentaires (aiguillages et, pour le monorail suspendu, balancement des rames et problèmes en cas d'évacuation d'urgence).

- **Les cabines suspendues selon le principe du téléphérique,** qu'il s'agisse de cabines de capacité réduite (10 personnes environ : Poma 2000, Télérail) ou plus élevée (50 à 100 personnes : aérobus, Swish), ne permettent que des capacités limitées (de l'ordre de 5 000 voyageurs par heure par sens) pour des vitesses théoriquement comparables à celles d'un métro (en fait, plutôt à celles d'un tramway). Leur encombrement et leur fiabilité (en cas de vent, par exemple) limitent leur intérêt par rapport à un tramway de capacité comparable :

- **Les véhicules urbains sur coussin d'air,** notamment le système Urba 30 de M. Barthallon, composé de véhicules suspendus de 30 passagers et le Personal Transit System d'Otis (tous deux propulsés par un moteur électrique linéaire), offrent des capacités limitées (respectivement 10 000 et 3 600 au maximum), comparables à celle d'un tramway et posent des problèmes techniques (moteur linéaire, aiguillage) ; ils n'apportent donc aucun élément nouveau par rapport à une ligne de tramway, si ce n'est la possibilité, pour le PTS, d'un service

(2) Pour plus de détails sur les transports continus, cf. J.R. Fradin, « Les technologies nouvelles de transport », *Cahiers de l'IAURP*, vol. 26, février 1972, 56 pages ; vol. 27, mai 1972, 48 pages ; ainsi que les suppléments de la même publication *Transports nouveaux de 1972 à 1977*, n° 29 à 46.

personnalisé direct de la station de départ à la station de destination (mais les automatismes et les aiguillages par système magnétique n'ont pas été testés). (Cette possibilité de service personnalisé existe aussi, théoriquement, sur le Poma 2000 et sur un système classique de sustentation sur pneumatiques, l'Airtrans, qui assure la desserte intérieure de l'aéroport de Dallas depuis 1974.)

Les améliorations fondamentales

Si les technologies nouvelles ne semblent guère susceptibles de bouleverser l'offre de transport urbain, peut-être certaines améliorations des modes existants sont-elles à même d'avoir un impact plus important. Ces améliorations peuvent être essentiellement techniques ou au contraire porter sur la façon d'utiliser des moyens de transport déjà connus.

Des améliorations techniques

Les améliorations techniques ont surtout concerné l'automobile, visant à l'adapter à la ville, en augmentant sa capacité et sa sécurité ou en supprimant ses nuisances.

Le guidage automatique des automobiles vise à assurer, à la fois, une plus grande capacité et une meilleure sécurité. Etudié depuis plus de trente ans aux Etats-Unis et en Angleterre, il peut être considéré comme techniquement au point. Le guidage est assuré par un câble électrique enfoui sous la chaussée qui induit un champ magnétique reçu par deux antennes symétriques placées à l'avant du véhicule : si les signaux sont inégaux, le véhicule est automatiquement redressé. La régulation automatique de la vitesse est assurée par la mesure du temps écoulé entre des signaux émis par des courants induits par le passage du véhicule au-dessus de cadres métalliques enfouis sous la chaussée. Le coût élevé de l'équipement du véhicule (environ 10 000 francs) et surtout de l'aménagement de la chaussée (500 000 francs par kilomètre et par piste) ainsi que des problèmes techniques aux carrefours expliquent qu'on n'ait pas utilisé un procédé qui pourrait être intéressant sur autoroute, encore qu'il semble que le gain de capacité ne soit important que si les véhicules sont de même type, au moins de même longueur.

Cela a conduit à pousser plus loin la recherche de l'automatisation et de la standardisation avec les véhicules bi-modes, pouvant circuler à la fois sur la voirie normale, en conduite manuelle, et, regroupés, sur une voie guidée, en conduite automatique (le passage de l'un à l'autre s'effectuant aux stations de la voie guidée).

Tous deux d'origine américaine, le StaRRcar, proposé par la société Alden et l'Urbmobile, développé par le CAL (Cornell Aeronautical Laboratory) (qui ont

travaillé ensemble), n'ont jamais fait l'objet que d'études théoriques. Ils retenaient des petits véhicules (4 places) ayant un double système de propulsion et de guidage, pour les deux types de voirie :

- moteur à essence et pneumatiques pour la voirie banale ;
- moteur électrique rotatif à induction et roues à boudins métalliques (jumelées aux autres roues) pour la voie guidée.

La capacité de la voie guidée, d'abord annoncée comme quatre fois plus élevée que celle d'une voie d'autoroute, ne semblait pas devoir lui être très supérieure. C'est ce qui a empêché le développement du système, par ailleurs complexe et coûteux.

En conséquence, les recherches se sont plutôt concentrées sur les **autobus** modes. La voirie peut être soit une voirie ferrée, les autobus circulant comme des trains à l'aide de bogies et de roues en fer (un bus par minute, soit 3 000 passagers à l'heure) et pouvant à l'aide de roues à pneumatiques poursuivre leur trajet sur la voirie ordinaire (système General Motors Corporation-Fairmont) ; soit une voirie d'autoroute équipée d'une rainure de guidage pour un bras mobile (un bus toutes les 12 secondes, soit 15 000 voyageurs à l'heure : système Throughways) ; soit encore une voirie de métro sur pneumatiques, les trains pouvant quitter la voirie pour rouler sur la voirie ordinaire (Strada Guidata italienne). Le système Throughways semble le plus intéressant, à condition de bien résoudre les problèmes d'entrée et de sortie des autobus. De plus, la capacité qu'il offre peut être obtenue par une simple voirie d'autoroute réservée aux autobus.

Le **véhicule électrique** a été essentiellement étudié pour répondre aux problèmes de nuisances (bruit et pollution) engendrés par le moteur à explosion. Il peut — mais ce n'est en rien nécessaire — être associé au développement d'un petit véhicule destiné à un usage urbain et être utilisé de façon banalisée. Le principal problème technique est celui de l'alimentation. Les accumulateurs ont l'inconvénient d'être lourds (ce qui limite les performances du véhicule) et de ne permettre qu'une autonomie limitée (100 kilomètres au maximum). Ces deux contraintes conduisent à un véhicule d'usage strictement urbain avec recharge quotidienne. Les piles à combustible (à basse température de type hydrogène-oxygène ou à combustible dissous), qui permettraient de s'affranchir de ces deux contraintes (malgré les recherches menées en France par l'IFP et Alsthom-CGE entre 1965 et 1975) restent très coûteuses, de faible puissance et ne sont pas produites industriellement. On ne peut donc, pour longtemps encore, utiliser que des accumulateurs, la meilleure solution semblant être le couplage utilisé au Japon, d'un accumulateur cadmium-nickel fournissant la puissance d'accélération et d'un accumulateur au plomb produisant la puissance utilisée constamment.

Pour toutes ces raisons, le domaine d'utilisation du véhicule électrique ne concerne que quelques secteurs limités :

- véhicules de service internes à une entreprise ou à un équipement (golf), etc. ;
- voiturette urbaine (2 places, 50 km à l'heure) : de tels modèles existent (certains sont commercialisés) aux Etats-Unis, au Japon, en Italie, en France, etc. ;

— véhicules utilitaires spécialisés : voitures postales ou de livraison, bennes à ordures ménagères, qui, toutes, effectuent un trajet quotidien régulier et limité et peuvent être rechargées la nuit.

Jusqu'à présent cependant, ces innovations technologiques fondamentales, dont certaines remontent à vingt ans déjà, sont restées au stade du prototype ou de l'expérience marginale. Il est douteux qu'elles puissent bouleverser, d'ici à la fin du siècle, les données des transports urbains.

Autres modes d'utilisation des transports classiques

La seconde famille d'améliorations, celles qui portent sur le mode d'utilisation des moyens de transport classiques, sont peut-être plus susceptibles d'apporter des nouveautés sensibles à l'éventail de choix actuel. Elles ont concerné avant tout l'automobile, visant à accroître son efficacité en réduisant ses dimensions (véhicule urbain) ou en augmentant son taux d'occupation (véhicule banalisé). Des idées un peu similaires ont aussi été appliquées au taxi, à l'autobus, etc.

Le **véhicule urbain** est une petite automobile biplace (94 % des automobiles circulent en ville avec une ou deux personnes à bord) concue exclusivement pour la circulation urbaine. Si des modèles de ce type ont parfois existé (isetta, Vespa 400) ou s'en sont rapprochés (Fiat 500, Austin Mini), aucun grand constructeur n'a lancé de façon durable et à vaste échelle, un tel modèle (Renault n'a pas donné suite à un projet de R2 urbaine), car le marché apparaissait trop étroit. Limité à la population des grandes villes, il ne peut concerner que la deuxième (voire la troisième) voiture du ménage : or, les habitants des centres villes sont peu motorisés (5 % de ménages avaient deux voitures à Paris en 1976 (3), contre 15 % en banlieue). La généralisation d'un véhicule urbain comme deuxième voiture poserait des problèmes importants de stationnement résidentiel. L'intérêt pour ceux qui en disposent est limité : la largeur des voies de circulation et la dimension des places de stationnement restent fixées pour les véhicules classiques.

Seules des mesures des pouvoirs publics pour avantager le véhicule urbain, par rapport aux autres véhicules, pourront créer un marché suffisant pour qu'un grand constructeur s'intéresse à sa production en grande série : emplacements de stationnement réservés, droit exclusif de circulation dans certaines rues, utilisation des voies d'autobus, fiscalité plus légère (pas de vignette), etc. Jusqu'à présent, les pouvoirs publics n'ont pas envisagé de telles mesures d'incitation et n'y ont été poussés ni par les constructeurs, ni par l'opinion publique. Là réside, sans doute, le principal obstacle.

Le **véhicule banalisé** innove dans le temps plus que dans l'espace. Il garde l'idée qu'une automobile n'est utilisée qu'une heure par jour en moyenne. Si plusieurs utilisateurs peuvent l'employer successivement, comme un « taxi »

(3) Dernier chiffre connu, en raison de la longueur des délais de dépouillement des recensements et des enquêtes.

sans chauffeur», en quelque sorte, l'espace de stationnement utilisé sera considérablement réduit. Ces véhicules, accessibles dans des stations spécialisées ou le long des trottoirs, seraient empruntés, chacun payant par un procédé *ad hoc* (jetons, par exemple), et le laissant à destination, prêt à être utilisé par un autre usager ou à être récupéré par la société exploitante. Pour être crédible, cette solution suppose un nombre élevé de véhicules (100 000 à 200 000 pour Paris), donc un investissement (véhicules, stations, etc.) très important. La nature même du système interdit un essai limité. Quelques expériences ont eu lieu : à Montpellier, avec des Simca 1000, l'échec a été causé par un manque de contrôle des véhicules et le faible nombre d'utilisateurs rebutés par un coût voisin de celui du taxi. A Amsterdam, l'expérience menée avec des véhicules urbains électriques, un tarif modéré et un meilleur contrôle des véhicules (les Witcars), ne fut pas prolongée : la limitation à trois stations rendait ces véhicules peu attractifs.

En fait, la voiture banalisée ne peut être envisagée qu'à grande échelle et pour un usage urbain. Encore faut-il que le stationnement du véhicule familial classique soit préservé et que les avantages en matière de circulation et de stationnement consentis par les pouvoirs publics aux véhicules banalisés soient précisés.

Le covoiturage (*car pool* des Américains) consiste, pour des usagers, à se regrouper pour employer quotidiennement le même véhicule conduit par l'un d'entre eux. Cela suppose qu'ils résident et travaillent dans le même quartier et aient des horaires de travail identiques, ce qui limite la portée de ce procédé pour l'essentiel aux salariés d'une même entreprise. Le véhicule peut appartenir à l'un des usagers, à leur entreprise ou être loué. Ce système très économique est assez répandu aux Etats-Unis. Lorsque le véhicule appartient à l'entreprise, c'est en quelque sorte une version plus souple et plus agréable du ramassage des salariés en autocar.

Le taxi collectif repose sur une idée similaire : regrouper, dans un seul véhicule, plusieurs usagers. Cela se pratique beaucoup dans certaines villes du Tiers Monde (Istanbul, Téhéran, Mexico, etc.). Le taxi suit un itinéraire général (grand axe de circulation), dont il peut éventuellement s'écartier un peu. Le système peut être modernisé par un équipement de contact, électronique entre le conducteur et les clients éventuels postés sur le trottoir permettant de faire connaître, par exemple, la destination. Sous sa forme rustique, ou sous sa forme électronique, un tel système ne peut cependant résoudre les problèmes des flux massifs de migrants quotidiens.

Appliqué aux autobus, ce principe conduit à l'autobus à la demande qui peut être appelé par téléphone : c'est le busphone (le même système peut fonctionner avec des taxis). Plusieurs villes américaines, anglaises et françaises — Saint-Cloud et les villes du confluent Seine-Oise (Conflans-Sainte-Honorine, Maurécourt, Andrésy) ont choisi l'appel par téléphone, Angers l'appel à partir de bornes-appels — ont adopté ce système qui est très souple pour l'usager (mais avec des attentes parfois longues), comme pour l'exploitant (l'autobus peut, par exemple, servir pour le ramassage scolaire et être utilisé en busphone dans la journée), mais très coûteux car sophistiqué (le prix de revient avoisine

celui du taxi). L'exploitation par les collectivités territoriales de ces services est d'ailleurs très déficitaire.

Une autre amélioration de l'utilisation de l'autobus, déjà évoquée, vise à améliorer sa vitesse en l'affranchissant de la congestion de la circulation : elle consiste à résérer, sur la voirie, un site propre à l'autobus.

Ce principe peut recevoir diverses applications :

— les voies réservées pour autobus dans le centre ville ou sur les axes radiaux (à Paris depuis 1964) supposent un regroupement de lignes assez nombreux (il faut environ un autobus par minute pour que le nombre de passagers transportés dépasse celui des automobiles exclues de la voie) ou l'ouverture à d'autres véhicules : taxis (comme à Paris, mais n'est-ce pas un privilège offert à ceux qui peuvent s'offrir celui-ci ?) ou véhicules urbains ;

— les voies réservées sur autoroutes ;

— le site propre intégral, qui consiste à construire une voirie spéciale pour l'autobus, a été expérimenté dans des villes nouvelles (Runcorn en Angleterre, Evry en France), mais est très consommateur d'espace ; l'autobus peut aussi utiliser une voie existante, le séparant matériellement du reste du trafic comme dans la banlieue de Paris ;

— les rues réservées aux piétons et aux autobus dans le centre ville, expérimentées notamment à Besançon depuis 1974.

Mais l'autobus en site propre diffère peu du tramway. Ce mode de transport, presque abandonné en France entre 1930 et 1970, connaît, à juste titre, un regain d'intérêt sous la forme du tramway moderne qui circule largement en site propre intégral, avec des passages souterrains sous les principaux carrefours ou une priorité aux feux tricolores. Sa capacité, avec des rames de plusieurs voitures, peut atteindre 10 000 voyageurs par heure dans chaque sens. Après de nombreuses villes allemandes, belges, néerlandaises, plusieurs villes françaises ont décidé de créer (Nantes, Strasbourg, Grenoble) ou de moderniser (Saint-Etienne) des réseaux de tramways. C'est sans doute une solution d'avenir pour les villes moyennes (100 000 à 1 million d'habitants) et pour certains axes complémentaires (rocades en particulier) des grandes agglomérations (plusieurs lignes sont en projet dans la banlieue de Paris).

Le tramway moderne peut, d'ailleurs, être conçu comme une solution intermédiaire permettant une transformation ultérieure en métro ; c'est le principe du pré métro de Bruxelles.

Enfin une dernière voie pour l'amélioration des moyens de transport existants, la plus prometteuse peut-être, consiste à associer des innovations technologiques avec des innovations concernant leur utilisation. C'est là l'idée des transports en commun personnalisés qui cherchent à donner à des transports en commun guidés certains des avantages reconnus de l'automobile : disponibilité, souplesse des trajets grâce à de nombreux aiguillages commandés par l'usager lui-même, voire intimité par l'emploi de petites cabines ou de petites voitures. Mais aucun des systèmes de ce type, qui ont été proposés, n'a fonctionné dans des conditions d'exploitation commerciale. Tout permet de penser par ailleurs qu'un tel système serait très coûteux.

Conclusion : la véritable innovation ne passe pas par des technologies nouvelles

Le tableau qui vient d'être brossé peut paraître quelque peu pessimiste. Il ne laisse pas présager, dans un avenir prévisible, même à long terme, de révolution technique dans le domaine des transports urbains analogue à celle qu'a connue le XIX^e siècle. Les pouvoirs publics, au début des années soixante-dix, ont eu tendance à laisser croire le contraire. Quoi qu'il en soit, aujourd'hui, les illusions sont un peu partout dissipées.

Cela ne veut pas dire que l'innovation n'ait aucun rôle à jouer dans ce secteur. Les techniques d'automation, l'informatisation de la gestion et de l'utilisation du matériel roulant, l'amélioration des matériels, la réduction des nuisances constituent, entre autres, des domaines où des progrès importants et réalisables restent à faire. Mais, comparés aux autres enjeux, sociaux, économiques, écologiques et « urbanistiques », les enjeux techniques apparaissent à la fois comme les plus aisés à cerner et ceux où le risque d'erreurs est le moins grand.

Ici encore, la situation particulière des pays en voie de développement appelle quelques remarques particulières. Ces pays ne peuvent guère nourrir l'espoir d'apporter par eux-mêmes des innovations techniques importantes. Puisque, dans les pays développés, aucun saut technologique n'est prévisible, ils ne peuvent non plus espérer, comme c'est le cas dans d'autres domaines, profiter d'un tel saut pour économiser une étape du développement de leurs réseaux de transport urbain. En revanche, des solutions qui paraissent ailleurs artisanales ou archaïques peuvent être adaptées à leur situation. C'est le cas de ces véhicules divers, initialement conçus pour un tout autre usage, et qui sont employés comme moyens de transport en commun et dits informels parce qu'ils ne sont pas organisés à l'initiative des pouvoirs publics. Là aussi, ce sont plus les innovations concernant le mode d'utilisation de ces moyens de transport qui sont susceptibles d'améliorer sensiblement la situation.

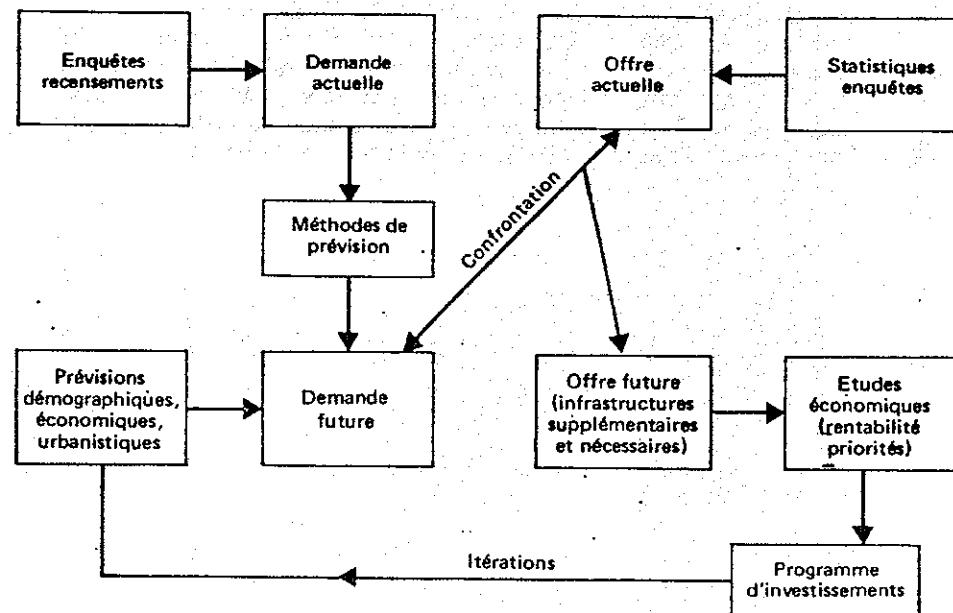
Deuxième partie

La planification

Les informations sur l'offre et sur la demande

La planification des transports repose sur une comparaison de l'offre et de la demande. Mais ces deux éléments n'ont pas un rôle symétrique : on devra prévoir la demande, à partir de prévisions sur le développement démographique et économique de l'agglomération et son extension spatiale, alors qu'on déduira l'offre future nécessaire de la confrontation de la demande future ainsi prévue avec l'offre existante (figure 5). La prévision de la demande future suppose qu'on ait au préalable analysé la demande actuelle pour en dégager les « lois » qui régissent la mobilité, qu'on formalise sous forme de modèles mathématiques

Figure 5. — Organigramme général de la planification des transports urbains



et qu'on utilisera ensuite, moyennant certaines précautions, en prévision. La durée de vie, la longueur des études et du processus de prise de décision en matière d'infrastructures de transport conduisent à établir des prévisions à moyen (dix ans) et souvent à long terme (une génération), ce qui souligne l'importance des études économiques pour vérifier la rentabilité et déterminer le degré de priorité de chaque infrastructure nouvelle projetée.

Mais, avant d'aborder la phase de prévision, il convient de bien connaître et d'analyser la demande et l'offre actuelles.

Les informations sur la demande actuelle

Les statistiques de mobilité

La demande de déplacements est plus difficile à cerner que l'offre de transport. Les organismes gestionnaires des services de transport (sociétés d'exploitation des transports en commun, services des ponts et chaussées) ne fournissent que des statistiques d'utilisation des infrastructures ou des véhicules : flux de voyageurs ou de véhicules, répartition horaire, éventuellement ventilés par voie ou par ligne. Il est difficile d'en déduire des chiffres de mobilité, impossible de connaître les caractéristiques individuelles des personnes qui se sont déplacées (âge, sexe, catégorie socioprofessionnelle, revenu, taux de motorisation, etc.), pas plus que celles du déplacement effectué (motif, origine et destination, durée totale, etc.). Il faut donc recourir à des enquêtes spécifiques concernant la mobilité. A vrai dire, celle-ci ne s'identifie pas de façon absolue à la demande de transport. Elle ne correspond qu'à la fraction de la demande qui a été réalisée. La demande « latente » (1) lui échappe. Cela a conduit certains spécialistes à orienter les enquêtes moins vers la mobilité effective que vers la mobilité souhaitée. Jusqu'à une date récente, où ont été mises au point des méthodes telles que celle des programmes d'activités, ces expériences n'avaient pas été convaincantes ; dans ce domaine comme dans d'autres, lorsqu'il est possible de comparer *a posteriori* les comportements effectifs à ceux qui avaient été annoncés, on constate qu'il n'y a guère de rapports et qu'en tout cas, aucune prévision crédible ne peut être fondée sur des déclarations d'intention. Aussi est-il recommandé de se limiter, dans les enquêtes, à la mobilité réalisée au cours d'une période récente (pour limiter les oubli).

Les enquêtes sur la mobilité sont généralement des enquêtes par sondage effectuées au domicile : toute autre méthode d'enquête (sur le lieu de travail, dans les moyens de transport) ne permettrait pas de constituer un échantillon représentatif de l'ensemble de la population. On considère qu'un échantillon couvrant 1 % de la population constitue une bonne base d'analyse. Toutes les

personnes du ménage sont interrogées, en général sur leurs déplacements de la veille (et sur un jour ouvré plus significatif qu'un jour férié). Une variante de cette méthode consiste à remettre aux personnes enquêtées un carnet où, pendant une semaine, par exemple, elles notent leurs déplacements, avec leurs caractéristiques. Ces enquêtes par sondage ont l'avantage de permettre de réunir une information très détaillée sur les caractéristiques individuelles des personnes enquêtées et surtout sur les déplacements effectués : motif, origine et destination, moyen de transport utilisé, horaire, durée, modalités de stationnement, titre de transport, etc. (les renseignements concernant l'ensemble du ménage sont également importants : composition de celui-ci, véhicules à la disposition du ménage, caractéristiques du lieu de résidence, etc.). Le taux d'omission estimé, lors de telles enquêtes, est de l'ordre de 10 à 20 %. Il est cependant plus élevé si l'on prétend recenser aussi les déplacements effectués à pied : la notion même de déplacement a alors, besoin d'être précisée avec rigueur, car ces déplacements pédestres doivent être bien distingués de ceux qui ont nécessité l'emploi d'un moyen de transport, sinon des erreurs d'interprétation risquent d'être commises.

Les enquêtes par sondage présentent, cependant, des inconvénients :

— pour choisir l'échantillon, il faut disposer d'une base de sondage, c'est-à-dire d'une liste complète et à jour de tous les ménages : un recensement récent pourra en fournir une ; s'il est déjà ancien, il faudra l'actualiser, par exemple à partir des données concernant la construction de logements ; s'il n'existe pas ou s'il n'est guère fiable, il faudra d'abord définir un échantillon de quartiers et, pour les quartiers retenus seulement, établir une liste exhaustive pour extraire un échantillon de ménages (sondage à deux degrés) ;

— l'effectif interrogé étant réduit, l'analyse des résultats ne pourra pas être menée à un niveau très fin, sur le plan géographique par exemple, car les erreurs aléatoires dues au sondage seraient trop importantes ;

— le coût de cette méthode (plus de 500 F par ménage, analyse non comprise, en France en 1985) enfin est élevé et limite la taille de l'échantillon.

Devant ce coût élevé et le désir de disposer d'informations concernant une fraction plus large, voire l'ensemble de la population, on peut songer à ne pas faire d'enquête spécifique sur la mobilité, mais à ajouter quelques questions sur ce sujet à une enquête plus générale ou sur un autre sujet.

S'il s'agit d'autres enquêtes par sondage, ce ne peut être qu'une mesure d'économie qui ne résout pas les questions liées à la taille de l'échantillon. Les recensements de la population, par contre, offrent une possibilité d'avoir une information concernant l'ensemble de la population. Mais ceux qui souhaitent utiliser le canal du recensement sont en général nombreux et les autorités responsables du recensement limitent drastiquement le nombre de questions, faute de quoi les personnes recensées, qui doivent remplir elles-mêmes les formulaires, risqueraient de ne pas répondre ou de le faire mal. Aussi, sauf exception favorable (tel le questionnaire sur les migrations alternantes qui a été intégré en Région parisienne et dans certaines autres villes au recensement de 1962), il n'est pas possible de poser un nombre limité de questions très simples, par exemple sur les automobiles à la disposition du ménage, sur le lieu de travail et parfois sur le moyen de transport utilisé pour s'y rendre.

(1) Voir première partie, chapitre 2.

Ces éléments sont cependant précieux car ils permettent, pour la motorisation et pour les migrations alternantes, des analyses fines en fonction des caractéristiques individuelles. Malheureusement, les recensements sont peu fréquents (tous les 5 à 10 ans) et leur dépouillement est très lent.

En pratique, il est souvent intéressant d'effectuer un usage combiné du recensement et d'une enquête par sondage, réalisée peu après celui-ci, en l'utilisant comme base de sondage : c'est ce qui est pratiqué en région Ile-de-France.

Les méthodes d'analyse de la mobilité

Les principaux thèmes d'analyse sont les suivants :

- la motorisation des ménages selon leurs principales caractéristiques ;
- le niveau de la mobilité, exprimé par le nombre de déplacements nécessitant l'emploi d'un moyen de transport, un jour ouvré par ménage ou par personne, ou par personne de plus de six ans, analysé selon les caractéristiques du ménage (revenu, motorisation, lieu de résidence), celles de son chef (profession, etc.) et celles de la personne concernée ;
- les migrations alternantes, qui font en général l'objet d'une étude très détaillée, justifiée par leur importance prépondérante dans le trafic des heures de pointe, celui qui conditionne la dimension et la capacité des réseaux de transport. Sont, en particulier, étudiés la répartition horaire (pointes), les moyens de transport utilisés et les caractéristiques des flux. Parmi les indicateurs les plus utiles, il y a :

- le taux d'emploi : _____ ;	emploi offert
	population active résidente
- le taux de non-migration : _____ ;	actifs travaillant sur place (2)
	population active résidente
- le taux de migrations vers le centre : _____ ;	actifs travaillant au centre
	population active résidente

ces rapports seront établis pour l'ensemble de la population puis pour différentes catégories (par exemple : catégories socioprofessionnelles, classes d'âge, sexe) ;

— les déplacements pour d'autres motifs (affaires, achats, loisirs, etc.), qui constituent la majorité de la mobilité, même si ce n'est pas le cas en heure de pointe, et qui fournissent donc des informations importantes pour comprendre la croissance future de la mobilité. L'analyse multipliera les croisements entre le motif du déplacement, le moyen de transport utilisé, les caractéristiques du déplacement (origine et destination, horaire...) et celles de la personne.

(2) « Sur place » peut signifier dans le même quartier ou la même commune ou toute autre unité géographique à préciser.

Ces analyses fournissent des schémas explicatifs qui peuvent ensuite être formalisés à travers des modèles mathématiques ajustables. Ces modèles portent notamment sur les schémas géographiques de la mobilité et, en particulier, des migrations alternantes (modèles de distribution géographique de la mobilité) et sur la répartition des usagers entre les différents moyens de transport (modèles de choix modal).

La demande latente

En termes économiques, la demande latente correspond à une insuffisance de l'offre et se révèle si l'offre est améliorée. L'analyse est cependant compliquée parce que cette offre insuffisante conduit certains usagers, non à annuler le déplacement projeté, mais à l'effectuer à pied ou par un autre moyen de transport (bicyclette, par exemple) : c'est particulièrement fréquent dans les pays en développement. Il y a donc une demande latente proprement dite et une demande exprimée par des moyens non motorisés.

Quelques voies permettent cependant d'approcher cette demande latente. La première consiste à comparer la mobilité des ménages (ou de personnes) dont les caractéristiques sont semblables, mais qui bénéficient de conditions de desserte très différentes : par exemple, entre un quartier desservi par métro (ou RER pour la banlieue de Paris) et un quartier ayant les mêmes caractéristiques (situation, type de tissu urbain) et une population comparable (revenus, etc.), mais desservi de façon médiocre (par autobus, par exemple). De même, la comparaison entre la mobilité des ménages disposant de deux, d'une seule ou d'aucune automobile, à taille de ménage et à revenu constant, fait bien apparaître l'effet d'accélération de la mobilité joué par la motorisation. La mobilité permettant l'accès à des « opportunités » (lieux de loisirs, d'achats, etc.) plus nombreuses, c'est là une raison suffisante, pour ne pas chercher à limiter la possession de l'automobile.

Les comparaisons entre agglomérations, bénéficiant de dessertes de qualité très différentes, mais où les revenus sont comparables, peuvent aussi permettre d'apprécier la demande latente (20 % de mobilité de plus à Londres ou à Rome qu'à Paris vers 1965).

Une dernière méthode, plus efficace, consiste à profiter de la réalisation d'une infrastructure nouvelle pour comparer la mobilité « avant » et « après » la mise en service : ainsi, lors de l'ouverture de l'autoroute du Sud (1960), 70 % des ménages desservis avaient vu croître leur mobilité, plus de la moitié avaient modifié leurs comportements (lieux d'achats ou de loisirs, par exemple) et l'utilisation de l'automobile, pour les migrations alternantes, avait augmenté de 30 % (3). Lors de l'incorporation de la ligne de Boissy-Saint-Léger au RER en 1969, le trafic a quadruplé, la mobilité des personnes desservies a augmenté de 21,5 % (surtout celle des femmes non motorisées, des jeunes et des étudiants) et 10 % des automobilistes de la zone desservie ont abandonné leur véhicule au profit du RER pour leurs migrations alternantes.

(3) Cf. Pierre Merlin, *Les transports parisiens*, op. cit.

Les informations sur l'offre actuelle

Les transports en commun

La principale source d'information provient des sociétés exploitant les transports en commun. Les principaux renseignements qui qualifient le service offert sont faciles à obtenir. Il s'agit :

- du tracé des lignes et de l'implantation des points d'arrêt ;
- des horaires, et donc de la durée de trajet ;
- des fréquences (en distinguant les heures de pointe et les heures creuses) ;
- de la capacité des véhicules (et donc, compte tenu de la fréquence en heure de pointe, de la capacité horaire maximale) ;
- de toutes les autres caractéristiques des véhicules, des stations, etc., et, en particulier, celles qui ont trait au confort de l'usager ;
- des tarifs, et donc du coût pour l'usager ;
- mais aussi du service assuré (véhicules-kilomètres), du trafic (voyageurs-kilomètres), de l'exploitation et du niveau de sécurité, du personnel et des résultats financiers (recettes et dépenses, subventions, investissements, etc.).

Toutefois, si ces renseignements sont généralement précis en ce qui concerne les grandes sociétés exploitantes (SNCF, RATP, sociétés des grandes villes) (4), encore qu'ils ne soient pas toujours publiés, il n'en va pas toujours de même pour les sociétés plus petites :

— dans les villes moyennes, ces renseignements, pas toujours publiés, doivent être obtenus auprès des sociétés ou des services publics (Directions départementales de l'Équipement) qui en assurent la tutelle (5).

— parfois, il est difficile de distinguer trafic de voyageurs et de marchandises et surtout trafic urbain et trafic interurbain. C'est le cas de la SNCF où, si les services sont classés en grandes lignes et banlieue, les effectifs en personnel et les coûts, voire certaines recettes, ne sont pas aisés à ventiler.

Il reste enfin un type de transporteurs très mal connu : les taxis. Les tarifs qu'ils pratiquent et leur nombre exact sont difficiles à connaître surtout lorsqu'il y a, comme dans certaines villes du Tiers Monde, ou des pays socialistes, des taxis clandestins. En ce qui concerne leur trafic (nombre de courses, longueur moyenne de celles-ci, etc.), seules des estimations sont disponibles.

Il importe de s'interroger, avant d'utiliser ces informations, sur leur qualité et leur fiabilité. Celles-ci sont généralement satisfaisantes pour les grands organismes des villes des pays développés. Elles sont parfois plus approximatives (estimations plus sommaires, parfois même, exceptionnellement, volontairement

(4) En Ile-de-France, ces informations figurent dans les rapports annuels de la RATP.

(5) Pour les villes de province, voir la brochure annuelle, *C'est un réseau...*, op. cit.

déformées pour tromper les autorités de tutelle) pour certains petits exploitants, du reste mal outillés pour établir des statistiques. Dans les pays en développement, il n'est pas rare que les données officielles soient exemptes de toute crédibilité à cause d'une :

- sous-estimation du trafic liée au détournement d'une partie des recettes ;
- surestimation de l'offre, le service réel étant inférieur au service annoncé, par exemple parce que de nombreux véhicules sont hors service, etc.

Les transports individuels

L'information est encore plus médiocre en ce qui concerne le parc de véhicules individuels et, *a fortiori*, leur utilisation.

Le parc de véhicules peut être appréhendé en se référant à plusieurs sources :

— les immatriculations de véhicules (ce qui exclut les véhicules non immatriculés, c'est-à-dire la majorité des véhicules à deux roues) ; les disparitions de véhicules n'étant pas toujours signalées, il y a un risque de surestimation ;

— les statistiques fiscales concernant les taxes sur les véhicules (la « vignette » en France), mais celles-ci peuvent faire l'objet de fraudes et concernent également les véhicules qui ne sont pas à la disposition des particuliers ;

— les ventes (ou les immatriculations) de véhicules, connues par les constructeurs (et les garages pour les véhicules d'occasion), mais elles ne fournissent que les mises en exploitation et non le stock ;

— les enquêtes auprès des ménages (recensements, enquêtes sur la mobilité) mais certains ménages ne sont pas enquêtés (absents de longue durée, personnes vivant en collectivité ou en foyer, etc.).

Aussi surprenant que cela puisse paraître, il n'existe que des estimations concernant le nombre de véhicules en circulation, obtenues généralement à partir de statistiques fiscales et d'enquêtes, dont le degré d'imprécision peut atteindre 10 % environ dans les grandes villes des pays développés, voire plus lorsqu'il est difficile de distinguer entre le cadre urbain et le cadre rural. L'imprécision peut être encore plus grande dans les villes des pays en développement ou lorsqu'il n'existe pas de taxe annuelle sur les véhicules. Pour les deux-roues, l'imprécision des estimations atteint 20 %, même dans les pays développés. Ce sont, là encore, les enquêtes sur la mobilité et les recensements qui constituent la meilleure source concernant les véhicules (automobiles et deux-roues), dont disposent les ménages.

L'utilisation de ces véhicules est encore plus mal connue. Elle peut être estimée, soit indirectement par la consommation de carburant (mais il faut distinguer emploi urbain et emploi interurbain), soit par des comptages (qui permettent surtout de déceler les évolutions), soit à nouveau par des enquêtes sur la mobilité. La précision est de 5 à 10 % dans les meilleurs cas.

Les caractéristiques de la voirie sont connues par les services qui la

gèrent. Il convient de préciser leur classement (voies rapides, voies artérielles, desserte locale) et leur capacité. L'utilisation des photographies aériennes est très précieuse pour connaître les caractéristiques géométriques des voies, les flux de véhicules, leur vitesse, etc. Elles sont aussi très utiles pour les études de stationnement (stationnement sur la voie publique, dans des espaces privés tels que les cours d'immeubles, rotation des véhicules, etc.). Les enquêtes sur la mobilité fournissent encore des informations précieuses sur le stationnement (motif du déplacement, durée de l'arrêt, prix payé, etc.).

Au total, si la connaissance de l'offre est l'aspect le plus facile des études de transport, puisqu'elle se limite essentiellement à l'analyse de données déjà élaborées, il convient d'adopter une attitude de grande prudence quant à la qualité et même à la fiabilité de ces données. Il faut veiller à toujours opérer le maximum de recoupements, par exemple entre les statistiques des transporteurs et les résultats des enquêtes sur la mobilité. Dans tous les cas, il faut être conscient qu'une précision à 10 % près est rare à obtenir dans les pays développés, plus encore dans les pays en développement. Cette précision est donc du même ordre que celle obtenue à partir des enquêtes sur la mobilité.

Deuxième partie / chapitre 2

La planification des transports urbains dans les pays développés

Il y a un quart de siècle environ, les grandes villes américaines ont entrepris, sous la pression du *lobby* routier, de se doter de véritables réseaux d'autoroutes urbaines. Pour mener les études qui devaient justifier ce très lourd investissement, des modèles mathématiques furent mis au point à partir de l'analyse de la mobilité. Cette méthode, qui fut, peu après, adaptée (ou seulement adoptée) en Europe est la « méthode classique » de planification. Elle est encore largement utilisée aujourd'hui, bien qu'elle ait fait l'objet de nombreuses critiques et que de nombreux auteurs aient tenté, avec un succès très partiel, d'élaborer des méthodes alternatives.

La méthode « classique » de prévision de la demande

La méthode classique de prévision de la demande suppose que la personne qui envisage d'effectuer un déplacement procède à des choix successifs : un modèle sert à simuler chacun de ces choix. La méthode classique se présente donc sous la forme d'une chaîne de modèles séquentiels :

- modèle de génération de trafic (choix de se déplacer ou non) ;
- modèle de distribution géographique (choix de la destination) ;
- modèle de répartition horaire (choix de l'horaire) ;
- modèle de choix modal (choix du mode de transport) ;
- modèle de choix entre itinéraires (choix des lignes ou des axes de transport).

Les modèles de la méthode classique aboutissent à une prévision de la demande future. Celle-ci est alors confrontée à l'offre actuelle pour déterminer les infrastructures nouvelles nécessaires pour faire face à cette demande accrue. L'analyse économique permet de déterminer la rentabilité et le degré de priorité entre ces projets.

La prévision de la demande globale

La mobilité croît avec le niveau de revenu et avec le taux de motorisation, lui-même lié au revenu. Cette observation est à la base de la détermination, à vrai dire le plus souvent très sommaire, du niveau général de la mobilité dans l'agglomération à l'horizon des prévisions. On se contente le plus souvent de supposer qu'une population, dont le revenu prévu est R , aura le niveau de mobilité (nombre de déplacements par ménage ou par personne) qu'ont actuellement les populations dont le revenu actuel est R . Cette méthode peut être appliquée à l'ensemble de la population en utilisant son revenu moyen R ou, ce qui est plus satisfaisant, en tenant compte des tranches de revenu. Dans les deux cas, la méthode a l'inconvénient de supposer implicitement que l'élasticité de la mobilité par rapport au revenu est constante dans le temps et dans l'espace.

Il est regrettable que, dans la plupart des études, cette phase de prévision de la demande globale soit littéralement bâclée. Le niveau général de mobilité retenu conditionne en effet la capacité des réseaux nécessaires. Or, le volume global des investissements qui apparaîtront utiles à la fin de l'étude est pré-déterminé par la prévision de la demande globale. Il n'est donc pas sage de s'en remettre aux seules études de rentabilité économique pour limiter le volume des investissements. Certes, en cas de surestimation de la demande, il restera toujours possible, en cours d'exécution du plan, de ralentir le rythme de construction des infrastructures. L'hypothèse inverse est plus gênante, mais ce constat ne doit pas conduire à surestimer systématiquement les besoins, ce qui est déjà la tendance spontanée.

Pour améliorer les méthodes décrites ci-dessus, il est bon d'utiliser des informations sur le niveau de mobilité dans la ville étudiée à plusieurs dates successives. En appliquant la prévision par tranche de revenu entre deux dates t_0 et t_1 , il est possible de comparer le résultat ainsi obtenu pour t_1 au résultat réel observé à cette date. L'écart traduit la variation de l'élasticité de la demande par rapport au revenu. Il est alors possible d'en tenir compte pour des prévisions entre t_1 et une date future t_2 .

Les modèles de distribution géographique des déplacements

Une fois déterminé le volume de la demande globale, il faut estimer les flux de déplacements, c'est-à-dire le nombre de déplacements entre chaque secteur d'origine et chaque secteur de destination. Ce calcul correspond, dans les fondements de la méthode classique, à la question relative à la destination du déplacement, une fois prise la décision de l'effectuer.

Le plus souvent, il s'agit surtout de déterminer avec la meilleure précision possible les flux de migrations alternantes (déplacements quotidiens domicile-travail) dans la mesure où ils constituent la plus grande partie du trafic à l'heure de pointe, surtout sur les axes radiaux reliant les quartiers d'habitat de banlieue au centre des affaires (60 % en région de Paris en 1976). C'est, de plus, la demande en heure de pointe qui conditionne la capacité nécessaire des

réseaux de transport. En fait, cet intérêt prioritaire accordé aux migrations alternantes était justifié quand celles-ci étaient réellement prépondérantes en heure de pointe, au moins sur les axes radiaux (80 % en région de Paris en 1961). Mais lorsque le volume des migrations alternantes est en diminution (le rapport migrations alternantes en heure de pointe/total des déplacements en heure de pointe est ainsi passé de 0,8 à 0,6 en quinze ans en région de Paris), cette simplification devient abusive. Quoi qu'il en soit, les modèles qui servent à déterminer les flux d'origine et de destination des déplacements peuvent aussi bien être appliqués aux seules migrations alternantes, ou à la mobilité globale, voire aux déplacements pour un motif particulier (achats par exemple).

Les flux de déplacements prévus vont être présentés sous la forme de tableaux (matrices) dont les lignes correspondent aux différentes origines possibles et les colonnes aux différentes destinations. Le volume de ces matrices, et donc des calculs nécessaires, dépend de la finesse du découpage géographique utilisé (il varie comme le carré du nombre de secteurs ou quartiers de ce découpage). Le nombre de secteurs établi fait en fonction de la précision requise (ce qui est lié à la précision des données de départ), des moyens de calculs disponibles et de la taille de l'agglomération : pour une petite ville, il suffit de délimiter quelques dizaines de secteurs, alors que pour une très grande agglomération il faudra en utiliser plus de cent. Dans tous les cas, les secteurs devront être aussi homogènes que possible sur le plan de la population et des activités, mais aussi sur le plan de la desserte par les transports.

Les modèles de distribution géographique des déplacements, qui visent à établir les matrices origine/destination peuvent reposer sur l'un ou l'autre des deux principes suivants :

— soit sur les flux actuels (connus par les enquêtes sur la mobilité), que l'on cherche à actualiser à l'horizon de l'étude en tenant compte de l'évolution prévue de l'agglomération (population, activités, lieux d'achats et de loisirs...) ;

— soit sur une formulation mathématique qui rende compte de façon satisfaisante des flux actuels (on dit qu'on ajuste le modèle sur les flux actuels) et qui est ensuite appliquée aux données caractérisant l'état futur de l'agglomération.

Dans les deux familles de modèles, une continuité par rapport à la situation existante est supposée, mais elle l'est plus dans la première approche que dans la seconde. Ces différents modèles seront présentés, ici, successivement, en limitant les aspects mathématiques à l'essentiel (1), avant de comparer leurs avantages et leurs inconvénients pour dégager les cas où il est préférable d'appliquer tel ou tel d'entre eux.

La méthode des facteurs de croissance est la plus simple. Elle considère que le flux t_{ij}^1 entre l'origine i et la destination j à la date de prévision 1 est égal au flux actuel t_{ij}^0 corrigé par un ou plusieurs facteurs de croissance qui caractérisent l'évolution des facteurs de la demande. Il est possible de retenir soit un

(1) Pour plus de détails sur les aspects méthodologiques, voir Pierre Merlin, *La planification des transports urbains, enjeux et méthodes*, Masson, Paris, 1984, 220 pages.

facteur F unique pour toute l'agglomération, soit un par secteur i , soit F_i . Celui-ci peut représenter l'évolution prévue de la population ou celle des emplois, etc. Plusieurs formulations mathématiques sont possibles :

— utiliser la moyenne arithmétique des fonctions de croissance des secteurs d'origine et de destination :

$$t_{ij}^1 = t_{ij}^0 \times \frac{F_i + F_j}{2}$$

— ou utiliser la moyenne géométrique (méthode de Detroit) :

$$t_{ij}^1 = t_{ij}^0 \times \frac{F_i \times F_j}{F}$$

où F est le facteur de croissance pour l'agglomération entière, ce qui conduit à des résultats plus satisfaisants ;

— ou encore une formule plus complexe, due à Fratar et qui a été utilisée à Cleveland :

$$t_{ij}^1 = t_{ij}^0 \times F_i \times F_j \times \frac{\sum_j t_{ij}}{\sum_j t_{ij} \times F_j}$$

Cette dernière formule, qui est la forme la plus utilisée des facteurs de croissance, suppose que tous les flux sont multipliés par le facteur de croissance du secteur d'origine F_i et pondérés par la valeur relative du facteur du secteur de destination F_j .

La méthode des facteurs de croissance peut paraître simpliste. Elle néglige :

- les modifications de structure de l'agglomération entre les dates 0 et 1 ;
- les modifications des réseaux de transports entre les dates 0 et 1 ;
- les modifications de comportement des usagers entre les dates 0 et 1 ;
- les modifications de frontières entre les secteurs entre les dates 0 et 1.

Pour ces différentes raisons, la méthode des facteurs de croissance est inadaptée à une prévision à long terme où ces éléments ne restent pas invariables. Par contre, pour une prévision à moyen terme, la prévision des flux futurs à partir des flux actuels évite des écarts trop importants.

Pour des prévisions à plus long terme, il est préférable de recourir à des modèles qui reconstituent les flux futurs sans tenir compte des flux actuels. Le modèle gravitaire est le plus généralement utilisé, notamment pour la prévision des migrations alternantes. Il considère que le flux t_{ij} entre un secteur d'origine i et un secteur de destination j est proportionnel à la population active A_i du secteur i et à l'emploi E_j du secteur j et qu'il décroît avec la distance D_{ij} qui les sépare :

$$t_{ij} = a A_i \times E_j \times f(D_{ij})$$

La fonction $f(D_{ij})$ est appelée fonction de résistance au trafic. Deux formulations mathématiques peuvent être utilisées au choix :

— soit une fonction puissance :

$$f(D_{ij}) = \frac{1}{D_{ij}^\beta}$$

où le paramètre β caractérise la « résistance » au déplacement en fonction de la distance. On écrit alors :

$$t_{ij} = a A_i \times E_j \times \frac{1}{D_{ij}^\beta}$$

— soit une fonction exponentielle :

$$f(D_{ij}) = e^{-\beta' \cdot D_{ij}}$$

où le paramètre β' a le même rôle que β dans le cas précédent. D'où :

$$t_{ij} = a' A_i \times E_j \times e^{-\beta' \cdot D_{ij}}$$

Pour caractériser la distance D_{ij} entre deux secteurs i et j , on a d'abord utilisé la distance à vol d'oiseau, enfin le coût généralisé (2). Les calculs complets comportent la détermination α et β ou β' à partir des flux t_{ij}^0 observés lors d'une enquête récente (3), puis des ajustements pour assurer le respect des « conditions de fermeture » :

$$A_i = \sum_j t_{ij}$$

et :

$$E_j = \sum_i t_{ij}$$

ce qui nécessite des corrections (4).

Diverses améliorations du modèle gravitaire, qui conduisent à en compliquer l'expression mathématique, ont été proposées par la suite. La plupart n'apportent pas de progrès à la mesure de cette complication. La plus intéressante est sans doute celle mise au point par la Société d'Etudes techniques et économiques (SETEC) qui consiste à prendre aussi en compte les flux observés à la date actuelle : c'est, en quelque sorte, un modèle intermédiaire entre la méthode des facteurs de croissance et le modèle gravitaire de base qui semble bien adapté aux prévisions à moyen terme (dix à vingt ans).

(2) Le coût généralisé a été défini dans la première partie, chapitres 2 et 3. Sa détermination sera traitée ci-dessous (voir modèles de choix du mode de transport).

(3) On procède par transformation logarithmique :

$$\log \frac{t_{ij}}{A_i \times E_j} = \log \alpha - \beta \times \log D_{ij} \text{ ou :}$$

$$\log \frac{t_{ij}}{A_i \times E_j} = \log a' - \beta' \cdot D_{ij}$$

On déduit α et β (ou a' et β') à partir de ces séries de relations par la méthode des moindres carrés.

(4) Plusieurs méthodes d'ajustement sont possibles :

— la méthode des moindres carrés : on minimise la somme des carrés des écarts entre les flux t_{ij} observés et les flux calculés par le modèle, en utilisant 2 n (n étant le nombre de secteurs) multiplicateurs de Lagrange ;

— la méthode des facteurs correctifs (voir méthode des facteurs de croissance) par itérations successives, jusqu'à une convergence suffisante.

Le modèle gravitaire nécessite des calculs lourds, menés sur ordinateur. Il est permis de se demander si le paramètre β , qui joue un rôle central dans la structure du modèle, doit avoir la même valeur pour différentes catégories de population ou de déplacements. Cependant l'expérience a montré qu'il n'était guère intéressant de décomposer en sous-modèles par catégories socioprofessionnelles. Il faut surtout s'interroger, ce qui est rarement pratiqué, sur l'évolution possible du paramètre β dans le futur : la résistance à la distance va-t-elle augmenter ou se réduire ? Des arguments peuvent être avancés dans les deux sens et l'expérience, à partir des enquêtes portant maintenant sur une vingtaine d'années, semble montrer qu'il varie peu. Encore convient-il d'étudier cette évolution dans le temps et d'effectuer des comparaisons entre villes où le niveau de vie est comparable.

Le principal reproche à faire au modèle gravitaire est qu'il repose sur une analogie [avec la loi de la gravitation universelle et avec celle du magnétisme (5)] et non sur une explication du comportement des citadins qui se déplacent. A.G. Wilson a apporté par la suite une justification du modèle gravitaire qui repose sur la théorie de l'information, mais cette justification mathématique ne saurait tenir lieu d'explication des comportements.

Un modèle reposant sur une explication du comportement des usagers en matière de déplacements a été utilisé dès les années cinquante à Pittsburgh et Chicago, puis à Paris ; il s'agit du *modèle des opportunités*, beaucoup plus rarement utilisé que le modèle gravitaire. Il part de l'hypothèse que l'usager cherche à réduire la longueur de ses déplacements, par exemple pour les migrations alternantes en acceptant l'emploi le plus proche de chez lui qui réponde à certaines contraintes en matière de qualification notamment. Les différentes destinations possibles sont donc classées selon leur distance croissante. Chaque emploi a une probabilité b d'être acceptable. L'usager choisira donc un emploi dans la zone i , où il y a dE emplois, avec une probabilité $b \times dE$, à condition qu'il n'ait pas trouvé un emploi plus proche au préalable. Ce schéma explicatif permet de construire un modèle probabiliste dont l'expression mathématique (*) est un peu moins simple, et qui donne lieu à des calculs aussi lourds que le modèle gravitaire.

(5) La formule mathématique du modèle gravitaire (dans sa forme puissance) est en effet la même que celle de la gravitation universelle (loi de Newton) et celle du magnétisme.

(*) La probabilité de se rendre dans la zone j est :

$$dP = (1 \times P) \times b \times dE \text{ ou :}$$

$$\frac{dP}{1-P} = b \times dE, \text{ ce qui devient après intégration :}$$

$$P = 1 - e^{-b \times E} \text{ (car } P = 0 \text{ pour } E = 0\text{).}$$

Le flux entre les zones i et j est le produit du nombre d'actifs A_i de la zone de départ i par la probabilité de choisir un emploi dans la zone j (et donc de ne pas en avoir déjà choisi un dans les zones plus proches que j). Donc :

$$t_{ij} = A_i [P(\sum_j E_j) - P(\sum_{j=1}^{i-1} E_j)] \text{ ce qui s'écrit encore :}$$

$$t_{ij} = A_i \times e^{-b \sum_{j=0}^{i-1} E_j} (1 - e^{-b \times E_j}).$$

Comme pour ce dernier, il est nécessaire de procéder à des corrections par itérations successives pour respecter les « conditions de fermeture ». Le paramètre essentiel est le paramètre b qui joue un rôle tout à fait semblable à celui de β dans le modèle gravitaire : il pose les mêmes questions quant à sa constance entre les catégories de population, entre les types de déplacements et surtout quant à son évolution prévisible dans le temps. Son avantage sur ce dernier est qu'il est fondé sur une explication vraisemblable du comportement des usagers qui choisissent une destination.

La répartition horaire

C'est une des phases dont l'importance est négligée dans la plupart des études de transport. Pourtant, elle est essentielle, puisqu'elle permet de déterminer la demande en heure de pointe, c'est-à-dire celle qui conditionne la capacité nécessaire des réseaux, donc le volume des investissements.

Le plus souvent, on détermine, à l'aide d'un modèle de distribution géographique, les flux t_{ij} de migrations alternantes, puisqu'ils constituent la majeure partie du trafic en heure de pointe. Il faut appliquer à ces flux de migrations alternantes un coefficient de pointe des migrations alternantes, soit p_{ij} , puis un coefficient multiplicateur correspondant aux déplacements pour d'autres motifs que les migrations alternantes m_{ij} . La demande totale en heure de pointe T_{ij}^p est égale à :

$$T_{ij}^p = t_{ij} \times p_{ij} \times m_{ij}$$

où :

$$p_{ij} = \frac{t_{ij}^p}{t_{ij}}$$

et :

$$m_{ij} = \frac{T_{ij}^p}{t_{ij}^p}$$

Là encore, il convient de ne pas négliger, pour les prévisions, de s'interroger sur le sens de l'évolution des coefficients m et p . Les coefficients m tendent à augmenter avec l'augmentation de la mobilité, qui accompagne elle-même celle du niveau de vie. Au contraire, les coefficients p diminuent lentement avec l'étalement des horaires de travail.

Les modèles de choix modal

Le problème du choix des usagers entre différents moyens de transport a fait l'objet de nombreuses études et de multiples modèles. Parmi ces modèles, certains sont très frustes. Ils ont pourtant été utilisés dans les premières études, souvent avant 1960, aux Etats-Unis, dans un contexte où la généralisation de

l'automobile était considérée comme inéluctable et où les usagers des transports en commun étaient traités de manière résiduelle. Des modèles plus perfectionnés ont été établis au début des années soixante quand une place centrale a été accordée au choix du moyen de transport. Ces modèles ont été développés simultanément aux Etats-Unis, en France et en Grande-Bretagne. Ils seront présentés, ici, brièvement et l'analyse privilégiera les modèles de base de la deuxième génération:

Le plus connu des modèles de la première génération est celui qu'Adams a mis au point pour l'étude des transports à Detroit, première grande étude à l'échelle d'une métropole américaine. A partir d'enquêtes effectuées dans 22 villes américaines, il a établi une relation par régression multiple semi-logarithmique qui fournit la proportion Y d'usagers des transports en commun en fonction des caractéristiques de la ville :

$$Y = a + b_1 \log P + b_2 \log F + b_3 \log T + b_4 \log U + b_5 \log S.$$

où : P est la population.

F est un facteur économique (6).

T est un facteur de niveau de service (6).

U est le facteur d'utilisation du sol (qui tient compte de celle-ci, mais aussi des distances aux centres d'activités de la ville),

S est la surface du sol urbanisé.

Ce modèle fournit de bons résultats pour une agglomération entière, mais ceux-ci sont très médiocres au niveau du quartier.

D'autres modèles de cette première génération reposent sur des courbes d'affectation, c'est-à-dire des courbes qui indiquent la proportion des usagers de l'un des modes de transport concurrents, par exemple l'automobile, en fonction de diverses variables. Ainsi, à Cleveland, ce pourcentage est établi en fonction du rapport des accessibilités aux zones d'emploi par l'un et l'autre mode de transport. A Toronto, a été retenu le rapport des temps de trajet, en distinguant selon le niveau économique (facteur F d'Adams) et la fréquence des transports en commun.

Le principal inconvénient de ces modèles de la première génération est qu'ils ne sont pas transposables d'une ville à l'autre à cause de leur caractère empirique. De même, leur application en prévision, surtout à long terme, est très contestable. Enfin, ils ont été construits en fonction d'une hypothèse de déclin définitif des transports en commun.

Les modèles de la deuxième génération reposent essentiellement sur la théorie de l'utilité, et plus précisément sur l'hypothèse d'un arbitrage par l'usager

(6) Ces facteurs ont eux-mêmes une expression complexe :

$$F = \left(\frac{T}{E} \right)^{3,5} \times \left(\frac{L}{E} \right)^{1,5} \times \frac{P}{A} \times \left(\frac{L}{A} \right)^{1,5} \quad \text{avec : } E : \text{emplois (nombre)}, \\ L : \text{logements (nombre)}, \\ A : \text{automobiles (nombre)}$$

et $T = \frac{K}{P^{1,5} \times S^{0,25}} \times \left(\frac{V_{TC}}{V_A} \right)^{0,5}$. avec : K : voiture X miles,
 V_{TC} : vitesse des transports en commun
 V_A : vitesse des automobiles.

entre le temps et l'argent (et parfois le confort). Trois modèles de base ont ainsi été définis, puis améliorés.

Le modèle de Warner, utilisant des enquêtes effectuées dans la banlieue de Chicago, établit une courbe d'affectation qui a la forme d'une courbe logistique (7) de la probabilité de choisir un des modes de transport selon la valeur prise par une fonction z, dite fonction discriminante, des caractéristiques des usagers (revenu, taux de motorisation, etc.) et de celles du déplacement (temps et coûts de trajet par les deux modes concurrents). Ce modèle a ensuite été amélioré par Quarmby, Stopher et Watson notamment (8). Il demeure le plus employé. Son principal avantage est d'être établi à partir d'observations au niveau de chaque usager (on dit que c'est un modèle désagrégé) et non à partir de moyennes, par quartier par exemple. Il ne fournit cependant pas d'explication du comportement des usagers.

Le modèle de Beesley (voir figure 6), mis au point à partir d'une enquête sur les migrations quotidiennes des employés du ministère des Transports à Londres, repose sur l'idée de l'arbitrage entre temps et argent. Soit t_1 et t_2 les temps de trajet et C_1 et C_2 les coûts respectivement en automobile et en transport en commun, l'usager a un comportement rationnel s'il choisit l'automobile lorsque :

$$C_1 - C_2 \times \lambda (t_1 - t_2) \leq a$$

où λ représente la valeur du temps passé en déplacement et a traduit la préférence pour l'automobile.

(7) La probabilité $P(z)$ s'écrit :

$$P(z) = \frac{e^{\alpha z + \beta}}{1 + e^{\alpha z + \beta}} \quad \text{avec}$$

$$z = a_0 + a_1 \log \frac{t_2}{t_1} + a_2 \log \frac{C_2}{C_1} + a_3 \log R + a_4 \frac{\log R}{m}$$

où t_1 et t_2 sont les temps de trajet par les modes 1 et 2,
 C_1 et C_2 sont les coûts de déplacement par les modes 1 et 2,
 R est le revenu du ménage,
 m est le taux de motorisation.

Les paramètres α et β sont ajustés par régression multiple à partir de la relation :

$$\alpha z + \beta = \log \frac{P(z)}{1 - P(z)}$$

(8) Quarmby, se référant à la théorie de l'utilité, définit une désutilité d'un déplacement comme une fonction linéaire de coûts et de temps de transport :

$$z = \sum_i \lambda_i x_i \quad \text{où } x_i \text{ représente les temps et les coûts et } \lambda_i \text{ le poids attaché à la variable } x_i.$$

Cette fonction z est une approche du coût généralisé, où le confort peut être appréhendé à travers des poids différents aux séquences successives du déplacement (temps de trajet, temps terminaux, etc.).

Stopher définit la probabilité d'utiliser un mode de transport comme une fonction linéaire des différences de coût et de temps :

$$z = \alpha (C_1 - C_2) + \beta (T_1 - T_2) + \gamma$$

et :

$$P(z) = \frac{e^z}{1 + e^z}$$

Watson, enfin, a utilisé un modèle de type Warner en employant des différences de temps et de coût. Comme la fonction z de Stopher, il s'agit là d'une approche du coût généralisé défini, en 1963, par Barbier-Merlin.

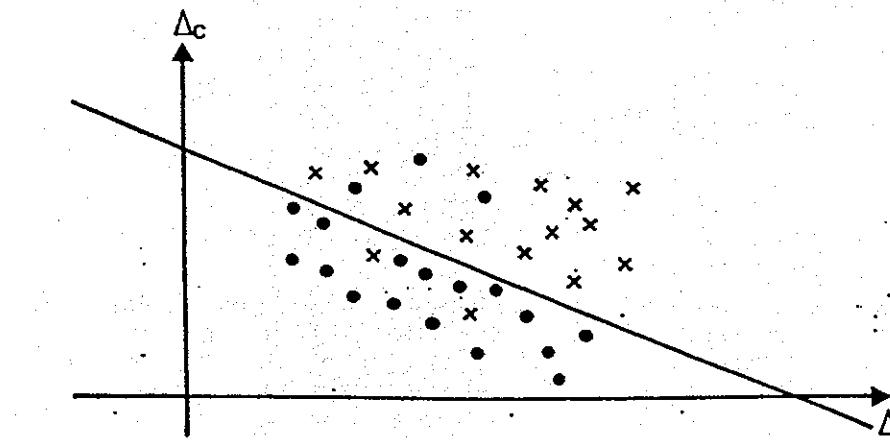
La détermination de la valeur des paramètres λ et a se fait graphiquement. Sont reportés sur un graphique les différences de temps $t_1 - t_2$ et les différences de coût $C_1 - C_2$. On recherche alors la droite qui partage ce graphique de telle façon qu'il y ait le moins d'usagers qui paraissent avoir un comportement irrationnel au sens précédent : la pente de cette droite donne une estimation de la valeur du temps λ .

La méthode de Beesley a, comme celle de Warner, l'avantage d'être désagrégée (au niveau des individus), de reposer sur une hypothèse simple et explicative du comportement des usagers. Elle a l'inconvénient de ne pas être formulée mathématiquement, de supposer une discrimination non probabiliste entre les usagers classés rationnels ou non ; enfin, de ne pas prendre en compte, comme Warner, les éléments de confort.

La méthode développée peu auparavant (mais un peu après Warner) en Région parisienne par l'*Institut d'aménagement et d'urbanisme de la Région parisienne (IAURP)* (Barbier et Merlin) élargit l'arbitrage des usagers entre trois grandeurs : l'argent, le temps et le confort (voir figures 7 et 8).

Comme la méthode de Beesley, qu'elle précède de peu, elle fait un large appel à l'analyse graphique (9). Dans un premier temps, on isole des groupes d'usagers dont les déplacements (les migrations alternantes ont été étudiées en premier, mais la même analyse a ensuite été menée pour les autres types de déplacements) ont les mêmes caractéristiques à l'exception de deux d'entre elles, par exemple, le temps de trajet et le nombre de correspondances en trans-

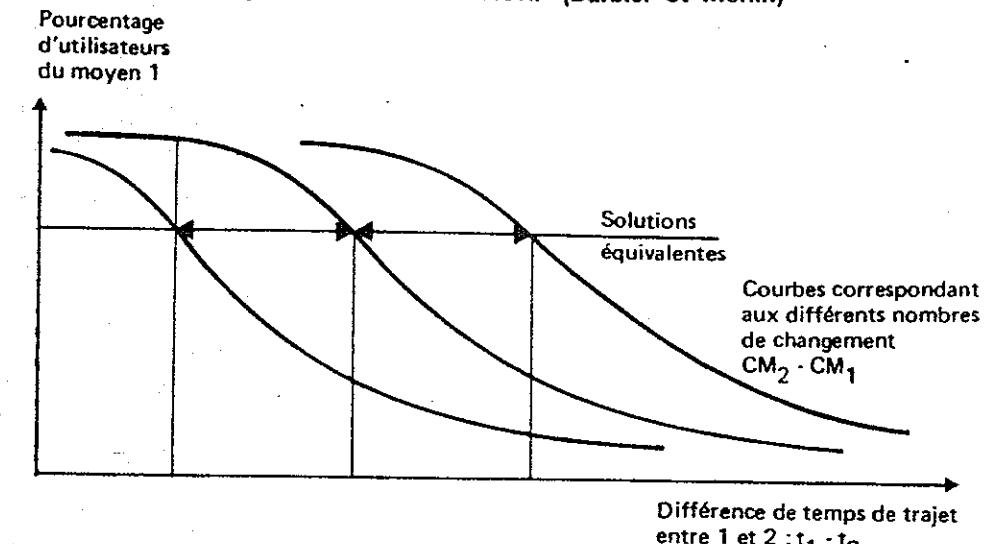
Figure 6. — Principe de la méthode de Beesley



Source : Pierre Merlin, *op. cit.*

(9) Cf. IAURP, *Etude de divers facteurs influant sur le choix entre autobus et métropolitain pour les usagers des lignes SNCF de banlieue-Paris*, 1963, 36 pages ; Michel Barbier et Pierre Merlin, « Choix du moyen de transport par les usagers », *Cahiers de l'IAURP*, vol. 4-5, avril 1966, 56 pages.

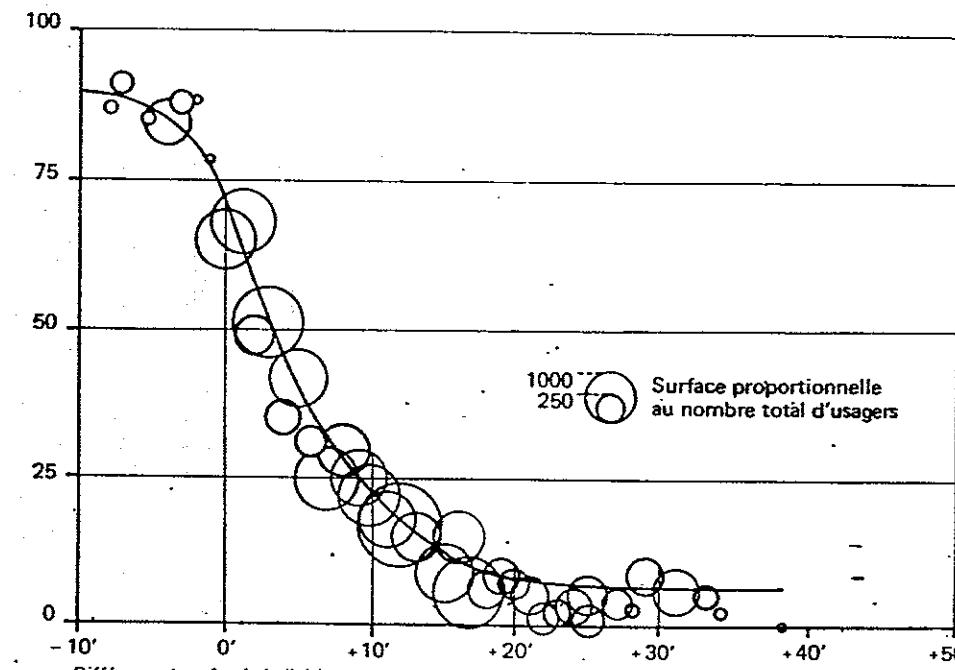
Figure 7. — Principe de la méthode IAURP (Barbier et Merlin)



Source : Pierre Merlin, *Méthodes quantitatives et espace urbain*, Masson, Paris, 1973, pp. 111-113 et 121.

Figure 8. — Courbe d'affectation entre autobus et métropolitain (d'après Barbier et Merlin)

Pourcentage d'usagers utilisant l'autobus



Différence de coût généralisé (temps de parcours + coût monétaire + nombre de changements de métro + temps d'attente de l'autobus) (mesuré en minutes).

Source : Pierre Merlin, *op. cit.*

ports en commun. On établit, pour chaque valeur d'une de ces caractéristiques (par exemple, le nombre de correspondances), la courbe observée d'affectation des usagers entre les deux moyens de transport comparés. Une intersection de ce faisceau de courbes avec une horizontale quelconque correspond à des situations qu'on peut considérer équivalentes pour les usagers, puisqu'ils se répartissent dans les mêmes proportions : on peut donc établir une relation d'équivalence entre ces grandeurs. Dans l'exemple précédent, les usagers se comportent, lors du choix d'un moyen de transport, comme si une correspondance était équivalente à un certain nombre n de minutes ; connaissant directement le nombre n_1 de minutes que demande effectivement cette correspondance, on en déduit le nombre $n_2 = n - n_1$ de minutes qui correspond à l'inconfort

attaché à une correspondance supplémentaire, ou le coefficient de pénibilité $\frac{n}{n_1}$

dont est grevé ce temps n_1 de correspondance. La même démarche peut ensuite être appliquée à d'autres caractéristiques du déplacement, après transformation dans une même unité (de temps, par exemple) de celles entre lesquelles une équivalence a déjà été établie. A la fin du processus, on aboutit à une seule courbe d'affectation des usagers entre les deux modes de transport, établie en fonction d'une somme, exprimée avec la même unité, de la dépense monétaire, du temps de trajet et des diverses sources d'inconfort. Cette fonction est appelée « coût généralisé du déplacement », concept dont la nécessité était apparue à l'issue de l'analyse de la demande de transport (10). On peut écrire :

$$\text{Coût généralisé} = C + \lambda \cdot t + \sum \mu_i \cdot c_i$$

où C est la dépense monétaire,

λ est la valeur du temps de trajet t ,

μ_i est la valeur de l'élément de confort c_i .

Le modèle IAURP a, comme avantages, de reposer, comme celui de Beesley, sur une hypothèse de comportement des usagers (l'arbitrage temps-argent est ici étendu aux éléments de confort) et de se présenter sous forme probabiliste, à travers les courbes d'affectation. Son principal inconvénient, par rapport à ceux de Warner et de Beesley, est d'utiliser des informations sous une forme agrégée (les individus sont regroupés par petites zones géographiques), ce qui a permis d'analyser des échantillons très nombreux (des centaines de milliers d'usagers en Région parisienne), mais empêche d'expliquer le choix de chaque usager pris individuellement (sa localisation par rapport aux stations de transports en commun, par exemple). En tout cas, il a été le premier à énoncer clairement des relations d'équivalence entre temps, argent et confort et à définir le coût généralisé du déplacement qui associe ces trois éléments (ce concept de coût généralisé n'a été, vers la même époque, qu'approché par Beesley et par les continuateurs de Warner).

Les modèles de la troisième génération ont surtout cherché à améliorer l'un ou l'autre des trois modèles précédents. Plusieurs d'entre eux ont aussi voulu dépasser la division entre modèles de distribution géographique des déplacements et modèles de choix modal, par exemple en associant un modèle gravitaire avec

des fonctions, analogues au coût généralisé, des caractéristiques du déplacement par les différents modes concurrents. La complexité de l'expression mathématique de ces modèles interdit de les présenter ici en détail (11).

Beaucoup de travaux ont en outre porté sur les aspects suivants, aux Etats-Unis, puis en Grande-Bretagne :

— introduire les variables de confort, en général sous la forme de coefficients de pénibilité, comme cela avait été le cas en France dès l'origine ;

— mesurer le temps de trajet : les différences (et non les rapports) de temps sont les plus pertinentes, mais faut-il retenir, comme valeur significative, les temps de trajet mesurés (plus exacts) ou déclarés (plus proches des perceptions des usagers qui commandent réellement leurs choix) ?

— prendre en compte les variables socio-économiques, voire psychologiques ;

— la justification théorique des méthodes reposant sur l'arbitrage des usagers par la théorie de l'utilité ;

— la discussion sur le concept de valeur du temps, en particulier pour distinguer entre le prix du temps qui est effectivement payé par l'usager et la valeur du temps, supérieure ou égale à ce prix, qui est le prix limite qu'il aurait accepté de payer pour cette économie de temps ;

— l'extension des premiers résultats, obtenus pour les migrations alternantes, aux autres motifs de déplacement ;

— les techniques statistiques : c'est la fonction logistique (12) qui présente le plus d'avantages théoriques et pratiques.

Ces nombreuses études de la troisième génération n'ont pas bouleversé les fondements sur lesquels reposaient les modèles de la génération précédente : ces derniers sont encore les plus employés, soit dans leur formulation originelle, soit sous une forme dérivée.

Les modèles de choix entre itinéraires

La dernière phase de la méthode classique de prévision de la demande consiste à affecter les flux prévus à l'aide de modèles précédemment présentés aux différents itinéraires possibles, pour chaque mode de transport, entre chaque origine et chaque destination.

En fait, cette question de l'affectation entre itinéraires a surtout été étudiée, dans les années soixante, pour les transports interurbains : les autoroutes à péage ont conduit à analyser l'arbitrage des usagers entre le gain de temps (et, dans les dernières études, de sécurité) et le prix du péage. Les premières estimations de la valeur du temps passé dans les transports ont été effectuées par cette approche.

(11) Cf. Pierre Merlin, *op. cit.*, 1984.

(12) Cette fonction logistique est retracée dans les courbes des figures 7 et 8 (p. 107) ; sa formulation mathématique figure dans la note 8 (p. 105) et, sous une autre forme, dans la note 7 (p. 105).

Pour l'affectation entre des itinéraires urbains, les modèles mis au point pour les liaisons inter-villes ont souvent été adaptés. Ces modèles ont surtout concerné, aux Etats-Unis, la voirie, mais ont pu être ensuite transposés, en Europe, pour les transports en commun. Deux cas peuvent se présenter :

— soit le réseau est considéré comme donné : il s'agit alors, dans une perspective à court terme, de réaliser une affectation optimale sur ce réseau, ce qui nécessite l'introduction de contraintes de capacité ;

— soit il s'agit, au contraire, dans une perspective à long terme, de déterminer le réseau optimal à construire, ce qui conduit à affecter le trafic prévu, sans contrainte de capacité, sur un réseau encore non existant, mais susceptible d'être réalisé.

La méthode d'affectation consiste à estimer le temps de trajet en fonction du volume de trafic et de la capacité de la voie. Ensuite, le trafic est affecté par « tout ou rien » à l'itinéraire le plus rapide, ou, ce qui est plus réaliste, en fonction de courbes d'affectation (13).

Cette étape de l'affectation aux itinéraires n'a de sens que si les résultats obtenus à l'issue des phases précédentes ont une précision suffisante, ce qui est rarement le cas pour les études à long terme : dans ce dernier cas, elles ne peuvent être menées que pour les principaux axes de transport en commun et pour les autoroutes. A l'opposé, cette phase est fondamentale dans les études d'aménagements locaux à terme assez rapproché.

L'analyse économique

Le processus décrit précédemment permet de déterminer, sans introduire de contrainte de capacité dans les modèles d'affectation aux itinéraires, les réseaux qu'il serait souhaitable de réaliser pour répondre totalement à la demande. Il est clair que les « décideurs » ne peuvent pas uniquement s'engager au vu de ces seules études. Deux questions au moins se posent à eux :

(13) Le temps de trajet T est lié au temps de trajet T_0 sur voie libre de tout autre véhicule par une relation de type :

$$T = T_0 \left[1 + \alpha \left(\frac{W}{C} \right)^\beta \right]$$

où W est le volume du trafic,
 C est la capacité de la voie,
 α et β sont des paramètres à ajuster.

La courbe d'affectation peut prendre la forme :

$$t_{ij}^k = \frac{\left(\frac{t_{ij}}{T_{ij}} \right)^{-\gamma}}{\sum_k \left(\frac{t_{ij}}{T_{ij}} \right)^{-\gamma}}$$

où t_{ij}^k est le trafic entre i et j par l'itinéraire k .

T_{ij} est le temps de trajet entre i et j par k ,

γ est un paramètre à ajuster.

- quelle est la rentabilité de tel ou tel tronçon des réseaux à réaliser ?
- quelles priorités peut-on dégager entre des investissements qui, en tout état de cause, ne peuvent pas être réalisés simultanément ?

La première question nécessite de définir plus précisément le concept de rentabilité et, pour cela, celui de coût. Il faut distinguer les coûts publics payés par une collectivité des coûts privés payés par les entreprises ou par les particuliers ; les coûts monétaires, correspondant à des dépenses effectives, des coûts non monétaires, ou coûts sociaux, correspondant au temps perdu, à l'inconfort, aux nuisances, etc. et supportés soit par les usagers (temps, confort), soit par la collectivité (sécurité, nuisances). De même, est-il possible de distinguer les recettes publiques des recettes privées et les recettes monétaires des bénéfices non monétaires (gains de temps et de confort). L'analyse des recettes est encore compliquée par l'existence de transferts financiers : une subvention est un coût pour la collectivité qui la verse, mais une recette pour l'entreprise qui en bénéficie.

Ces précisions apportées, plusieurs critères de rentabilité peuvent être définis.

- Critère de rentabilité financière (R_f), pour le bilan de l'exploitant :

$$R_f = \frac{\text{Recettes} - \text{coût de fonctionnement} - \text{charge des investissements}}{\text{coût des investissements}}$$

(en appelant charge des investissements le coût annuel de ceux-ci, par exemple l'annuité — intérêts et remboursement — d'un emprunt couvrant cet investissement).

Souvent, cette rentabilité financière n'est pas calculée du strict point de vue de l'exploitant, mais de celui de la collectivité, lorsqu'il y a des transferts entre celle-ci et l'exploitant : subvention en capital, prise en charge du déficit de fonctionnement, etc.

Dans le cas des transports urbains, la rentabilité financière, surtout les premières années, est souvent négative.

- Critère de rentabilité économique (R_e) pour la collectivité :

$$R_e = \frac{\text{Recettes} - \text{coût de fonctionnement} - \text{charge de l'investissement} - \text{autres coûts publics}}{\text{coût des investissements}}$$

Par autres coûts publics, il faut entendre ceux qui sont supportés par d'autres agents publics : coûts de la police, coûts d'entretien de la voirie, signalisation et éclairage publics, etc. Dans certains cas, le projet peut réduire ces coûts (un projet de transport en commun, s'il réduit le volume du trafic automobile, réduit les coûts correspondants).

La rentabilité économique des projets de transports urbains est, elle aussi, le plus souvent négative.

— Critère de *rentabilité sociale* (R_s), en prenant en compte, après les avoir évalués, en équivalent monétaire, les coûts sociaux (temps, confort, nuisances, sécurité, etc.) ou, au contraire, les économies de coûts sociaux :

Recettes + économie de coûts sociaux — coût de fonctionnement
— charges d'investissement — autres coûts publics — coûts sociaux

$$R_s = \frac{\text{coût des investissements}}{\text{coût des investissements}}$$

En fait, la frontière entre ces trois types de critères n'est pas toujours évidente : par exemple, les coûts liés aux accidents sont en partie couverts par les usagers (à travers les assurances), en partie à la charge de la collectivité.

La rentabilité — financière, économique ou sociale — évolue avec le temps. On parle de rentabilité immédiate pour la rentabilité à une date donnée t (et en particulier de rentabilité immédiate de la première année). Mais un tel concept est délicat à manipuler (il évolue dans le temps) ou partiel (la rentabilité immédiate de la première année). Aussi définit-on un taux de rentabilité synthétique, par exemple sur la durée de vie présumée de l'investissement ou, comme cette dernière est souvent très longue dans le domaine des transports (plusieurs générations), sur la durée d'amortissement. La RATP par exemple, définit le « taux de rentabilité interne » α comme le taux d'actualisation qui annule le bénéfice actualisé B (14).

Le bénéfice actualisé s'obtient en additionnant la valeur actualisée des investissements (étalés entre l'année 0 et l'année $n-1$) et celle du bilan de fonctionnement (à partir de l'année n de mise en service).

Les investissements sont alors classés en fonction de leur taux de rentabilité interne. Il est possible d'introduire aussi d'autres critères. Ainsi, la RATP prend-elle en compte, dans son bilan de fonctionnement pour la collectivité :

- les gains de temps et de confort (attente, marches à pied terminales, correspondances) ;
- les gains monétaires pour les usagers par rapport au moyen de transport qu'ils prendraient si l'infrastructure n'était pas réalisée ;
- le gain de sécurité pour les usagers détournés de l'automobile ;
- les économies de dépenses de stationnement ;
- les économies de coût de congestion de la voirie ;
- les économies de dépense d'utilisation de la voirie (entretien, renouvellement, police, éclairage et signalisation) ;
- les pertes pour l'Etat sur la taxe sur les carburants ;
- les coûts d'exploitation.

(14) On peut écrire ce bénéfice actualisé de la façon suivante :

$$B = \sum_{i=0}^{i=n-1} \frac{l_i}{(1+\alpha)^i} + \sum_{i=n}^{\infty} \frac{A_i (1+\beta)^{i-n} + B_i}{(1+\alpha)^i} = 0$$

où n est la durée de l'investissement (de l'année 0 à l'année $n-1$),

l_i est le montant investi pendant l'année i ,

A_i est la partie du bilan de fonctionnement pour la collectivité indexée sur le pouvoir d'achat,

β est le taux annuel de croissance du pouvoir d'achat,

B_i est la partie non indexée du bilan de fonctionnement pour la collectivité.

La résolution de cette équation fournit α .

Ce calcul ne prend pas en compte les économies de nuisances causées par les automobiles (pollution, bruit) ni, bien sûr, d'autres effets sur l'environnement (amélioration du paysage), pas plus que le coût des infrastructures routières dont la construction est évitée (terme le plus lourd du coût d'un déplacement en automobile).

Au niveau des techniques de comparaison économique généralisée, plusieurs méthodes qui ne seront pas détaillées ici (15), sont couramment employées.

Au niveau financier, ou en intégrant les coûts sociaux, elles prennent en compte :

- le bilan actualisé ;
- le taux de rentabilité financière ;
- l'analyse coûts/bénéfices.

Bieber a recensé les critiques les plus courantes à l'égard de ces calculs économiques classiques (16) :

- ils occultent le point de vue des groupes « minoritaires » ;
- ils sont biaisés, car les individus révèlent leurs préférences pour des biens privés (automobile), mais n'ont pas intérêt à le faire pour des biens publics (transports en commun) qui existeront en tout état de cause ;
- ils privilégient les éléments monétaires et ignorent les éléments non monétaires ;
- ils ignorent les effets à long terme (environnement) ;
- ils privilégient l'efficacité des solutions dégagées, au détriment de l'équité entre usagers futurs ;
- leurs bases de calcul sont discutables, surtout dans l'estimation des éléments non monétaires.

Des méthodes moins classiques tiennent compte de :

— l'analyse coûts/utilité : celle-ci cherche à combiner des utilités quantifiables en termes monétaires et des bénéfices (utilités) ou inconvénients (désutilités) plus qualitatifs. Pour cela, il faut traduire l'importance qu'on attache à ces différentes utilités, en privilégiant, par exemple, le bilan actualisé et la contribution des infrastructures projetées à la réalisation d'un projet d'urbanisme. Cette pondération peut se faire par le recours à des experts (méthode dite Delphi). On peut aussi observer les arbitrages effectués par les usagers (par exemple, entre dépense, temps et confort). On peut, enfin, s'inspirer des résultats des négociations politiques, mettant en œuvre des groupes de pression intéressés par des utilités différentes autour d'un projet similaire (exemple : coût à consentir pour insonoriser une autoroute) ;

— l'analyse coûts/efficacité qui se veut plus qualitative que l'analyse coûts/bénéfice ; elle prend en compte les éléments non monétaires, définit les « buts »

(15) Pour plus de détails, voir H. Lévy-Lambert, *La vérité des prix*, Paris, Seuil, 1969, 145 pages.

(16) Cf. Alain Bieber, « Planification des transports et analyse de systèmes : prélude bibliographique », *La planification des transports urbains*, OCDE, Paris, 1971, 351 pages (pp. 61-85 et 97-126).

poursuivis et mesure l'adéquation des alternatives à ces buts, ainsi que leurs interrelations.

A la fin des années soixante, le *planning, programming, budgeting system* (PPBS) ou « rationalisation des choix budgétaires » (RCB) était en vogue. C'est une méthode définissant et traçant successivement les valeurs, les objectifs, les options, les choix concrets par des relations entre elles.

En tout cas, la décision finale ne peut être prise au vu d'un seul calcul économique, quelle qu'en soit la formulation. Par exemple, dans l'étude de la priorité entre les différents prolongements possibles du métro en banlieue, la RATP a relevé différents critères qui, outre le taux a précédent, sont :

- le volume de la population et des emplois desservis ;
- le trafic prévisible ;
- le coût moyen de construction par kilomètre de ligne ;
- l'appréciation de la contribution du nouveau tronçon au maillage du réseau ;
- l'appréciation de l'effet structurant du nouveau tronçon sur l'urbanisation.

L'analyse multicritères peut compléter celle fondée sur le taux de rentabilité sociale, mais elle doit, dans tous les cas, favoriser l'émergence de réponses à deux questions fondamentales, mais souvent occultées : A qui profite la réalisation de l'infrastructure ? Qui, compte tenu des multiples transferts, en supporte finalement la charge financière et les inconvénients (une autoroute urbaine crée des nuisances pour des populations qui n'en profitent pas et qui voient le service de transports en commun se dégrader) ? Elle doit aussi prendre en compte le contexte d'incertitude des prévisions à long terme et donc proposer des solutions avec un échéancier qui permet l'interruption du plan sans compromettre l'utilité de ce qui a déjà été réalisé. Enfin les conséquences diverses, et notamment l'effet sur l'urbanisation, « structurant » ou non, cohérent ou non avec la politique globale d'aménagement, sont des critères dont les urbanistes doivent exiger la prise en compte.

La critique de la méthode classique

La méthode classique a été mise au point, dans ses grandes lignes, il y a vingt ans, entre 1960 et 1965. C'est à cette époque qu'ont été également réalisés :

- les grands modèles de distribution géographique (gravitaire, opportunités) ;
- les principales méthodes d'analyse du choix modal (Warner, Barbier et Merlin, Beesley) ;
- les concepts de coût généralisé d'un déplacement, de rentabilité sociale, etc.

Par la suite, les travaux d'approfondissement ont surtout porté sur les modèles de choix modal (et de valeur du temps) et sur les techniques d'évaluation des infrastructures proposées.

La véritable percée méthodologique, au début des années soixante, dans le domaine de la planification des transports urbains, tient à plusieurs causes qui se sont alors trouvées réunies :

- la volonté, aux Etats-Unis surtout, mais aussi peu après en Europe, de construire massivement des autoroutes urbaines, sous la pression du *lobby* de l'automobile (constructeurs, pétroliers, sociétés de travaux publics, ingénieurs des Ponts et Chaussées en France) ;
- le développement des méthodes d'analyse (recherche opérationnelle) et de calcul (gros ordinateurs) ;
- la confiance dans la croissance (démographique et économique) et dans l'application des méthodes scientifiques aux sciences de l'homme.

A cette époque des certitudes a succédé, dans les années soixante-dix, l'époque du scepticisme. Les critiques contre la méthode classique se multiplient, ce qui n'empêcha pas de continuer à l'employer. En France, en particulier, cette vague de critiques stérilisa presque toute recherche constructive de méthodologie alternative, même partielle.

Les critiques apportées à la méthode classique sont, pour les unes, des critiques de caractère technique, pour d'autres des critiques qui concernent le fond de la méthode.

Les critiques techniques

Le premier reproche fait à la méthode classique est son caractère *sequentiel*. Il est, en effet, probable que l'usager n'effectue pas successivement les cinq choix qui correspondent aux cinq phases de la méthode. Cet inconvénient pourrait être réduit si la méthode était appliquée de façon itérative, c'est-à-dire si le réseau, issu d'un premier calcul, et l'urbanisation, qui résulterait de la réalisation de ce réseau, étaient réintroduits comme données de départ pour un second calcul complet. Malheureusement, il n'en est pas toujours ainsi en pratique.

Un second reproche concerne la *lourdeur de la méthode*. Les enquêtes préalables, la mise au point des modèles, les calculs sur ordinateur sont longs et coûteux même si les études menées sur la région de Paris lors de la préparation du schéma directeur régional, il y a vingt ans, ont coûté cent fois moins cher que celles menées peu avant à Chicago. Mais même en économisant, notamment sur le volume des enquêtes, la méthode reste peu flexible : tester une alternative suppose un nouveau calcul complet, ce qui conduit souvent à ne tester que l'hypothèse souhaitée par les pouvoirs publics.

Le concept même de *coût généralisé* a été critiqué. Même si la plupart de ces critiques reposaient sur des contresens à propos des principes de la méthode, une remarque demeure pertinente : la possibilité de choix n'existe que pour une fraction (parfois minoritaire) des usagers, alors que les « captifs », ceux qui ne peuvent utiliser que les transports en commun, sont délaissés : les déterminations des valeurs de temps ou de confort ne doivent donc être faites qu'en fonction d'un échantillon d'usagers en situation de choix.

Sur un plan plus théorique, la méthode détermine des valeurs marginales (de temps, par exemple), alors que ces valeurs sont ensuite utilisées, dans le coût généralisé, comme des coûts moyens.

La plupart de ces critiques techniques sont fondées. Elles ne suffisent pas cependant, à elles seules, à condamner la méthode, ce qu'ont fait, en France vers 1970, quelques auteurs qui ont, par ailleurs, totalement échoué dans leurs tentatives de proposer une méthode alternative (17).

Les critiques de fond

Les critiques concernant le fond de la méthode classique sont plus importantes, encore qu'il convienne d'y faire la part du discours idéologique. La plus fondamentale est celle qui s'applique à tout emploi de modèles mathématiques en prévision, surtout dans le domaine des sciences humaines : les modèles sont conservateurs et tendent à reproduire les mécanismes en vigueur. De fait, par construction, le modèle cherche à simuler au mieux la situation observée lors d'une enquête récente : la réduction des écarts entre les données observées et les valeurs reconstituées par application du modèle est même utilisée comme un indicateur important (trop souvent comme l'indicateur unique) de la qualité du modèle. Si celui-ci est un simple modèle statistique qui ne fait que traduire des corrélations observées à un moment donné, il n'y a aucune raison de penser que ces corrélations empiriques seront invariables dans le temps ; l'application de tels modèles en prévision est donc très discutable, puisqu'elle repose sur l'hypothèse implicite de constance dans le temps de ces relations empiriques.

Même dans le cas où le modèle repose sur une explication des comportements, comme le modèle des opportunités pour la distribution géographique des déplacements ou les modèles de choix modal par arbitrage temps-argent-confort, la validité du modèle en prévision est liée à la stabilité dans le temps de ce schéma explicatif. Même si cette stabilité est supposée, faute d'autre hypothèse le plus souvent, il convient de s'interroger sur l'évolution de la valeur des paramètres du modèle, évolution qui peut traduire la dérive des comportements. Or, très souvent, dans l'utilisation des modèles, cette phase de réflexion prospective était négligée, qu'il s'agisse, par exemple, des niveaux de mobilité globale, de la résistance à la distance du déplacement dans les modèles de distribution géographique, de la valeur du temps, etc. Il n'est même pas rare de voir transposé, dans un contexte tout différent, un modèle établi ailleurs.

Dans le même esprit, il a été reproché aux modèles de ne pas permettre de prendre en compte d'éventuelles technologies nouvelles de transport. En fait, il est toujours possible d'introduire, dans le choix modal, un mode nouveau de transport défini par ses principales caractéristiques (c'est le principe de la

(17) Cf. Raymond Fichelet, Monique Fichelet et Nicole May, *Pour une approche écologique de l'utilisation des moyens de transport. Analyse critique des méthodes d'étude des déplacements dans les grandes agglomérations urbaines*, SERES, Paris, 1969, 84 p.

méthode dite des modes abstraits mise au point par Quandt pour les études du corridor nord-est des Etats-Unis).

L'indéniable caractère conservateur des modèles a conduit certains auteurs, en particulier Dupuy en France, à parler d'un outil au service de l'automobile (18). Son raisonnement s'appuie sur le fait que les modèles de trafic ont d'abord été mis au point dans le contexte américain pour être utilisés dans des études qui avaient, avant tout, pour but de justifier la construction d'autoroutes urbaines dans les grandes agglomérations et qui considéraient les transports en commun comme voués à un déclin inéluctable, voire souhaitable. Ces modèles ont, selon Dupuy, été simplement transférés en France par les ingénieurs des Ponts et Chaussées sans véritable effort (sauf en Région parisienne) pour les adapter à un contexte différent. Cette critique n'est pas infondée. Elle devient cependant moins pertinente quand Dupuy, se déplaçant sur le terrain technique, estime que le modèle gravitaire et l'emploi du coût généralisé contribuent à gonfler les flux prévus, et donc le volume des investissements à effectuer : or, c'est à l'analyse économique, qui précède la décision, qu'il revient de vérifier si les responsables politiques ne s'engagent pas dans la voie du surinvestissement.

Ces critiques de fond faites à la méthode classique, comme beaucoup de critiques techniques, tiennent en fait plus à la manière dont elle est souvent employée sans discernement et sans réflexion prospective qu'à la méthode elle-même.

Ainsi, en France, il a été reproché à cette méthode d'avoir servi les intérêts du lobby automobile et autoroutier alors que, aux Etats-Unis, elle servit à justifier la construction de réseaux métropolitains.

Nouvelles approches méthodologiques

Face à ces insuffisances relatives de la méthode classique, quelques voies nouvelles ont été explorées, dès la fin des années soixante mais surtout au cours de la dernière décennie. Celles-ci ont d'abord cherché à améliorer les modèles et, à ce titre, ne diffèrent pas fondamentalement des modèles de la troisième génération ; c'est le cas des modèles de modes abstraits, des modèles intégrés ou simplifiés et des modèles dits économétriques. Plus novatrices apparaissent les méthodes qui reposent sur des approches plus qualitatives et une compréhension des schémas de mobilité des usagers dans le cadre de la cellule familiale et de l'insertion spatiale dans la ville (cartes mentales, programmes d'activités, etc.). Enfin, d'autres approches, quantitatives mais très différentes des modèles de la méthode classique (encore qu'elles les complètent sans les remplacer) ont été proposées, en particulier dans les pays en développement (voir *infra*).

(18) Cf. Gabriel Dupuy, *Une technique de planification au service de l'automobile : les modèles de trafic urbain*, Copédith, Paris, 1973, 201 pages.

Les nouveaux modèles

Les modèles élaborés en réponse aux critiques concernant la méthode classique ont cherché, en particulier, à s'affranchir du caractère séquentiel de celle-ci. Plusieurs auteurs ont ainsi proposé des modèles intégrant en une seule phase la décision, la distribution géographique et la répartition modale des déplacements.

Les modèles de *modes abstraits* ont été conçus avant tout pour pouvoir prendre en compte des modes de transport qui ne sont pas encore exploités, considérant leurs principales caractéristiques (coût, vitesse, fréquence, sécurité, confort, etc.) (19). Le modèle de Quandt, par exemple, prend la forme d'un modèle gravitaire généralisé dans lequel les flux t_{ij}^k entre deux secteurs i et j par le mode de transport k sont déterminés par un modèle gravitaire qui prend en compte les coûts, les temps de trajet et les fréquences du déplacement entre i et j par les différents modes possibles. Ces modèles, conçus pour explorer des possibilités de desserte du corridor nord-est des Etats-Unis (région urbaine Boston - New York - Philadelphie - Baltimore - Washington) par transport terrestre à grande vitesse, n'ont pas survécu à l'abandon de ce projet.

Le principe de non-séquentialité a été repris dans les années soixante-dix pour construire des *modèles économétriques intégrés* qui sont aussi des modèles gravitaires généralisés. Les plus intéressants d'entre eux sont ceux qui sont destinés à des études locales. Ils ne cherchent plus à prévoir la demande dans l'ensemble de l'agglomération, mais seulement sur un tronçon ou un axe particulier, sans avoir à effectuer de calculs concernant toute l'agglomération. Ces modèles sont très utiles en pratique, et cependant ne peuvent être employés que pour des prévisions à court terme, car ils ne reposent sur aucune base explicative qui permette de prendre en compte l'évolution des comportements.

Les approches qualitatives

Il ne faut pas se méprendre sur le mot qualitatif : les méthodes qui seront présentées, ici, ont aussi pour but, même si celui-ci n'est pas unique, de fournir des prévisions, mais elles cherchent, beaucoup plus que les modèles traditionnels, à relier les comportements en matière de mobilité aux données sociales, au contexte familial et à l'organisation de la ville. Les modèles qui seront construits seront désagrégés, c'est-à-dire qu'ils le seront à partir d'observations au niveau de l'individu ou du ménage, et non à partir de moyennes, même très fines, calculées à l'échelle d'un quartier ou d'une agglomération.

La méthode d'*analyse des comportements*, qui sous-tend ces modèles, repose sur la théorie de Samuelson (20) sur les préférences révélées par les

(19) Cf. Richard E. Quandt et divers; *The Demand for Travel : Theory and Measurement*, Lexington (Mass.) : Heath (Lexington books), 1970, 304 pages.

(20) Cf. P.A. Samuelson, *A Note on the Pure Theory of Consumer's Behavior*, *Economica*, vol. 5, 1938.

choix. Quelques auteurs, comme Hensher, ont tenté de renverser ce principe pour construire une autre méthode de prévision : il suffirait d'interroger les individus sur leurs préférences pour en déduire leurs choix prévisibles. Cette hypothèse est très hasardeuse : lorsqu'il est possible, *a posteriori*, de comparer les choix effectués à deux préférences annoncées, de très importants écarts peuvent être constatés. Le seul intérêt de cette approche a été de mieux comprendre le poids des facteurs individuels qui influent sur les préférences et donc sur les comportements (21) :

- la valeur des caractéristiques d'un déplacement varie selon les individus en fonction de l'utilité (marginale et totale) du temps et de l'argent ;
- le temps de trajet doit distinguer le temps de marche, de correspondance, d'attente et le temps passé dans un véhicule ;
- les usagers ont une résistance à changer de mode de transport (habitudes, mauvaise information, etc.) ;
- la détermination des valeurs des caractéristiques doit être faite sur des populations homogènes en situation de choix réel ;
- la valeur du temps doit être rapportée au revenu individuel plutôt qu'au revenu moyen.

Une autre voie de recherche, assez récente, est celle de la *segmentation de la population*. En fait, très tôt, prenant conscience de la diversité des usagers, par exemple à travers leurs caractéristiques socio-économiques (revenu, taux de motorisation, catégorie socioprofessionnelle), les modèles ont été ajustés séparément pour chaque couche d'usagers selon un de ces critères. Les résultats ont été décevants, le gain en précision n'étant pas évident : la réduction des effectifs sur lesquels était ajusté chaque sous-modèle neutralisait le gain apporté par la meilleure homogénéité des sous-groupes.

La méthode de segmentation, développée notamment par Hensher, cherche à définir des critères de division de la population qui correspondent aux variations de comportement dans le temps et dans l'espace, en fonction des objectifs visés. Les variables sont regroupées non par secteur géographique (modèles agrégés), mais selon les variables de segmentation. Pour déterminer celles-ci, on recherchera par exemple celles qui conduisent à des réponses homogènes par rapport à une hypothèse de changement. Statistiquement, ces variables de segmentation devront être définies de façon à minimiser les rapports de la variance à l'intérieur des segments à la variance entre les segments.

A vrai dire, la méthode de la segmentation a eu peu de résultats pratiques à ce jour.

L'apport des psychologues, déjà perceptible à travers les modèles désagrégés de comportement et les méthodes de segmentations, devient prépondérant dans l'*analyse des attitudes*. Pour certains auteurs, la mobilité peut devenir une valeur en soi. Cette méthode a surtout été utilisée par les chercheurs à deux fins qui ne sont pas nouvelles :

(21) Cf. David A. Hensher et Quasim Dalvi, eds, *Determinants of Travel Choice*, Saxon House, Farnborough, 1978, 394 pages.

— identifier et mesurer les caractéristiques de confort et de commodité en cherchant à déterminer des niveaux de satisfaction pour différents modes de transport, ou à mesurer une sensibilité aux variables de confort à partir d'enquêtes psychologiques ;

— constituer des groupes homogènes, à partir de leurs attitudes annoncées par enquête, vis-à-vis du comportement en matière de transport ; ce qui rejoint la méthode de segmentation examinée précédemment.

Une des voies les plus prometteuses est celle des programmes d'activités (22). Elle consiste à considérer qu'un déplacement n'est pas indépendant de ceux qui le précèdent ou le suivent. Déjà, l'étude globale de transports de la Région de Paris avait défini la notion de « boucles de déplacements », c'est-à-dire « la séquence des déplacements d'une personne partant de son domicile et y revenant ». Cette notion n'avait cependant pas été rendue opérationnelle au niveau de la modélisation.

Cette idée fut reprise plus récemment : elle consiste à s'intéresser à la mobilité de la personne plus qu'à celle du véhicule, à la possibilité d'accès à la circulation plus qu'à sa congestion, et pour cela à travailler moins sur le transport urbain en soi que sur les schémas d'activités personnelles et familiales, et sur les aspirations en général, qui engendrent la mobilité.

Dans le même temps, en France, B. Matalon et l'Institut de recherche des transports (IRT) (23) observaient « la grande diversité des programmes d'activités journalières » et estimaient qu'on ne pouvait pas définir de programme qui « serait l'expression du mode de vie des groupes sociaux considérés ». Ils dépendent des caractéristiques individuelles (activité et sexe surtout) et sont révélés par le type de localisation résidentielle ; les activités ayant tendance à être d'autant plus regroupées en boucles, qu'on réside loin du centre.

De nombreuses études aux Etats-Unis ont été menées sur ce sujet. Elles conduisent à réduire les choix en matière de déplacement à des choix quant aux activités (achats, loisirs, etc.) à exercer (lieu, moment, etc.). L'important est de relier ces programmes d'activités aux schémas de mobilité.

Il est possible de distinguer des besoins fondamentaux (travail, alimentation, etc.) qui donnent lieu à des déplacements obligés, donc à des choix de transports, et des besoins supplémentaires (autres achats, loisirs, etc.) qui entraînent des déplacements non obligés, donc des choix en termes de programmes d'activités.

Les travaux récents sur les programmes d'activités (depuis 1975) ont bien mis en évidence les rapports entre la stratégie des individus en matière de mobilité spatiale dans la ville et leur stratégie en matière de budget-temps quotidien. Hägerstrand a développé une méthode d'analyse, dite *espace-temps*, qui traite le temps, notamment à travers des représentations graphiques des programmes d'activités, comme la troisième dimension de l'espace (24).

(22) Suzan Carpenter et Peter M. Jones (eds), *Recent Advances in Travel Demand Analysis*, Gower, Aldershot (G.B.), 1983, 488 p.

(23) Cf. I.R.T. et Matalon, *Recherche sur la mobilité des personnes en zone urbaine. Exploitation de l'enquête de Dijon*, I.R.T., Paris, 1979-1980, 4 vol., 327 p.

(24) Cf. Thor Hägerstrand, « What about people in regional science ? », *Paper of the Regional Plan Association*, vol. 24, pp. 3 à 21.

Cela conduit à la méthode des *cartes mentales* qui prend en compte l'environnement subjectif. Un équipement quelconque attire une clientèle de voisinage qui transite par l'axe de circulation desservant cet équipement. De même, les individus effectuent souvent leurs achats ou pratiquent leurs activités de loisirs sur leur lieu de travail en n'empruntant que des itinéraires habituels, peu nombreux.

P. Orléans (25) a montré, sur le cas de Los Angeles, que les plus riches étaient capables d'établir une carte mentale recouvrant l'essentiel de l'agglomération, alors que les plus pauvres se limitaient à un secteur beaucoup plus réduit autour de leur domicile et de leur lieu de travail.

Moore et Brown (26) ont défini une forme elliptique du domaine connu, les foyers de l'ellipse pouvant être le domicile et le centre ville. Ils retrouvent là les voies lancées par le célèbre ouvrage de Lynch (27). Cela peut conduire à prendre en compte, par exemple dans un modèle gravitaire de distribution, une distance subjective au lieu de la distance réelle et à définir (à la place de la procédure séquentielle classique : décision, distribution, choix modal, choix de l'horaire, affectation aux itinéraires) des destinations de déplacements, incorporant ainsi les différentes phases en une seule. Ce sera l'idée que formuleront les modèles intégrés.

Cheslow (28), estimant que, le plus souvent, le transport n'est qu'une « demande dérivée », permettant de satisfaire un besoin, qui est la véritable demande primaire (utiliser un objet qu'on va acheter, par exemple), rattache ces analyses à celle des budgets-temps, développée en France dans les années soixante, et très en vogue aux Etats-Unis, par la suite, où elles ont été utilisées en particulier par Chapin (29), puis Zahavi, Goodwin, etc.

Cela ramène au problème de la demande latente, au sujet de laquelle deux questions se posent : le décideur en matière de transport a-t-il la responsabilité d'augmenter la mobilité des groupes désavantagés et qui ont donc une demande latente importante ? Si l'offre de transport est améliorée, est-ce que le trafic induit correspond à l'expression de la demande jusque-là latente ? S'il est possible de répondre positivement à la seconde question, la première appelle des nuances : le système de transport n'est responsable que de la part de demande latente qui résulte de ses insuffisances et non de celle qui résulte d'autres phénomènes (revenus trop faibles, manque de temps...). Dans le cas d'un système de transport insuffisant, certains déplacements peuvent ne pas être annulés mais simplement reportés sur des modes informels (marche, bicyclette) :

En conclusion, l'apport des analyses psychosociologiques aux études de

(25) Cf. P. Orléans, « Differential Cognition of Urban Residents : Effects of Social Scale on Mapping », in R. Downs et D. Stea édit., *Image and Environment*, Chicago, Aldine publishing company, 1973, 440 pages.

(26) Cf. G.G. Moore et L.A. Brown, « Urban Acquaintance fields : an Evaluation of a Spatial Model », in *Environment and Planning*, vol. 2, n° 4; 1970, p. 443-454.

(27) Cf. Kevin Lynch, *The Image of the City*, Cambridge (Mass.), MIT press, 1963. Trad. française : *L'image de la ville*, Dunod, Paris, 1976, 222 pages.

(28) Cf. Melvyn D. Cheslow, *Travel Demand Theory : Latent Demand, the Value of Travel and Impact on Life Style* », p. 153-163, in Stopher et Meyburg, édit., 1976, *op. cit.*

(29) Cf. F. Stuart Chapin, « Activity System and Urban Structure : a Working Scheme » in *Journal of the American Institute of Planners*, vol. 1, 1968.

transport a été important. Elles permettent de mieux comprendre les comportements et les choix individuels, mais aussi de réfuter ce que la méthode classique avait de trop sommaire. Ces analyses n'ont cependant pas permis d'élaborer des méthodes alternatives ni même d'améliorer un peu les modèles existants.

La méthode classique, malgré toutes les critiques qu'elle a subies, reste encore la méthode de base des études globales de transport au niveau des agglomérations. Il est vrai que ces études globales sont de moins en moins nombreuses depuis quelques années, à la fois parce qu'elles ont déjà été faites dans la plupart des villes grandes ou moyennes des pays développés et parce que la crise économique et le ralentissement démographique ont réduit les perspectives de vastes programmes d'investissements dans les transports urbains. Il reste, cependant, le cas des villes des pays en développement, pour lesquelles la croissance démographique est encore très rapide et où très peu d'études sérieuses ont été menées. Cela mérite un développement particulier.

Deuxième partie / chapitre 3

Les méthodes de planification dans les pays en développement

Les critiques apportées à la méthode classique de prévision de la demande sont particulièrement pertinentes quant à son application dans les villes des pays en voie de développement.

Dans ce contexte particulier, d'autres critiques sont également fondées ; il est même permis de se demander si une méthodologie tout à fait différente ne devrait pas être recherchée, car les objectifs d'une politique de transport dans les pays en voie de développement ne peuvent qu'être différents.

Les travaux de Zahavi et ceux sur l'accessibilité fournissent des jalons en ce sens, sans constituer réellement une méthodologie alternative à la méthode classique.

Mais, surtout dans les villes des pays en développement, la planification des transports urbains ne saurait se réduire à la prévision de la demande et à l'analyse économique. Il convient aussi d'examiner les différentes possibilités de l'offre, dans un contexte où divers systèmes de transport peuvent coexister, y compris ceux qui sont qualifiés d'informels.

En outre, une attention particulière doit être apportée aux problèmes de gestion du système de transport, car cette gestion est souvent gravement déficiente et réduit à néant les efforts d'investissement.

A la recherche d'une méthodologie adaptée

Les contraintes spécifiques aux pays en développement

L'étude des enjeux de la politique de transport dans les villes des pays en développement a montré (voir *supra*) la priorité à accorder aux enjeux sociaux, économiques et urbanistiques. Encore faut-il toujours conserver présentes à l'esprit quelques contraintes spécifiques à ces villes :

- le rythme de la croissance démographique (doublement fréquent en dix ans) doit conduire à privilégier la planification à moyen terme (dix ans) ;
- le coût des transports en commun, beaucoup plus faible que dans les pays développés, en interdit cependant l'accès à des couches entières de la population ;
- les déplacements à pied et à bicyclette ne sont pas seulement, de ce fait, des déplacements de proximité : la marche à pied dépasse le plus souvent 50 % de la mobilité, avec des parcours moyens de plusieurs kilomètres ;
- les transports en commun informels ne peuvent être négligés, ni dans l'analyse de la situation, ni dans la recherche des solutions ;
- la mobilité croît très vite avec la motorisation : une méthodologie qui, comme la méthode classique, privilégierait les gains de temps et utiliserait une valeur du temps liée au revenu, avantagerait les classes aisées, les seules à être motorisées.

Les inadaptations de la méthode classique

Au-delà des critiques générales adressées à la méthode classique et déjà étudiées, celle-ci présente des inadaptations évidentes dans le cas des villes des pays en développement :

— elle est coûteuse (enquêtes, mise au point des modèles, calculs sur ordinateur) ; trop souvent, la recherche d'économies a conduit à transposer directement les modèles des pays développés, souvent sans même les ajuster (calcul des paramètres), ce qui est évidemment absurde ;

— l'insuffisance des données statistiques, leur imprécision, l'incertitude des prévisions rendent encore plus aléatoires les résultats, déjà entachés, dans des conditions optimales d'application, de nombreuses erreurs qui se cumulent au fur et à mesure du déroulement de la chaîne des modèles ;

— l'environnement (démographique, économique, sociopolitique) étant susceptible de variations brusques, l'insuffisance généralisée de la réflexion prospective, indispensable pour fixer les valeurs des paramètres des différents modèles avant de les appliquer en prévision, accentue le caractère conservateur des modèles.

De fait, de nombreux spécialistes ont dénoncé l'emploi de la méthode classique hors des pays développés (Gakenheimer aux Etats-Unis, Dupuy en France, la fondation Ford qui l'avait pourtant largement utilisée). Même la Banque mondiale, sans la rejeter faute de méthode alternative, souhaite son adaptation par :

- une étude plus approfondie des rapports entre planification des transports urbains et contrôle de l'utilisation du sol ;
- la prise en compte de la mobilité à pied et à bicyclette ;
- la prise en compte de la congestion, de ses effets, de la « demande supprimée par la congestion » ;
- la remise en cause de la méthode d'analyse coûts/bénéfices car on

ne peut définir un état de référence (dans une ville en croissance très rapide, une situation « sans investissements » ne peut être envisagée) et elle ne permet pas d'appréhender correctement les coûts sociaux : des méthodes de type coûts/avantages, plus qualitatives et plus stratégiques, paraissent préférables.

A ces critiques, désormais courantes, d'autres viennent s'ajouter (1) :

— la ségrégation résidentielle et ethnique, très poussée dans les villes du Tiers Monde, rend inadéquats les modèles de distribution, sauf à segmenter la population, ce qui n'est jamais fait, faute de données suffisantes et d'appréhension de cette dimension : l'opposition entre emplois du secteur moderne et activités informelles pose un problème similaire ;

— puisque la quasi-totalité des usagers est captive d'un mode de transport ou d'un autre, voire de la marche à pied, les modèles de choix modal sont inadéquats ;

— le souci d'éviter le surinvestissement dans la définition des réseaux de transport en commun nécessite un maillage très fin et des données abondantes, rarement disponibles ;

— enfin, sur un plan institutionnel, il est indéniable que, surtout dans les pays en développement, le responsable politique des études a souvent une conclusion pré-établie qu'il souhaite voir justifier par l'expert. L'emploi de modèles et le fait d'être étranger sont deux garanties apparentes de neutralité, notamment auprès d'organismes internationaux de financement, dont le donneur d'ordre n'est pas toujours dupe.

La prise en compte de la valeur du temps

La valeur du temps joue un rôle central dans la méthode classique (distribution géographique, choix modal, et surtout évaluation économique des projets). Dans les pays en développement, il n'est pas du tout évident que la maximisation des gains de temps soit l'objectif prioritaire, alors que des couches entières de la population n'ont pas du tout accès aux moyens de transport, et donc aux possibilités offertes par la ville.

En outre, dans des pays où les écarts de revenus sont très importants, la prise en compte de valeurs de temps différenciées, reflétant les écarts de salaires ou de revenus, revient à donner un poids considérable aux intérêts des catégories aisées, au détriment des plus pauvres. Cela peut ainsi aboutir à justifier une priorité à des investissements en faveur de la circulation automobile, au détriment d'investissements dans les transports en commun qui concerneraient un nombre très supérieur d'usagers.

La Banque mondiale (2) estime néanmoins nécessaire « d'évaluer avec soin

(1) Cf. Pierre Merlin, *Les transports dans les villes des pays en développement*, op. cit.

(2) Cf. Banque mondiale, *Transports urbains, politique sectorielle*, Washington (DC), 1975, 118 pages.

les gains et les pertes de temps», mais, pour les raisons précédentes, suggère des approches différentes dans les étapes successives de la méthode classique :

— des valeurs de temps liées au revenu lui paraissent justifiées lorsqu'il s'agit de simuler les comportements des usagers pour l'étude de la distribution géographique, du choix modal et du choix entre itinéraires ;

— une valeur de temps unique doit être retenue lorsqu'il s'agit de l'évaluation économique des investissements, afin de ne pas privilégier ceux qui profitent aux classes aisées.

Dans le même esprit, Mogridge (3) estime indispensable d'utiliser la valeur de temps. Mais, il pense que des valeurs de temps différentes peuvent être employées afin de mesurer à quelles catégories de population profiteraient les investissements envisagés. Il serait ainsi possible de tester les effets sociaux de politiques alternatives de transport.

Les invariants de Zahavi

A la demande de la Banque mondiale et du Gouvernement américain, Zahavi (4) a établi un certain nombre de corrélations qui semblent s'appliquer tant aux villes des pays développés qu'à celles des pays en développement et peuvent donc être utiles pour cerner des ordres de grandeur applicables à ces dernières. Ses principales conclusions sont les suivantes.

- La motorisation croît, dans le temps et selon le revenu, selon la même courbe pour les Etats-Unis, les pays européens et les pays en développement (avec un décalage dans le temps).

- Le taux annuel de variation de ce taux de motorisation décroît linéairement en fonction de ce taux avec un seuil de saturation vers 41 automobiles pour 100 habitants (ou 1,1 par ménage) ;

- La mobilité globale (déplacements motorisés) croît linéairement avec le taux de motorisation (villes des pays en développement exclus).

- La mobilité globale motorisée décroît avec la densité de population résidente (même courbe pour les différents pays).

- Le temps moyen de circulation par automobile est constant et égal à 0,75 heure dans les villes des pays développés et à 1,25 heure dans celles des pays en développement :

- Le nombre de personnes se déplaçant dans un ménage croît linéairement avec le niveau de motorisation du ménage ;

(3) Cf. M.C. Mogridge, «The Evaluation of Alternative Transportation Policies in Developing Countries», *Transport Planning in developing Countries*, Warwick University, summer annual meeting, July 1975, pp. 31-44.

(4) Cf. Yacov Zahavi, *Travel Characteristics in Cities of Developing and Developed Countries*, op. cit.

- La longueur moyenne des trajets croît proportionnellement à la racine carrée du rayon de la ville ;

- La dépense de transport croît linéairement avec le revenu, mais la part dépensée dans les transports en commun décroît en sens inverse du revenu (enquête officielle britannique de 1972).

- L'utilisation des transports en commun routiers et de l'automobile est fonction du taux de motorisation (mêmes courbes pour les villes américaines, européennes et en voie de développement), l'existence d'un métro diminuant d'environ 10 points le taux d'utilisation de l'automobile.

- La densité du réseau de voirie est une fonction croissante du taux de motorisation.

- La vitesse moyenne du trafic est liée, à la fois, aux caractéristiques de l'offre (longueur du réseau de voirie) et à celles de la demande (parc de véhicules, temps moyen de parcours par véhicule).

Si intéressants que puissent être ces résultats, ils ne permettent en aucun cas de fonder une méthodologie alternative à la méthode classique. Un certain nombre de réserves théoriques peuvent être formulées à leur encontre :

- les résultats de Zahavi sont établis à partir d'un nombre limité de villes (10 à 20 en général) pour lesquelles les données n'étaient pas homogènes (des correctifs ont été nécessaires), et les écarts ne sont pas négligeables, même si les coefficients de corrélation sont élevés : il est difficile de les utiliser pour des prévisions ;

- ces résultats concernent avant tout la circulation automobile : ils montrent bien les écueils et les conséquences prévisibles de la motorisation et de la croissance urbaine, mais ne concernent ni les transports en commun, ni les transports non motorisés ;

- il s'agit d'analyses macroscopiques, au niveau d'agglomérations entières ou de pays, ce qui élimine les différences géographiques, sociales, etc. entre quartiers ou couches de population ;

- les analyses plus détaillées effectuées par la suite n'ont pas toujours confirmé ses invariants : ainsi, en France, il a été observé une variabilité, dans un rapport de 2 à 3, du budget-temps de transport d'une ville à l'autre ; en outre, il convient de distinguer deux types principaux d'usagers : les conducteurs d'automobile et les utilisateurs des transports en commun, d'une part ; les piétons, les cyclistes et les passagers d'automobile, d'autre part.

Le budget-temps semble augmenter, en France, avec la taille de la ville, avec le niveau de motorisation, avec le revenu et selon la situation de l'individu dans le ménage (actif ou non), mais non en fonction de la localisation dans la ville (5).

Malgré ces réserves, les résultats de Zahavi conduisent à quelques conclusions importantes, qui dépassent d'ailleurs le cadre des seuls pays en développement :

(5) Cf. Xavier Godard et divers, *Le budget-temps de transport : analyse de quelques agglomérations françaises*, IRT, Paris, avril 1978, 85 pages.

— une large proportion d'usagers (non actifs) est peu sensible à la valeur du temps ;

— les économies de temps effectuées serviraient surtout à effectuer des déplacements supplémentaires ;

— la valeur du temps devrait être moins attachée au motif du déplacement effectué qu'à celui du déplacement supplémentaire que l'économie de temps rendra possible ;

— ces remarques renforcent l'intérêt des études sur les programmes des activités.

La méthode des accessibilités

Comme celle des invariants, la méthode des accessibilités n'a pas été spécialement conçue en fonction des problèmes des villes des pays en développement, mais c'est dans ce cas qu'elle peut être la plus utile. La notion d'accessibilité est employée dans de nombreux modèles de transport. Encore faut-il la préciser. L'accessibilité peut être mesurée (6) par une limite de temps de trajet, par des courbes isochrones ou encore par une moyenne des coûts généralisés (pondérés par les flux). La formulation la plus satisfaisante est cependant indépendante des flux :

$$A_i = \sum_j a_j \cdot f(d_{ij})$$

où a_j mesure l'attraction du quartier j (emplois pour les migrations alternantes par exemple).

La fonction $f(d_{ij})$, qui est décroissante, peut être une des fonctions utilisées dans le modèle gravitaire :

$$f(d_{ij}) = e^{-\beta \times d_{ij}} \text{ ou : } f(d_{ij}) = \frac{1}{d_{ij}^\beta}$$

Koenig (7) a montré qu'à partir du concept d'accessibilité, la construction des modèles de génération, de distribution (de type gravitaire), de choix modal et même l'évaluation des systèmes de transport sont réalisables. Cette dernière possibilité est la plus intéressante dans le cas des villes des pays en développement. Il est possible de déterminer ainsi, pour chaque quartier, une accessibilité pour chaque mode de transport et d'en déduire une accessibilité moyenne pour chaque couche de population en fonction des moyens de transport qu'elle utilise. Pour les différentes variantes du plan de transport, les gains moyens d'accessibilité qu'elles procurent à chaque couche de population peuvent être déterminées. Koenig énonce en outre les avantages suivants qu'il prête à la méthode des accessibilités :

(6) Cf. J. Villiers et M. Grimaldi, *Analyse du budget-temps de transport*, CETE, Aix, novembre 1980, 34 pages ; Gérard Bien, *Une application du concept d'accessibilité à l'étude des réseaux de transports collectifs*, IRT Arcueil, 1974, 126 pages.

(7) Cf. Gérard Koenig, *La théorie de l'accessibilité urbaine : un nouvel outil au service de l'aménageur*, SETRA, Bagneux, 1975, 97 pages.

— elle échappe aux objections présentées à la méthode classique (coût généralisé) ;

— elle prend en compte, à la fois, les conditions de transport et la structure urbaine dans l'estimation du service rendu ;

— elle montre que la liberté de choix a un prix en termes économiques ;

— elle se prête à l'analyse des interactions entre les décisions de déplacement et celles relatives au choix du lieu de résidence ou de travail, comme, pour la collectivité, aux interactions entre choix de transport et choix d'aménagement ;

— une accessibilité générale d'un quartier peut être définie comme la moyenne des accessibilités pour les différents motifs de déplacement pondérées par leur importance respective : un indicateur général d'accessibilité peut être établi pour toute l'agglomération.

Quelles que soient les possibilités offertes par la notion d'accessibilité, il convient d'être conscient de ses limites théoriques :

— la formulation de l'accessibilité est purement intuitive (comme le reconnaît Koenig) : les modèles dérivés (distribution, etc.) n'ont donc pas de justification théorique, sauf celles qui ont pu être établies par ailleurs ;

— l'utilisation du coût généralisé comme élément central de la formulation de l'accessibilité rend caduque l'affirmation selon laquelle la méthode échappe aux contradictions de la méthode classique du coût généralisé ;

— la définition d'une accessibilité totale revient à accorder la même importance aux différents motifs de déplacements, négligeant la distinction évidente entre déplacements indispensables (migrations alternantes en premier lieu) et autres déplacements : ceci paraît très contestable, surtout là où l'accessibilité minimale n'est pas assurée ;

— la prise en compte de la structure urbaine et des rapports transports-urbanisation ne se présente pas en termes très différents de ceux posés par certains modèles de la méthode classique (modèle d'opportunités en particulier) ;

— l'appréhension économique des possibilités de choix est plutôt moins claire que dans la méthode du coût généralisé.

Esquisse d'une méthodologie adaptée

Il n'existe pas de méthodologie particulière pour les études de transport urbain dans les villes des pays en développement. A la lumière des considérations précédentes, une proposition peut être esquissée dans ce sens.

Le premier élément consisterait à choisir des indicateurs d'évaluation de projets compatibles avec les objectifs majeurs. Or, la rentabilité généralisée (ou sociale), utilisée par la méthode classique, privilégie les gains de temps (et de confort), ce qui n'a guère de sens pour une population qui, dans sa grande majorité, confère au temps une valeur nulle (voir les longs trajets à pied signalés précédemment). Elle revient à privilégier les besoins des couches aisées, en

général motorisées, qui accordent une valeur plus grande au temps. La prise en compte des coûts sociaux (bruit, pollution, etc.) est également inadéquate pour des communautés qui manquent souvent du strict nécessaire.

Le premier objectif doit donc être d'assurer l'accessibilité de tous — ou du plus grand nombre — au système de transports urbains et donc de favoriser d'abord l'acceptation d'un éventuel emploi et, ensuite, l'accès aux équipements et services offerts par la ville. Par ailleurs, les indicateurs d'accessibilité apparaissent pertinents pour prendre en compte, à la fois, l'offre et la demande, mais aussi les interactions entre choix de transport et solutions d'urbanisme. Ils permettent aussi de dégager les bénéfices, pour les différentes classes de revenus, de politiques alternatives de transport. Ils peuvent, enfin, prendre en compte les différents motifs de déplacement, mais aussi privilégier l'accessibilité aux lieux d'emplois, de loin la plus importante dans les villes du Tiers Monde.

Comme indicateur d'accessibilité, une notion très simple peut être retenue, telle que la proportion de personnes desservies (par exemple : habitant à moins de 30 minutes ou de 2 kilomètres d'une station de transport en commun), ou plutôt la formulation déjà proposée $A_i = \sum_j a_j \cdot f(d_{ij})$.

Si ce type d'indicateur est gardé, on peut envisager :

— de pondérer l'importance accordée aux différents motifs de déplacement, à travers les valeurs accordées aux attractions a_k , par exemple, pour privilégier l'accès aux emplois ;

— de choisir des fonctions $f(d)$ différentes selon les motifs, les contraintes étant différentes (beaucoup plus strictes par exemple pour l'accès aux emplois) ;

— de retenir pour la distance une mesure pertinente compte tenu des besoins de la population. Ce ne peut être le coût généralisé puisque la notion de valeur du temps est peu pertinente pour la majorité des populations des pays en développement. Il semble qu'il faille plutôt s'orienter, dans de tels cas, vers des fonctions non linéaires du temps et de la dépense monétaire (le confort apparaît comme un élément superflu qui gagnerait à être remplacé par une mesure de la sécurité pendant le déplacement) où la valeur de la distance augmenterait très fortement, voire deviendrait infinie, lorsque :

- la dépense monétaire dépasserait une certaine fraction du revenu (autour de 5 %) pour des migrations alternantes quotidiennes,

- le temps de trajet dépasserait un seuil t_0 ,
- le temps de marche à pied (une heure, par exemple), dépasserait un seuil $t_1 < t_0$ (une demi-heure, par exemple),

- la fréquence tomberait en dessous d'un seuil minimal f_0 (un service à l'heure, par exemple) ;

— de plafonner l'accessibilité A_i prise en compte dans l'accessibilité globale A , pour un quartier particulier, à un seuil A_0 ; faute de cette précaution, la méthode risque de favoriser l'amélioration de la desserte de quelques quartiers, souvent déjà desservis, au prix d'investissements limités, et de négliger celle de quartiers isolés, dont les habitants demeuraient des exclus ;

— de mesurer l'accessibilité A_{ih} par tranche de revenu, afin de pouvoir identifier les classes bénéficiaires, dans chaque alternative, des gains d'accessibilité.

Les indicateurs d'accessibilité, même s'ils prennent en compte la qualité de la desserte, ne peuvent pas être utilisés seuls. Des indicateurs économiques sont nécessaires : coût d'investissement, de fonctionnement, charge financière pour la collectivité, coût en devises, en énergie, etc. Le coût généralisé, outre qu'il interviendra dans certains modèles de la méthode classique, restera un indicateur secondaire de qualité des réseaux qui permettra notamment d'appréhender les gains de temps et de confort.

Les invariants et les relations mis en évidence par Zahavi gagneront à être calculés :

- pour déceler d'éventuelles anomalies ;
- pour permettre des comparaisons avec la situation des villes étrangères ;
- pour tester si les évolutions prévues sont réalistes.

Le calcul de ces indicateurs divers, comme l'ensemble des calculs, doit être effectué à différents horizons, à intervalles rapprochés (cinq ans au maximum) en raison de la rapidité des évolutions et du risque d'erreurs grossières de prévisions sur une période éloignée, mais aussi pour estimer les effets des investissements de transport sur l'urbanisation (et inversement).

Le fait de retenir pour indicateur principal un indicateur d'accessibilité ne permet pas de s'affranchir des modèles partiels de la méthode classique. Si la génération de trafic peut être déterminée à partir de l'accessibilité, la distribution géographique pourra faire appel à un modèle gravitaire (les facteurs de croissance seront, cependant, préférables pour des études à court terme). Pour le choix du mode de transport, l'estimation des effectifs de « captifs » des transports en commun ou de l'automobile sera importante, les situations réelles de choix étant peu nombreuses. Le choix entre itinéraires sera le plus souvent inexistant. Les coefficients de pointe serviront surtout à déterminer les capacités à assurer. La valeur du temps jouera un rôle beaucoup moins central que dans la méthode classique et il faudra utiliser des valeurs du temps différentes pour les phases d'estimation du trafic, d'une part, et pour l'évaluation des réseaux, d'autre part. Les réseaux alternatifs, en utilisant des valeurs du temps différentes, peuvent être testés pour mettre en évidence les couches sociales qui tirent le plus d'avantages de chacune de ces alternatives (voir les accessibilités par couche de population).

Les systèmes de transport

Si, dans les villes des pays développés, les principaux moyens de transport urbain sont connus et acceptés de tous, et si le problème pour le planificateur, est seulement de favoriser leur utilisation harmonieuse (en particulier en limitant l'usage de l'automobile aux lieux et aux heures où elle ne nuit pas de façon

excessive à la collectivité), le débat est plus vaste dans les villes des pays en développement. La place de l'automobile y reste encore largement à définir puisque les taux de motorisation sont encore faibles ; les choix techniques, économiques et institutionnels en matière de transports en commun restent largement ouverts ; les transports non-motorisés enfin constituent plus qu'un appoint : ils font partie intégrante du système de transport.

La place de l'automobile

Deux facteurs qui ne sont pas spécifiques aux villes des pays en développement, mais qui prennent une importance particulière, conduisent impérativement à y limiter le rôle de l'automobile.

- La consommation d'espace qu'elle exige et la congestion qu'elle entraîne. Dans les villes des pays en développement (Bangkok, São Paulo, Lagos, etc.), la congestion s'instaure non seulement aux heures de pointe, mais pendant la majeure partie de la journée alors que les taux de motorisation sont encore très bas. Cela est dû, en partie, à la plus faible surface réservée à la voirie ; selon la Banque mondiale (8), celle-ci représente 25 % en moyenne dans les pays développés, 14 % seulement à Bangkok, 5 % à Calcutta. Les autres causes sont une mauvaise organisation de la circulation, le non-respect des réglementations, les fortes densités surtout dans les zones centrales.

L'automobile consomme (9) de 10 (en cas de déplacements personnels) à 30 (en cas de migrations alternantes) fois plus d'espace que l'autobus. Cette congestion de la circulation automobile est particulièrement grave dans la mesure où elle perturbe les autres moyens de transport qui partagent avec elle la voirie banale, les entraînant dans le cercle vicieux classique : abaissement de la vitesse commerciale, perte de clientèle, réduction de la fréquence, diminution de capacité, etc. En outre, la congestion, qui atteint d'abord le centre, occasionne le desserrement de l'habitat et des activités, donc un allongement des distances, un accroissement de la demande de déplacements, surtout individuels, et, *in fine* un supplément de congestion, etc.

- La consommation d'énergie. Elle est quatre fois plus élevée pour l'automobile que pour les transports en commun. En matière de transport de personnes, le transport routier est, sur le plan énergétique, dix fois moins efficace que le chemin de fer, quatorze fois moins que la voie d'eau, mais dix fois plus que l'avion (10). Le camion et l'autobus (ce dernier ayant presque toujours sa capacité théorique utilisée à 100 %, voire plus, et s'adaptant plus souplement que les transports ferrés aux pointes de trafic) sont sur ce plan les moyens de transport de base.

(8) Cf. Banque mondiale, *Les transports, étude sectorielle*, Washington (DC), 1972, 64 pages.

(9) Voir première partie, chapitre 4.

(10) Cf. Philippe Bovy, *Les transports urbains dans les pays en développement*, tome 1, Ecole polytechnique fédérale, Lausanne, 1976.

Dans ces conditions, l'adoption de mesures visant à limiter la place de l'automobile est fondamentale. Les différentes voies possibles pour y parvenir peuvent être utilisées conjointement :

- ralentissement du développement du parc automobile par taxation ;
- réglementation de la circulation et surtout du stationnement, en particulier dans le centre ;
- taxation de l'utilisation de l'automobile qui peut, comme à Singapour, être modulée dans le temps et dans l'espace ;
- aménagement du temps (étalement des horaires, réglementation des livraisons) ;
- planification urbaine, en recherchant la cohérence entre les investissements de transport et la localisation des quartiers d'habitat et des zones d'activités.

Les limites des transports ferrés souterrains

Le transport ferroviaire a l'avantage d'être économique en énergie, au moins quand sa capacité élevée est utilisée, ce qui n'est pas toujours le cas en heure creuse. Il l'est aussi en matière d'espace. Il offre, en outre, rapidité, sécurité et, sauf lorsque sa limite supérieure de capacité est atteinte, confort. La construction du métro a aussi pour intérêt d'influer considérablement sur la morphologie de la ville en favorisant des densités élevées, surtout autour des stations.

Mais il est vrai que le coût en capital du métro est hors de portée de la plupart des villes en développement. Seules quelques très grandes agglomérations de pays ayant des ressources importantes et déjà engagées dans la voie du développement peuvent envisager de se doter d'un métro. Pour les villes moyennes (même dépassant un million d'habitants), leur capacité demeure le plus souvent excédentaire. Le coût de construction interdit des réseaux très denses et rend, dans tous les cas, nécessaire un réseau complémentaire de transports en commun de surface. En outre, si le tracé du métro (ou du chemin de fer suburbain) joue un rôle d'entrainement pour l'urbanisation, son tracé est rigide et permet mal une adaptation aux besoins. Enfin, et cela est très important dans les pays en développement, son coût de fonctionnement, même sans l'amortissement du capital, est très élevé et en interdit l'accès quotidien aux couches les plus défavorisées de la population. Il nécessite donc d'importantes aides pour la construction et de fortes subventions pour le fonctionnement, la densification entraînée par la réalisation de réseaux de métro (Tokyo, Mexico) aggravant les conditions de congestion du réseau de surface dans et vers le centre. Pour éviter cet inconvénient, il conviendrait d'accompagner la mise en place d'un réseau de métro de mesures très directives quant à l'utilisation du sol dans le centre et à la limitation des activités génératrices de déplacements. De même, des mesures doivent être prises pour éviter une élévation excessive des loyers qui occasionnerait un desserrement des logements, donc une augmentation des migrations alternantes.

A part des situations exceptionnelles, ce sont plutôt des rentabilisations et aménagements de lignes ferrées suburbaines qui seront possibles dans les villes les plus importantes des pays en développement (Abidjan, Kinshasa, etc.). Mais dans tous les cas, l'essentiel du système de transports reposera sur les transports de surface.

L'adaptation de l'autobus

L'autobus présente l'avantage d'une souplesse beaucoup plus grande et d'un investissement beaucoup plus réduit en capital (l'infrastructure existe déjà). Son efficacité est cependant directement conditionnée par les mesures prises en vue de limiter la congestion de la voirie par la circulation automobile.

Le coût en capital pour doter les villes des pays en développement du parc d'autobus nécessaire à leurs besoins est modeste : un autobus pour 1 000 habitants (actuellement 1 pour 2 000 en moyenne) représenterait quelque 200 000 autobus supplémentaires pour les quelque 400 millions de personnes vivant dans des villes de plus de 500 000 habitants de ces pays. Leur coût serait de 160 milliards de francs (sur une base de 800 000 F par autobus). Ils pourraient transporter environ 200 millions de passagers, c'est-à-dire assurer 0,5 déplacement par jour et par habitant dans ces villes, soit environ la moitié de la mobilité motorisée.

L'autobus pose cependant, lui aussi, de sérieux problèmes, en particulier sur le plan de l'efficacité. Celle-ci peut tout de même être améliorée :

- en aménageant la priorité aux carrefours et des couloirs réservés sur les grands axes ;
- en prévoyant des voies réservées sur les autoroutes, lorsqu'elles existent et si le flux d'autobus le justifie ;
- par l'emploi d'un matériel roulant adapté : autobus de grande capacité, voire véhicules articulés (150 places et plus) ; véhicules robustes, conçus pour la circulation sur une voirie souvent non revêtue et une surcharge fréquente, etc.

Les possibilités des transports semi-collectifs

Les transports semi-collectifs offrent une solution intermédiaire entre l'automobile et l'autobus :

- sur le plan de la capacité, les exemples des villes où des flottes importantes de minibus (Caracas, etc.) ou de petits véhicules collectifs (Manille) fonctionnent, montrent qu'ils peuvent assurer une part importante du trafic urbain, voire à la limite se substituer presque complètement à l'automobile ou à l'autobus ; les camions aménagés (par exemple, les *fula-fula* de Kinshasa) ont une capacité supérieure aux autobus ;
- sur le plan de la consommation d'espace, malgré leurs arrêts fréquents, les taxis collectifs et, *a fortiori*, les minibus sont quatre fois moins encombrants

par personne transportée que l'automobile mais trois fois plus que les autobus et que les camions aménagés.

— sur le plan du coût, les minibus sont légèrement plus coûteux que l'autobus (le coût du conducteur étant réparti sur un nombre de voyageurs plus faible) ; les taxis collectifs ont des coûts encore légèrement supérieurs, de l'ordre du double de celui des autobus (mais égaux à ceux-ci à Manille) ; les véhicules sommaires, tels les camions aménagés sont, au contraire, plus économiques que l'autobus.

Il semble que les minibus ne soient cependant pas à encourager dans les zones centrales en raison de leur encombrement supérieur à celui de l'autobus pour un service comparable. Par contre, ils peuvent rendre des services très importants à la périphérie, pour desservir des zones d'urbanisation récentes ou spontanées, fonction que les réseaux réguliers d'autobus répugnent à assurer. Les camions aménagés peuvent jouer, malgré les problèmes de sécurité qu'ils posent, un rôle important dans la desserte des zones périphériques mal viables. Quant aux taxis collectifs, ils seront à encourager, même dans le centre dans la mesure où ils jouent un rôle de substitut à l'automobile plus qu'à l'autobus.

Les transports semi-collectifs présentent, par ailleurs, des avantages importants :

- souplesse quant au volume de service à offrir et aux itinéraires à desservir ;
- faiblesse de l'investissement généralement assuré par des particuliers, et facilité de l'entretien par l'exploitant lui-même ;
- intensité de l'utilisation liée à la souplesse, mais aussi au caractère fréquemment artisanal de l'exploitation ;
- création d'emplois : cependant, à capacité de transport égale, il n'est pas certain que ces créations soient plus nombreuses que dans les compagnies classiques d'autobus, en raison de la mauvaise gestion de ces dernières (il y a ainsi 10 employés, en moyenne, par véhicule en service dans les villes africaines) ;
- vitesse commerciale intermédiaire entre celle de l'autobus et celle de l'automobile individuelle.

Ils ont par contre l'inconvénient de :

- constituer une concurrence déloyale pour les autobus, dans la mesure où les transports semi-collectifs ne subissent pas de contraintes semblables et ne respectent pas les mêmes obligations (itinéraires, horaires) ;
- créer des encombrements par leurs arrêts répétés mais, sur ce plan, ils restent beaucoup plus efficaces que l'automobile ;
- poser des problèmes de sécurité et de contrôle pour les autorités : cela est particulièrement vrai pour les camions aménagés qui sont, en fait, des autobus de fortune.

En définitive, une place importante semble devoir être réservée aux transports semi-collectifs, surtout pour la desserte de la périphérie des villes, mais à la double condition :

- de préciser, et de faire respecter, le partage des tâches avec l'autobus ;
- de réduire la congestion créée par la circulation automobile.

Sous ces réserves, les transports semi-collectifs devraient bénéficier des avantages consentis aux transports en commun : non-paiement des taxes de circulation et de stationnement ; accès aux voies réservées aux autobus, etc. Ces avantages pourraient être étendus aux automobiles à fort taux d'occupation (4 personnes) et aux transports organisés par les entreprises.

Les transports non motorisés

Ils sont importants dans les villes des pays en développement, et non seulement pour les déplacements de proximité : de vastes couches de population sont « captives » de ces moyens de transport, soit qu'elles ne peuvent payer le prix des transports en commun, soit que ceux-ci ne les desservent pas. Or les déplacements à pied ou à bicyclette sont souvent pénibles ou dangereux pour plusieurs raisons :

- étroitesse ou souvent absence totale de trottoirs, ou encore invasion de ceux-ci par des petits commerces, certes très utiles, mais qui devraient être ordonnés ;

- absence de pistes cyclables, d'où conflits cycles-automobiles et indiscipline généralisée des cyclistes ;

- absence ou non-respect des traversées protégées des grands axes pour piétons ;

- existence d'axes piétonniers ou cyclistes créés spontanément, mais non aménagés (le long d'une voie ferrée, à travers un terrain non urbanisé, etc.)

Pour favoriser ces déplacements non motorisés, il serait possible de :

- les intégrer dès la planification des nouveaux quartiers (pistes cyclables et voies piétonnières dans les mailles d'un réseau routier peu dense) ;

- créer des axes réservés : une voie piétonnière de un mètre de large permet un flux de 3 000 personnes à l'heure, voire supérieur ; une piste cyclable offre, pour la même emprise, une capacité deux fois plus faible, mais permet une vitesse trois à quatre fois plus élevée. Leur coût est faible, leur entretien réduit, mais il est nécessaire d'aménager avec soin les intersections (feux tricolores) et les carrefours.

Notons, enfin, qu'une politique d'encouragement des transports non motorisés suppose un effort des pouvoirs publics envers les industries (fabrication, montage) et les activités artisanales (réparations) liées à l'utilisation des deux-roues.

De même, la place de la circulation piétonne est cohérente avec le développement de nombreux emplois informels. Dans ces conditions, il n'est pas exclu d'aménager, le long des voies piétonnes, même si cela doit réduire la fluidité du flux piétonnier, des espaces pour les activités (petit commerce). Les voies piétonnes et cyclables doivent aussi prendre en compte les centres de vie du quartier (écoles, marchés, accès aux autobus).

Dans tous les cas, la planification des transports urbains, dans les villes des pays en développement dépend des conditions locales (taille de la ville, topographie, traditions, niveau de revenu, etc.), mais doit respecter quelques principes fondamentaux :

- élimination de la circulation automobile ;
- contrôle de l'urbanisation et cohérence entre celle-ci et le développement des axes de transport ; limitation de l'extension urbaine ;
- reconnaissance et organisation des transports informels et non motorisés.

La gestion du système de transport

La limitation de la circulation automobile, des choix pertinents en matière de transports en commun, l'organisation des transports informels et non motorisés ne sont pas suffisants. Les transports en commun doivent encore résoudre un certain nombre de problèmes de gestion financière et administrative pour être pleinement efficaces.

Gestion publique ou gestion privée ?

Les partisans d'une gestion publique des réseaux de transport en commun dans les villes des pays en développement sont très minoritaires parmi les experts. Ceux-ci avancent que les transports urbains doivent être gérés comme un service public, sans espoir de profit, et en considérant le déficit comme inévitable. Les responsables politiques et administratifs acceptent souvent ce raisonnement. Les économistes sont, le plus souvent, d'un avis opposé : les compagnies publiques assurant un service satisfaisant sont peu nombreuses et la nationalisation d'un réseau entraîne rarement une amélioration durable. Il ne faudrait pas cependant mesurer l'efficacité d'un réseau à travers le seul critère de sa rentabilité : les aspects politiques (accords institutionnels existants, traditions) et sociaux (qui utilise les différents moyens de transport ?) interviennent aussi.

Il est cependant indéniable que, dans la majorité des cas, la gestion privée s'avère plus efficace sur le plan financier. En ce qui concerne l'embauche et la gestion du personnel, les sociétés privées sont beaucoup plus strictes et plus flexibles, mais n'est-ce pas une condition évidente de la rentabilité, trop souvent oubliée par les sociétés publiques ? En revanche, il est permis de leur reprocher de limiter trop souvent leurs services aux lignes les plus rentables, et de laisser se développer de profondes inadéquations entre la structure des réseaux et l'urbanisation.

Monopole ou concurrence ?

Un monopole est associé, dans l'esprit des usagers, au Gouvernement, ce qui conduit à un état d'esprit fataliste, alors que les carences d'une entreprise privée provoquent des plaintes ou l'apparition de services concurrents : un monopole public aboutit donc fréquemment à une dégradation du service, alors qu'un monopole privé est par essence instable. Dans tous les cas, il ne semble pas qu'une situation de monopole soit favorable, sur le plan de la qualité du service, comme sur celui de la rentabilité. La Banque mondiale, en particulier, est très hostile à cette notion. Une situation de concurrence diminue les risques de pléthore de personnel, de détérioration rapide du parc de véhicules et, donc, du service offert et permet une meilleure adaptation des réseaux à la demande. Mais ce dernier point montre que la concurrence ne résout pas tout : les zones les moins rentables risquent de ne pas être desservies ; des pratiques sociales et financières douteuses risquent de s'instaurer.

Il semble que, sous réserve des conditions qui peuvent considérablement varier d'une ville à l'autre, une solution mixte puisse être envisagée :

— une société principale, soit publique (régie), soit privée (concession) serait chargée d'exploiter un réseau de base, fixé et révisé périodiquement par les pouvoirs publics ; son plan d'investissement (véhicules), d'entretien et la formation de son personnel seraient contrôlés par les pouvoirs publics ; les tarifs seraient fixés, et périodiquement révisés, de façon à permettre une gestion équilibrée et efficace ;

— des sociétés privées auxquelles une autorisation (licence) serait accordée, existeraient également ; elles devraient desservir des quartiers périphériques mais pourraient pénétrer dans le centre ; elles pourraient ramasser des passagers dans la zone centrale seulement dans la mesure où leur point de départ est fixé à la périphérie ; en outre, elles devraient desservir avec un minimum de fréquence les quartiers périphériques qui leur sont assignés. Ainsi, l'existence de ces sociétés privées devrait aiguiser l'efficacité de la société principale. Cette concurrence et le contrôle assuré par les pouvoirs publics devraient permettre une gestion plus efficace et plus régulière.

Finalemment, l'efficacité du dispositif, quel que soit le mécanisme retenu, repose sur la capacité des pouvoirs publics à contrôler, voire à conseiller, les entreprises de transport, qu'elles soient publiques ou privées. Un effort important devra être fait dans la formation du personnel de l'administration, et de celui de la société de transports. De même, les objectifs, en matière de transport doivent être reliés à ceux de la politique d'urbanisme. Sur ce plan, la place assignée à chaque moyen de transport est un puissant moyen d'influer sur l'organisation de l'espace.

a tarification

Le problème des tarifs des transports en commun appelle plusieurs interrogations, notamment :

— sur quelles bases (coût marginal, coût moyen) fixer les tarifs ?

- faut-il, pour des raisons sociales, pratiquer une politique de bas tarifs ?
- faut-il subventionner les transports en commun, considérés comme service public ?
- comment s'assurer que les entreprises de transports en commun dégagent les ressources nécessaires pour investir ?
- comment relever les tarifs ?

La *tarification au coût marginal* n'est pas toujours applicable. L'essentiel, selon la Banque mondiale est que la viabilité financière des entreprises soit assurée, ce qui peut ne pas exclure une couverture des frais généraux par la fiscalité.

L'argument de l'équité et de la redistribution, pour justifier une *politique de bas tarifs*, n'est acceptable que dans les pays où le processus de développement est déjà largement avancé. En effet, dans les pays les plus pauvres (la plupart des pays d'Afrique et d'Asie), les catégories les plus défavorisées sont en fait exclues de l'accès aux transports en commun ; ce ne sont pas elles qui bénéficiaient d'une telle politique. Au contraire, les classes moyennes et les employeurs en seront les véritables bénéficiaires. Dans les pays en voie d'industrialisation (Brésil, Mexique, par exemple), l'aide publique sera sans doute plus efficace si elle vise à étendre les réseaux et le niveau de service plutôt qu'à abaisser exagérément les tarifs, ce qui entraîne un abaissement de la qualité du service rendu.

Le refus de maintenir des prix artificiellement bas ne signifie pas que des prix faibles ne soient pas un objectif prioritaire. Dans les pays en développement, la vitesse et le confort, voire les autres qualités de service, ont beaucoup moins d'importance que le prix du transport. Il faut donc veiller à maintenir les tarifs au niveau le plus faible compatible avec un maintien du service (considéré en terme d'accessibilité, c'est-à-dire de non-réduction du réseau et de maintien d'une fréquence, donc d'une capacité minimale) et des possibilités de réinvestissement.

L'efficacité des services de transport en commun doit être mesurée, à travers des analyses de coûts et de bénéfices classiques, mais surtout à travers des analyses de coûts et de bénéfices pour des catégories différentes d'usagers, notamment pour les différentes courbes de revenus. Cela rejoint les remarques faites, notamment par Mogridge, à propos de l'évaluation de la valeur du temps.

L'octroi de *subventions* n'est pas nécessairement contradictoire avec les principes précédents. Il correspond, le plus souvent, à une volonté de pratiquer une politique de bas tarifs et d'encourager l'utilisation des transports en commun sans recourir aux mesures lourdes de dissuasion de l'automobile. De telles subventions présentent cependant de nombreux inconvénients :

- encourager la mauvaise gestion : personnel pléthorique, « ossification » des réseaux, dégradation du matériel ;
- entraîner une décapitalisation des entreprises de transport qui conduit à une dégradation du service et rend impossible un redressement par l'augmentation des tarifs.

Il y a pourtant des situations dans lesquelles les subventions ne présentent pas ces inconvénients, par exemple lorsqu'elles sont conditionnées par un accroissement du réseau, et de façon générale lorsqu'elles sont liées à la réalisation d'objectifs précis. Encore faut-il étudier au préalable les conséquences prévisibles d'une subvention : ainsi, un tarif unique risque de favoriser le desserrement des activités et la création de quartiers d'habitat périphériques, accroissant de ce fait la demande de transport, voire l'usage de l'automobile.

La nécessaire capacité de réinvestissement, le plus souvent négligée, ne peut résulter que de tarifs élevés. Cet objectif entre en conflit avec d'autres : accroître la mobilité, favoriser la redistribution. Très souvent, les entreprises n'arrivent pas à dégager cette capacité de réinvestissement et ce sont les pouvoirs publics qui, périodiquement, se substituent à elles pour financer, avec retard, les investissements indispensables : une telle situation engendre des à-coups dans la qualité du service et « déresponsabilise » les gestionnaires des sociétés de transport.

De brusques relèvements des tarifs présentent également des inconvénients. Ils nécessitent, pour être acceptés, une amélioration directement perceptible du service rendu. En outre, ils peuvent avoir des conséquences sur l'évolution des structures urbaines, favorisant la concentration au centre. Pour toutes ces raisons, des relèvements réguliers, accompagnant l'évolution des coûts, sont préférables, mais cela suppose que l'entreprise sache présenter son dossier, en mettant en évidence les coûts d'entretien et de renouvellement de matériel.

La formation du personnel

La gestion interne des entreprises de transport peut, le plus souvent, être considérablement améliorée, notamment quant à la formation du personnel et à la maintenance du matériel. La qualification du personnel est le plus souvent suffisante quel que soit le niveau de responsabilité (direction, planification, réalisation, exploitation, entretien). Il est difficile de trouver les personnels qualifiés. C'est là un domaine privilégié de la coopération technique. Ces actions de formation doivent concerner, à la fois, le personnel de direction, le personnel d'exploitation (conducteurs, receveurs, contrôleurs) et le personnel d'entretien à travers des stages longs.

La maintenance du matériel

Liée à la formation du personnel d'entretien, la maintenance du matériel suppose d'abord un choix de matériel adapté aux conditions d'exploitation, les installations adéquates, une homogénéité du matériel roulant et un suivi près-vente par le constructeur. La régularité, dans les investissements comme dans les opérations d'entretien, est une condition de l'efficacité, en fait rarement remplie.

Conclusion

La méthodologie des études de transport urbain, mise au point, pour l'essentiel, au cours des années soixante, a été, par la suite, aussi abondamment critiquée qu'elle a été largement appliquée, parfois par les mêmes personnes. Elle a permis une percée importante, notamment en fournissant les outils techniques de prévision à long terme, et en rendant possible la prise en compte des gains de temps (voire en Région parisienne et ailleurs, par la suite, des gains de confort) procurés aux usagers par les investissements projetés. Ce progrès méthodologique était nécessaire pour accompagner la reprise des investissements lourds qui s'était amorcée à cette époque.

Elle a cependant largement laissé de côté des dimensions importantes de la planification, dimensions qui prennent une importance accrue dans une période de croissance faible, d'investissements ralentis et de priorité donnée à la qualité de vie. Les modèles de développement urbain, bien que contemporains des grands modèles de transport urbain, n'ont qu'imparfaitement mis en évidence les relations entre les choix de transport et l'utilisation de l'espace. Les études récentes sur les programmes d'activités, les cartes mentales, etc., sans fournir de méthode alternative globale, permettent de mieux intégrer la dimension du temps quotidien dans celle de l'espace, et donc dans la planification des transports, grâce à l'analyse des comportements de mobilité. Les méthodes multicritères permettent aussi d'introduire des objectifs plus divers que la seule rentabilité financière ou même que les gains de coût généralisé, si importants soient-ils.

Il demeure plusieurs grands problèmes qui sont actuellement très mal appréhendés et dont le présent ouvrage a essayé d'esquisser les solutions. C'est d'abord celui des coûts sociaux, notamment ceux qui sont liés aux nuisances qu'il est nécessaire d'estimer en unités monétaires pour les intégrer dans le taux de rentabilité sociale d'un investissement comme l'ont été il y a vingt ans les gains de temps et de confort. C'est ensuite celui des objectifs, et donc des méthodes à employer dans le cas des villes des pays en développement, où l'accessibilité semble devoir être le concept central : en tout cas, il n'est pas souhaitable de transposer dans le Tiers Monde, et sans modifications, les méthodes mises au point pour les villes des pays développés.

Bibliographie

BAEHREL (Claude), HENNION (Régis) et divers. — *Manuel d'urbanisme pour les pays en développement*, volume 4 : *Les transports urbains*, Coopération et Aménagement, Paris, 1982, 2 tomes, 344 et 86 pages.

BARBIER (Michel), HENRY (Michel), MARAIS (Georges) et GOLDBERG (Serge). — *Modèles de trafic, analyse bibliographique*. IAURP, Paris, août 1983, 78 pages.

BEESLEY (Michel E.). — *Urban Transport : Studies in Economic Policy*, Butterworths, London, 1973, 413 pages.

BIEBER (Alain) et divers. — *Circulation et transports urbains* (cours à l'ENPC, remis à jour annuellement). IRT, Arcueil, 1973, 200 pages.

BOVY (Philippe). — *Transports urbains dans les pays en développement*, Ecole polytechnique fédérale, Lausanne, 1976, tome 1, 259 pages.

BUTTON (K.J.). — *The Economics of urban Transportation*, Saxon House, Farnborough, 1977, 192 pages.

Centre de productivité des transports. — *Les transports collectifs et la ville*, CELSE, Paris, 1973, 2 tomes, 102 et 190 pages.

CHAPULUT (Jean-Noël), FREBAULT (Jean) et PELLEGRIN (Jacques). — *Le marché des transports*, Le Seuil, Paris, 1970, 144 pages.

CHERKI (Eddy) et MELH (Dominique). — *Les nouveaux embarras de Paris : de la révolte des usagers des transports aux mouvements de défense de l'environnement*, Maspero, Paris, 1979, 218 pages.

DAUMAS (M.), FONTANON (C.), JIGAUDON (G.) et LARROQUE (D.). — *Analyse historique de l'évolution des transports en commun de la région parisienne*, CNAM et EHESS, Paris, 1977, 475 pages.

DREDGE (A.J.), BUTTON (M.J.) et CRESSWELL (R.W.). — *Transport Policy and Planning*, Gower, Aldershot (G.-B.), 1983.

FILLION (Alain). — *Transports urbains : une politique d'innovation*, Eyrolles, Paris, 1975, 197 pages.

FRYBOURG (Michel). — *Les systèmes de transport : planification et décentralisation*, Eyrolles, Paris, 1973, 222 pages.

GAKENHEIMER (R.), BURCOT (R.A.), THOMSON (T.M.), OWEN (W.), MANHEIM (M.L.) et SUHRBIER (J.). — *The Automobile and the Environment*, MIT press, Cambridge (Mass.), 1978, 494 pages.

GARRISON (William) et divers. — *Studies of Highway Development and Geographic Change*, University of Washington press, Seattle, 1959, 294 pages.

Groupe interministériel de réflexion sur l'avenir de l'automobile (Rapport), La Documentation française, Paris, 1976, 163 pages.

GUYON (Gérard). — *Les transports en question*, éditions du Cerf, Paris, 1975, 195 pages.

HENSHER (David A.), STOPHER (Peter M.) et divers. — *Behavioural Travel Modelling*, Croom Helm, Oxford (G.-B.), 1979, 861 pages.

MANHEIM (Marvin L.). — *Fundamentals of Transportation System Analysis*, MIT press, Cambridge (Mass.), 1979, volume 1 : *Basic concepts*, 673 pages.

MEIER (Richard L.). — *Croissance urbaine et théorie des communications*, PUF, Paris, 1972, 236 pages (1^{re} édition américaine en 1962).

MERLIN (Pierre). — *Méthodes quantitatives et espace urbain*, Masson, Paris, 1973, 192 pages.

MERLIN (Pierre). — *Les transports dans les villes des pays en développement*, Coopération et Aménagement, Paris, 1981, 186 pages.

MERLIN (Pierre). — « *Les transports à Paris et en Ile-de-France* », Notes et Etudes documentaires, n° 4659-4660, La Documentation française, Paris, 1982, 280 pages.

MERLIN (Pierre, ingénieur général des Ponts et Chaussées). — *Comment économiser l'énergie dans les transports*, La Documentation française, Paris, 1977, 62 pages.

MEYER (John R.), KAIN (John F.) et WOHL (Martin). — *The Urban Transportation Problem*, Harvard University press, Cambridge, 1965, 428 pages.

ORSELLI (Jean). — *Transports collectifs et individuels en Région parisienne*, Berger-Levrault, Paris, 1975, 208 pages.

SAUVY (Alfred). — *Les quatre roues de la fortune*, Flammarion, Paris, 1968, 259 pages.

SERVANT (Louis). — « *L'amélioration des transports urbains : expériences françaises et étrangères* », Notes et Etudes documentaires, n° 4473, La Documentation française, Paris, 1978, 156 pages.

STOPHER (Peter R.), MEYBURG (Arnim H.) et divers. — *Behavioral Travel Demand*, Heath (Lexington books), Lexington (Mass.), 1976, 339 pages.

STOPHER (Peter R.), MEYBURG (Arnim H.), BRÖG (Werner) et divers. — *New Horizons in Travel Behavioral Research*, Heath (Lexington books), Lexington (Mass.), 1982, 782 pages.

WINGO (Lowdon). — *Transportation and Urban Land, Resources for the future*, Washington, 1964, 132 pages.

