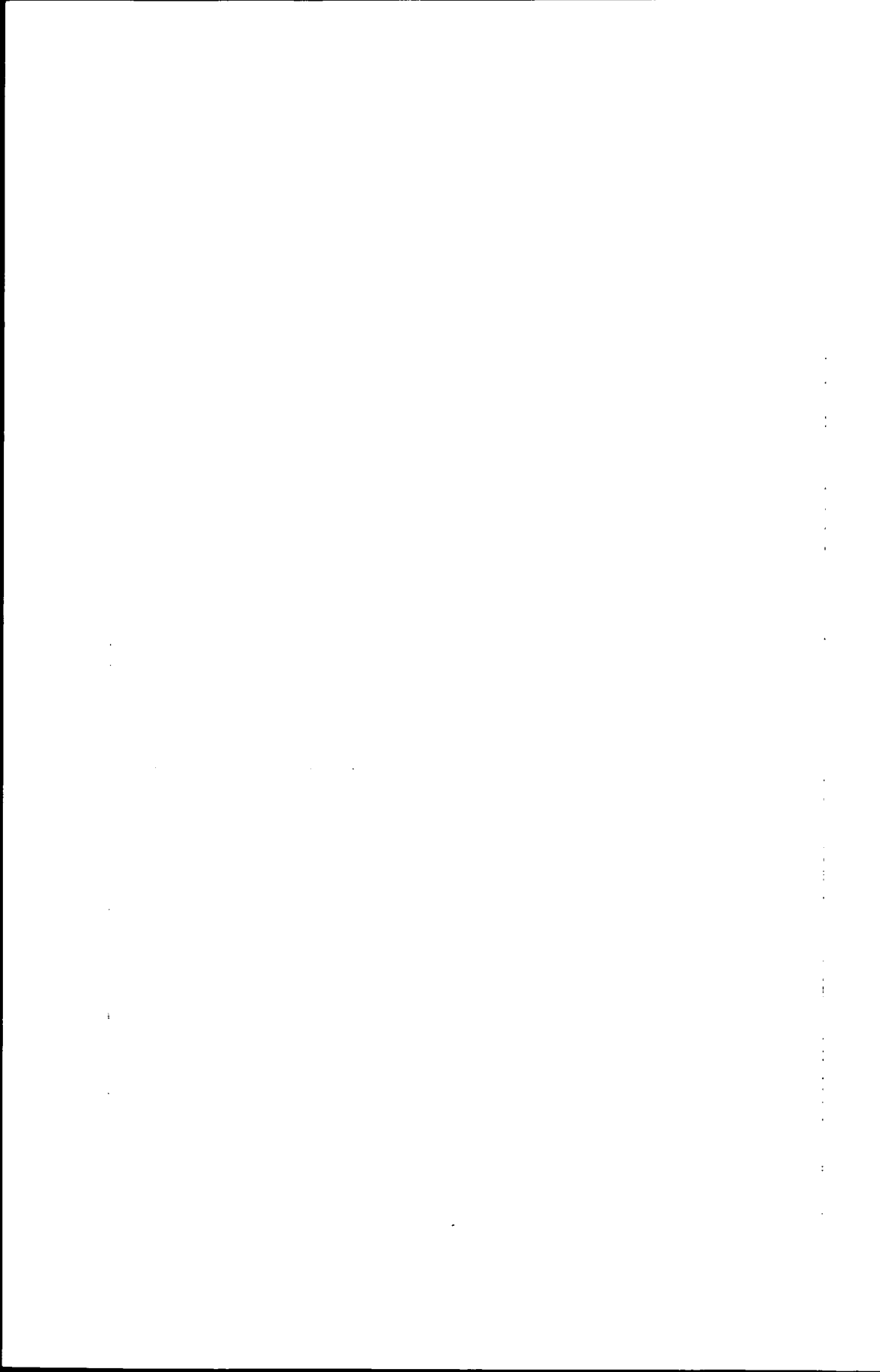

Deuxième partie

La planification

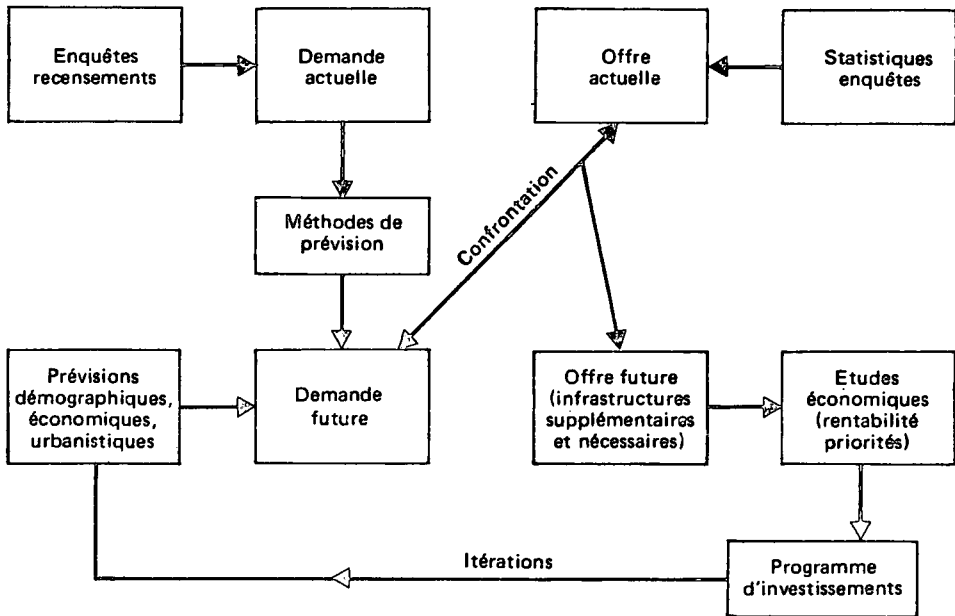


Deuxième partie / chapitre 1

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 oublis).

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

(1) Voir première partie, chapitre 2.

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.

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 :

$$\text{- le taux d'emploi : } \frac{\text{emploi offert}}{\text{population active résidente}} ;$$

$$\text{- le taux de non-migration : } \frac{\text{actifs travaillant sur place (2)}}{\text{population active résidente}} ;$$

$$\text{- le taux de migrations vers le centre : } \frac{\text{actifs travaillant au centre}}{\text{population active résidente}} ;$$

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'utilisateur ;
- des tarifs, et donc du coût pour l'utilisateur ;
- 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, *Cent un réseaux...*, *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 correspondront 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 appliqué 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 :

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

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 :

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

— 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 :

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

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 :

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

$$\text{Log} \frac{t_{ij}}{A_i \times E_j} = \text{Log } \alpha' - \beta' \cdot D_{ij}$$

On déduit α et β (ou α' 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 $2n$ (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 citoyens 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 :

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

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

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

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 :

$$t_{ij} = A_i \left[P \left(\sum_0^j E_j \right) - P \left(\sum_0^{j-1} E_j \right) \right] \text{ ce qui s'écrit encore :}$$

$$t_{ij} = A_i \times e^{-b \sum_0^{j-1} E_j} (1 - e^{-b \times E_j}).$$

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 :

$$Y = a + b_1 \text{ Log } P + b_2 \text{ Log } F + b_3 \text{ Log } T + b_4 \text{ Log } U + b_5 \text{ Log } S,$$

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 :

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

$$L : \text{ logements (nombre),}$$

$$A : \text{ automobiles (nombre)}$$

$$\text{et } T = \frac{K}{P^{1,5} \times S^{0,25}} \times \left(\frac{V_{TC}}{V_A} \right)^{0,5} \quad \text{avec : } K : \text{ voiture } \times \text{ miles,}$$

$$V_{TC} : \text{ vitesse des transports en commun}$$

$$V_A : \text{ vitesse des automobiles.}$$

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 :

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

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

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 :

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

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*.

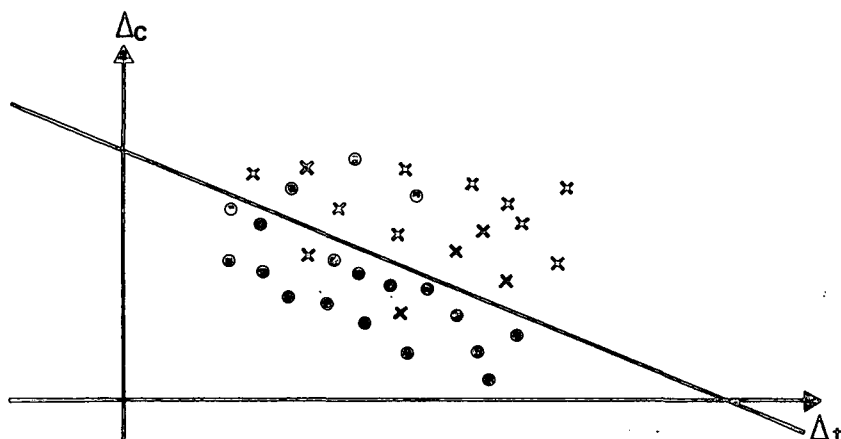
La détermination de la valeur des paramètres λ et a se fait graphiquement. Sont reportés sur un graphique les différences de temps $t_1 - t_2$ et les différences de coût $C_1 - C_2$. On recherche alors la droite qui partage ce graphique de telle façon qu'il y ait le moins d'usagers qui paraissent avoir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

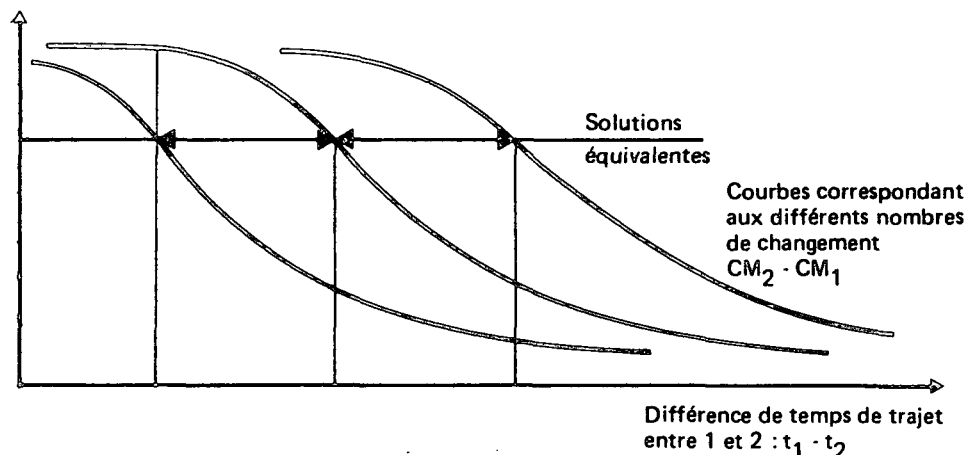


Source : Pierre Merlin, *op. cit.*

(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)

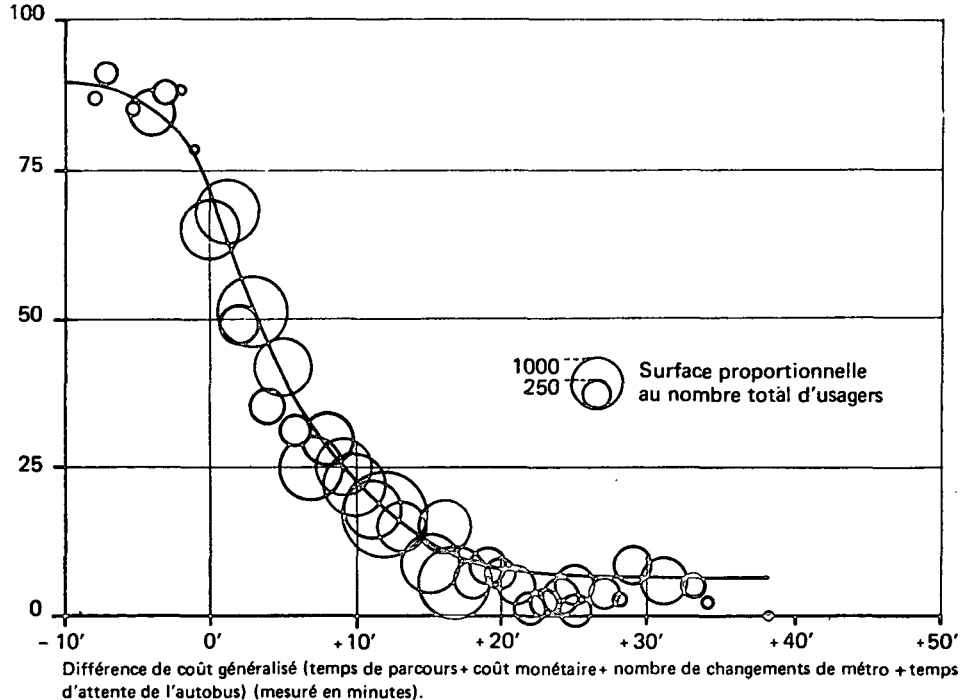
Pourcentage
d'utilisateurs
du moyen 1



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'utilisateurs utilisant
l'autobus



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 :

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

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

(10) Voir deuxième partie, chapitre 2.

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'utilisateur 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 États-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 :

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

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

T_{ij}^k 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 bénéfiques 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 :

$$R_s = \frac{\text{Recettes} + \text{économie de coûts sociaux} - \text{coût de fonctionnement} - \text{charges d'investissement} - \text{autres coûts publics} - \text{coûts sociaux}}{\text{coût des investissements}}$$

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'État sur la taxe sur les carburants ;
- les coûts d'exploitation.

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

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

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

I_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 coût/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 coût/efficacité qui se veut plus qualitative que l'analyse coût/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, 1989, 145 pages.

(16) Cf. Alain Bieber, « Planification des transports et analyse de systèmes : préétude bibliographique », *La planification des transports urbains*, OCDE, Paris, 1971, 351 pages (pp. 61-65 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 α 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 multiplièrent, 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 séquentiel*. Il est, en effet, probable que l'utilisateur 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, Farmborough, 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. IRT et Matalon, *Recherche sur la mobilité des personnes en zone urbaine. Exploitation de l'enquête de Dijon*, IRT, 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. Kervin 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. Melwyn 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 succesives 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 rencontre :

— 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 bénéfiques, 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_1 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 demeureraient des exclus ;

— de mesurer l'accessibilité A_{jh} 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.

o 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.

o 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 souplesment 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'entraînement 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 viabilisées. 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 aiguïser 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.

Finalement, 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.

La 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 bénéficieraient 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 déficiente 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, des installations adéquates, une homogénéité du matériel roulant et un suivi après-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.
- BEESELEY (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°s 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.



Les politiques de transport urbain

Pierre MERLIN

Une politique de transport urbain est trop sérieuse pour être laissée à la responsabilité des seuls ingénieurs. Il s'agit d'investissements lourds, coûteux, longs à étudier, à décider et à réaliser. Ils engagent pour longtemps la planification urbaine.

L'étude qui est présentée ici cherche d'abord à fixer les objectifs des politiques de transport urbain. Les enjeux sont techniques, économiques (coûts de fonctionnement et coûts d'investissement), sociaux (accessibilité), environnementaux (bruit, pollution, sécurité) et urbanistiques (consommation d'espace, impact sur l'urbanisation). Leur étude justifie que priorité soit donnée aux transports en commun ; une large place est cependant laissée à l'automobile (dans les petites villes, aux heures creuses, dans les banlieues des grandes agglomérations). Chemin de fer, métro et autobus sont en effet moins coûteux (par personne transportée) en investissements, en nuisances (bruit, pollution, accidents) et en espace consommé.

Ces objectifs circonscrits, quelles sont les méthodes de planification des transports urbains ? Il faut d'abord analyser l'offre actuelle et la demande, dans la mesure où les sources statistiques le permettent. On estime ensuite la demande prévisible à l'horizon considéré (souvent à long terme), puis on étudie la rentabilité (en y intégrant les coûts sociaux) des infrastructures nouvelles envisagées.

Cette méthode, dite « classique », développée dans les années soixante, repose sur l'emploi de modèles mathématiques de prévision. Elle a été critiquée dans les années soixante-dix mais, malgré quelques apports récents intéressants, elle n'a jamais été remplacée. Cependant, la perspective s'est élargie, la mobilité quotidienne étant resituée dans le cadre des programmes d'activités des membres du ménage.

L'étude aborde enfin les spécificités de la planification des transports dans les villes des pays en développement.

NOTES ET ÉTUDES DOCUMENTAIRES - 25 numéros par an - Abonnement annuel, France : 625 F, Etranger : 695 F, par avion : 980 F - Rédaction et administration : La Documentation française, 29/31, quai Voltaire, 75340 Paris Cedex 07
Tél. : 42.61.50.10 - Téléc. : 204826 Docfran Paris - Commandes et abonnements à La Documentation française, 124, rue Henri-Barbusse, 93308 Aubervilliers Cedex - Tél. : 48.34.92.75 - Toute commande de numéros séparés d'un montant inférieur à 200 F TTC sera majorée d'une somme forfaitaire de 8 F TTC pour participation aux frais d'enregistrement, de facturation et de port. Ce montant ne s'applique pas aux abonnements. Règlement à réception de la facture - Librairies : 29, quai Voltaire, 75007 Paris, tél. : 42.61.50.10 et 165, rue Garibaldi, cité administrative de la Part-Dieu, 69401 Lyon Cedex, tél. : 78.63.23.02 - Directeur de la publication : M^{me} Françoise Gallouédec-Genuys.

SECRETARIAT GENERAL DU GOUVERNEMENT - DIRECTION DE LA DOCUMENTATION FRANÇAISE