

# **Pour mieux comprendre les déplacements interrégionaux de voyageurs : un modèle multimodal de demande. Première partie : les objectifs retenus et la conception générale du modèle**

par R. MARCHE

*IRT*

## INTRODUCTION

Les modèles de demande de transport ont pour but d'expliquer la formation de cette demande en fonction, à la fois des facteurs démographiques et socio-économiques et des facteurs internes au système de transport, c'est-à-dire des caractéristiques de l'offre de transport propres à décrire le niveau de service (prix et qualité de service, pour l'utilisateur) des différents modes de transport.

Pour le transport inter-régional de personnes, de nombreux modèles ont été construits dans le monde entier, au cours des trente dernières années. Les pouvoirs publics et les exploitants des réseaux de transport ont consacré des budgets notables pour la collecte de données de base pertinentes, l'analyse de ces données, l'élaboration et l'application de modèles. Ce qui montre bien que ces techniques quantitatives constituent, malgré leurs imperfections encore nombreuses, des outils indispensables pour l'aide à la décision.

En France, les premiers modèles "prix-temps-revenu", qui concernaient les déplacements professionnels effectués en avion et par le train en 1ère classe, ont été bâtis vers 1965. Le modèle "multimodal" visant à prendre en compte l'ensemble des modes de transport (avion, train, voiture) et l'ensemble des déplacements inter-régionaux, professionnels et personnels, a été entrepris en 1973, sous l'égide du S.A.E.I. dans le cadre des travaux du Groupe de travail TR.I.P. (TRansports

Inter-régionaux de Personnes) (1). La formulation a été effectuée dans la période 1973-1976, ainsi que de premières applications pour les voyageurs professionnels, sur les relations entre l'agglomération de Paris et les grandes agglomérations de province, notamment les métropoles d'équilibre. L'I.R.T. a repris ce modèle en 1978 afin d'améliorer certains aspects de cohérence dans la formulation et d'estimer de manière plus précise les valeurs numériques des paramètres, au fur et à mesure que la réalisation d'enquêtes nouvelles le permet.

Le présent article décrit les objectifs retenus et la conception générale du modèle. Une deuxième partie, qui sera publiée ultérieurement, fournira une description plus technique du modèle, ainsi que les résultats des premières applications aux voyages professionnels : méthode d'estimation des paramètres et tests du modèle, élasticités de la demande aux composantes du niveau de service, analyse de la concurrence et de la complémentarité des modes de transport.

## I - LES OBJECTIFS DE LA MODELISATION

Pour définir les objectifs assignés au modèle multimodal de demande en transport inter-régional de voyageurs, il convient de partir des préoccupations des décideurs, mais il faut également tenir compte des enseignements des modèles élaborés précédemment. Auparavant, il est important de préciser le champ de la demande inter-régionale et de situer les "modèles de demande" dans l'analyse du système des transports.

### I.1 - Les déplacements inter-régionaux

#### a) Voyages et trajets

Il convient d'abord de préciser les unités statistiques "voyage" et "trajet". Un "voyage" est l'ensemble des déplacements effectués par une personne donnée au cours de son "absence du domicile habituel", c'est-à-dire depuis le départ du domicile jusqu'au retour. Un voyage est donc l'ensemble des "trajets" successifs entre le domicile, la destination ou les différentes destinations successives du voyage et le domicile. Ne sont comptés comme destinations que les lieux correspondant à des activités du voyageur ; on ne compte donc pas les points d'arrêt pour correspondance entre modes de transport ainsi que, notamment pour les déplacements en voiture, les arrêts pour restauration, prise de carburant ; les lieux d'hébergement intermédiaires devraient également être exclus. Mais la liste des destinations successives peut être relativement longue :

- une proportion importante des déplacements inter-régionaux (notamment pour motif professionnel) ne s'effectue pas à partir du domicile (ou avec retour au domicile) mais à partir du lieu habituel de travail (ou avec retour en ce lieu) ;
- le séjour dans une même ville ou agglomération peut comporter différentes activités en des lieux différents et dans l'étude des déplacements inter-régionaux, on considère cette ville ou agglomération comme une seule destination du voyage ;

---

(1) S.E.T.E.C. (R. MARCHE et J.B. DUMONTIER), S.A.E.I. (J.M. KAIL) - Etude TR.I.P., modèles d'offre et de demande - novembre 1977.

- en limitant ainsi les destinations aux séjours dans la même agglomération, de nombreux voyages sont des voyages "aller-retour" et comportent donc deux trajets inter-régionaux : l'aller, du domicile du voyageur (ou de son lieu habituel de travail) à la destination du voyage et le retour ;
- mais les voyages inter-régionaux qui comportent des séjours successifs dans des agglomérations différentes seront des voyages à destinations multiples, appelés également "circuits" (par opposition à voyage "aller-retour").

Dans ce dernier cas, le voyage sera caractérisé :

- par une destination "principale" qui pourra être soit celle jugée la plus importante par le voyageur (notamment pour les voyages professionnels), soit celle correspondant au séjour de plus longue durée (notamment pour les voyages personnels),
- par la destination la plus éloignée du domicile, appelée la destination "finale".

Un voyage peut être effectué par plusieurs personnes voyageant ensemble, notamment : collègues d'une même entreprise pour voyages professionnels, membres de la même famille et parents ou amis pour voyages personnels. Mais, dans certains cas, les personnes voyageant ensemble ne sont pas les mêmes tout au long du voyage : c'est le cas pour des voyages professionnels et également des voyages personnels, notamment à l'occasion des voyages de longue durée dits "de vacances" (par exemple chef de famille accompagnant la famille au départ et rentrant plus tôt). Pour être plus rigoureux, il faut donc définir le groupe de personnes voyageant ensemble au niveau des différents trajets successifs.

Il reste à préciser ce que l'on appelle "voyage inter-régional" et "trajet inter-régional". On classe habituellement les voyages dans les catégories suivantes : urbains ou locaux, régionaux ou inter-régionaux (y compris internationaux). Il convient donc de préciser la frontière entre voyages régionaux et voyages inter-régionaux.

Notons d'abord que, si de nombreux voyages sont "interurbains" c'est-à-dire effectués entre villes ou agglomérations, une proportion importante correspond à des domiciles ou des destinations dans des zones rurales (notamment pour la destination des voyages personnels). Pour ces voyages interurbains, la limite entre voyages régionaux et inter-régionaux est relativement arbitraire :

- dans un découpage du territoire en régions (qui peut être effectué de bien des façons !), les voyages à courte distance au voisinage de la frontière des régions ont un caractère local ou régional ;
- aussi on adopte généralement une distance minimum entre domicile et destination, de l'ordre de 100 km.

Ces remarques s'appliquent également aux voyages inter-régionaux qui ne sont pas interurbains.

La définition des trajets inter-régionaux s'effectue de la même manière.

Notons :

- qu'un voyage inter-régional aller-retour (à partir du domicile) comprend deux trajets inter-régionaux,
- qu'un circuit inter-régional pourra comprendre plus de deux trajets inter-régionaux mais égelement un seul (ou même aucun) si les distances entre les étapes successives sont trop faibles.

Il faut souligner que dans la distribution des voyages selon la distance domicile-destination (ou dans celle des trajets selon la distance) il n'y a pas de coupure nette entre les voyages (ou trajets) régionaux et les voyages (ou trajets) inter-régionaux. En effet, la distribution statistique est relativement continue, avec une forte décroissance de la densité de répartition en fonction de la distance. Le nombre de voyages (ou de trajets) au-delà d'une distance donnée est donc très sensible à la fois au choix de la distance minimum et à la mesure retenue pour la distance ; le nombre des "voyageurs-km" correspondants est également sensible au seuil retenu, bien que la pondération des voyages (ou trajets) par la distance atténué quelque peu ce phénomène.

#### b) Les motifs des voyages

Sauf pour certaines "promenades" en voiture, le déplacement n'est pas une fin en soi : il résulte des activités exercées à la destination du voyage, ou a ses destinations successives.

Tant pour la compréhension des destinations des voyages que pour celle du choix du moyen de transport, il convient de distinguer les activités exercées dans le cadre de la vie professionnelle du voyageur (déplacements entre domicile et lieu habituel de travail et déplacements professionnels) et ceux liés à leur vie privée (visites à des parents ou amis, affaires personnelles, déplacements culturels ou touristiques). Il convient également de distinguer les déplacements à la charge de l'entreprise et ceux financés sur le budget du ménage, ce qui revient à séparer les déplacements professionnels et les déplacements "domicile-lieu habituel de travail", ces derniers étant à rattacher aux déplacements personnels.

Dans la demande inter-régionale, définie à partir d'une distance minimum entre domicile et destination, les déplacements quotidiens domicile-travail sont peu nombreux, mais il existe :

- des déplacements réguliers, à fréquence plus faible (par exemple hebdomadaire) vers un lieu habituel de travail, supportés par le budget du ménage (par exemple activité de professeur),
- de nombreux déplacements réguliers, en fin de semaine, correspondant à un retour dans la famille (non seulement étudiants et militaires du contingent, mais également jeunes travailleurs).

La distinction entre déplacements professionnels et déplacements privés n'est pas toujours évidente :

- d'une part, il existe des motifs "mixtes", un voyageur profitant d'un déplacement professionnel pour exercer une activité personnelle impor-

tante à la destination ou au voisinage de cette destination, par exemple en prolongeant son voyage pendant un week-end ;

- d'autre part, des voyageurs professionnels peuvent être accompagnés par un membre de leur famille, notamment leur conjoint, voyageant à titre privé (notamment en profitant de la voiture utilisée pour le déplacement professionnel).

Soulignons enfin que d'autres éléments caractérisant la nature du voyage peuvent influencer largement sur le choix du mode de transport :

- nombre de personnes voyageant ensemble,
- notamment pour les voyages personnels : durée du voyage (la rapidité du transport entre domicile et destination compte plus pour les voyages de courte durée ; pour les voyages de longue durée, notamment pendant les vacances, le coût du transport n'est qu'un élément du coût total du voyage) et également nature de la destination (on a moins besoin de sa voiture à la destination quand celle-ci est bien desservie par les transports publics ou quand on est attendu par des parents ou amis).

#### c) Les modes de transport

Les voyages inter-régionaux, pour motif professionnel ou pour motif personnel, en France continentale, s'effectuent principalement :

- en voiture particulière, pour l'ensemble des déplacements tout au long du voyage,
- en utilisant les transports publics, au moins pour les trajets inter-régionaux, les deux modes les plus fréquemment utilisés étant le train et l'avion ; notons que les trajets inter-régionaux sont souvent "plurimodaux" : transports terminaux urbains ou régionaux mais également succession possible de deux modes inter-régionaux (avion et train).

Pour simplifier le présent exposé (et également le modèle) nous négligerons donc, dans le transport inter-régional :

- les véhicules individuels autres que la voiture, ainsi que les trains "auto-couchettes",
- les transports collectifs à la demande (ou "charters") qu'il conviendrait de considérer comme des transports privés (autocars inter-régionaux, avions et trains).

L'offre de transport est définie à la fois par les caractéristiques physiques des infrastructures et de la circulation des véhicules de transport public et par les conditions d'utilisation par les usagers. Ces conditions d'utilisation comprennent :

- les tarifs des services publics et, pour les véhicules privés (que nous avons limités aux voitures particulières), les tarifs d'utilisation des infrastructures (autoroutes et ouvrages à péage) et le coût de la circulation des véhicules ;

- les composantes de la "qualité de service" qui en résulte pour les usagers : temps de transport, fréquence et position dans le temps des horaires des services publics ainsi que disponibilité des places, confort, sécurité.

Nous appellerons "niveau de service" de l'offre de transport l'ensemble "coût pour les usagers" plus "qualité de service".

Il faut souligner que, pour chacun des trajets du voyage inter-régional, l'offre de transport doit être considérée "de porte à porte". Donc, pour les déplacements utilisant les transports publics, la prise en compte des transports terminaux fait intervenir l'offre des transports urbains et régionaux.

Il faut également souligner que seul l'avion est un mode de transport inter-régional. En effet :

- les trains utilisés par les voyageurs pour la partie des trajets inter-régionaux correspondant au transport inter-régional proprement dit (c'est-à-dire à l'exclusion des transports terminaux), transportent également des voyageurs effectuant des trajets régionaux ; sur les infrastructures ferroviaires circulent également des trains de marchandises ;
- les infrastructures routières (routes et autoroutes) sont utilisées par des voyageurs effectuant des trajets locaux, régionaux et inter-régionaux et par les véhicules de transport des marchandises et la part des trajets inter-régionaux des voyageurs est souvent faible dans le débit des véhicules.

La demande (sous-entendu : satisfaite) en transport inter-régional de voyageurs est constituée par les voyages inter-régionaux et par les trajets inter-régionaux correspondants. Du point de vue de l'utilisation de l'offre de transport à fonction inter-régionale et pour les trajets inter-régionaux utilisant les transports publics, nous ne prendrons en compte que la partie des trajets inter-régionaux correspondant au transport inter-régional proprement dit (avion et train, à l'exclusion des transports terminaux).

Compte tenu de ce qui a été dit précédemment, la demande de transport est d'abord mesurée en nombre de voyages et en nombre de trajets inter-régionaux :

- la demande totale (tous modes) peut être exprimée à la fois en voyages et en trajets inter-régionaux ;
- mais le moyen de transport "principal" (inter-régional) pouvant varier selon les différents trajets inter-régionaux du même voyage, la demande par mode doit être exprimée en trajets inter-régionaux ;
- ces nombres de voyages ou de trajets sont généralement exprimés en voyages individuels ou en trajets individuels, un même voyage (ou un même trajet) effectué par n personnes voyageant ensemble étant compté comme n voyages (ou n trajets) ;
- mais, outre ce nombre de "voyages-personnes" (ou de "trajets-personnes"), le nombre de "voyages-groupes" (ou de "trajets-groupes) est

également intéressant ; pour les déplacements en voiture, il correspond au nombre de voitures ; rappelons que le nombre de personnes voyageant ensemble pouvant varier selon les différents trajets inter-régionaux du voyage, c'est, en toute rigueur, le nombre de "trajets-groupes" qui devrait être utilisé.

La mesure de la demande en "voyageurs-km" est également intéressante, pour deux raisons distinctes :

- d'une part, dans la sommation d'une demande inter-régionale correspondant à des voyages (ou trajets) de longueur très variable, cette notion introduit une pondération de ces voyages (ou trajets) en fonction de la distance ;
- d'autre part, les tarifs des services publics et les coûts de circulation des voitures particulières étant approximativement proportionnels à la distance, les voyageurs-km permettent une première estimation, très simple, des dépenses de transport (recettes des transports publics, coût d'utilisation de la voiture).

Pour les déplacements en voiture, le calcul des "voyageurs-km" et celui des "groupes-km", c'est-à-dire des "véhicules-km", seront généralement effectués de porte à porte, pour les différents trajets inter-régionaux.

En ce qui concerne les trajets inter-régionaux empruntant les transports publics :

- le calcul des "voyageurs-km" (ou des "groupes-km"), sur l'itinéraire de porte à porte est intéressant, bien que l'on connaisse généralement assez mal les distances correspondant aux transports terminaux ;
- le calcul limité à la partie du trajet correspondant au mode de transport inter-régional proprement dit est (outre le fait qu'il est généralement plus facile) intéressant du point de vue de l'activité du système de transport inter-régional.

## I.2 - L'analyse du système des transports.

La figure 1 rappelle les liens entre les transports et l'activité économique et sociale.

### a) Formation de la demande

A une date donnée, la demande de transport dépend de la situation, à cette date, de l'offre de transport et des agents économiques. Les activités des agents économiques conduisent à des besoins en déplacements, professionnels ou personnels. Les voyages plus ou moins nombreux vers les différentes destinations et leur répartition selon les modes de transport utilisés, qui constituent la demande de transport, dépendent également du niveau de service de l'offre de transport.

Pour être rigoureux, il faut noter que le niveau de service dépend non seulement de l'offre de transport, mais également de la demande (demande inter-régionale et autres demandes), notamment en ce

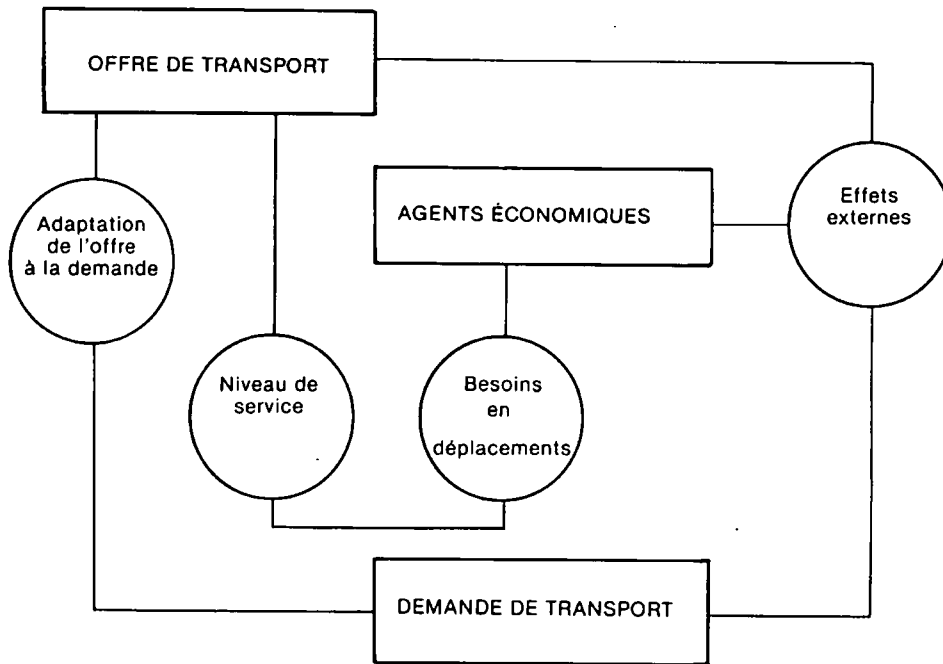


Fig. 1

## ANALYSE DU SYSTEME DES TRANSPORTS

qui concerne : le temps de parcours des voitures particulières et, pour les transports publics, la disponibilité des places ainsi que le confort lié au taux d'occupation des places.

b) Adaptation de l'offre à la demande

Qu'il s'agisse d'augmenter la capacité des infrastructures ou de fixer la fréquence et la position des horaires des services publics, les décideurs - exploitants et pouvoirs publics - tiennent compte de la demande et, au cours du temps, adaptent l'offre à la demande. Cette adaptation se présente assez différemment selon les modes de transport.

Pour les transports routiers, l'augmentation de la demande conduit généralement à une diminution de la qualité de service (liée à une diminution de la vitesse de circulation lorsque le débit des véhicules augmente) et, à plus ou moins long terme (en fonction de l'augmentation de la demande), il est nécessaire d'augmenter la capacité de l'infrastructure. Cette adaptation s'effectue donc généralement par paliers.



Pour les transports ferroviaires et aériens, le problème de la capacité des infrastructures peut également se poser mais, tant qu'il n'y a pas saturation des infrastructures, l'augmentation de la demande permet généralement d'augmenter la qualité de service, notamment par la possibilité d'accroître la fréquence des horaires. Cependant, et en particulier pour le transport aérien, l'évolution de la technologie, la recherche de coûts d'exploitation plus faibles et le souci de limiter le volume des investissements d'infrastructures conduisent à une tendance à l'augmentation de la capacité des véhicules, ce qui freine l'accroissement de la fréquence des horaires. Néanmoins, si l'augmentation du parc des véhicules est prévue en temps utile, l'adaptation de l'offre à la demande peut être effectuée à relativement court terme et de manière assez continue dans le temps.

### c) Effets externes

Les effets externes des actions de transport concernent à la fois l'offre et la demande. Ils comprennent :

- pendant l'activité temporaire de construction de l'infrastructure, les conséquences physiques pour les riverains et les conséquences sur l'activité locale ;
- les conséquences physiques et socio-économiques sur l'environnement de l'existence de l'infrastructure (consommation de sol, coupure du territoire, etc.) ;
- les effets sur les riverains des nuisances (bruit, pollution) liées à la circulation des véhicules (offre de transport public, demande de transport privé) ;
- les effets, locaux, sur les activités de prestations de services aux voyageurs, donc liés à la demande (hébergement et restauration, stations-services routières) ;
- les effets, régionaux et nationaux, sur l'activité de construction et d'entretien des infrastructures et des véhicules de transport public ;
- les effets socio-économiques (locaux, régionaux et nationaux) sur l'aménagement de l'espace socio-économique, liés à l'augmentation du niveau de service de l'offre de transport.

Ces derniers effets, appelés généralement effets "structurants", ne se manifestent que progressivement (à moyen terme et à long terme) et l'amélioration de l'offre de transport n'est que l'un des facteurs de la transformation de l'espace. Ces effets ont un double aspect :

- influence sur les comportements de localisation des agents économiques : localisation des ménages (résidences principales et secondaires), création de nouveaux établissements des entreprises ;
- modification du niveau de l'activité et des fonctions des établissements existants.

Notons également que, parmi ces effets structurants, il est classique de chercher à distinguer :

- des effets "indirects" correspondant à la création de nouveaux éta-

blissements ou à la modification d'activité des établissements existants,

- des effets "induits" résultant du développement de l'emploi liés aux effets indirects et constitués par les activités des entreprises de fourniture et de biens et services aux ménages correspondants.

Soulignons enfin que lorsque la modification de l'offre de transport favorise certains modes au détriment d'autres modes et d'autres itinéraires, il faut évidemment tenir compte des effets externes pour les autres modes ou itinéraires.

#### d) Objet des modèles de demande

Les objectifs assignés au modèle multimodal seront précisés par la suite, en fonction des questions posées par les décideurs, auxquelles ils tentent d'apporter une réponse. Mais, dès maintenant, nous indiquerons que :

- les modèles de demande concernent la formation de la demande, donc dans des hypothèses bien définies sur l'offre de transport et le "système d'activités" (agents économiques) ;
- ils peuvent être limités à l'explication de la demande à une date donnée mais qu'ils ont généralement l'ambition de dépasser cet aspect de connaissance pour permettre des prévisions : soit à une date rapprochée (donc dans la situation actuelle des agents économiques) dans l'hypothèse d'une modification importante de l'offre de transport, soit dans une optique de prévision à moyen terme ou à long terme pour laquelle il convient alors de prendre en compte l'évolution prévisible des facteurs démographiques et socio-économiques, outre l'évolution éventuelle du niveau de service de l'offre de transport.

### I.3 - Les questions posées par les décideurs.

Nous effectuerons ici un classement - certainement imparfait - des questions que se posent les décideurs et qu'ils posent donc aux économistes des transports :

#### a) Projections générales de la demande :

Quelle évolution est à prévoir pour la demande des différents modes, à moyen terme et à long terme ?

#### b) Evaluation de projets ou de stratégies générales de transport

- b1) Quelles modifications de la demande des différents modes sont à prévoir pour des projets correspondant à des modifications importantes sur un axe de transport donné : modifications de l'infrastructure, modifications du niveau de service ?
- b2) Quelles modifications de la demande des différents modes sont à prévoir pour des stratégies générales concernant le niveau de

service : modification des tarifs des services publics ou du coût du carburant automobile, réglementations de la vitesse de circulation routière ou sur la consommation de carburant, augmentation de la vitesse commerciale des trains, modifications des horaires et du confort des services publics, etc.) ?

- b3) Pour l'évaluation de ces projets ou stratégies, dans une optique d'intérêt pour la collectivité, comment estimer les "bénéfices" des usagers résultant d'avantages liés à des gains de temps de transport, à des horaires mieux adaptés à l'activité des voyageurs à la destination de leur voyage, à des améliorations du confort ou de la sécurité ?

Les questions b) se posent également pour l'étude de l'adaptation de l'offre à la demande puisqu'il s'agit d'évaluer comparative-ment différentes hypothèses envisageables.

Les questions a, b1 et b2 concernent le volume (par exemple annuel) de la demande pour les différents modes, mais la question b3 implique des questions sur la structure de la demande (voir point c).

#### c) Groupes - cibles

- c1) Quels segments de la clientèle, en fonction des caractéristiques du voyage (notamment du motif) et/ou des caractéristiques économiques des voyageurs, sont concernés par des modifications envisagées de niveau de service et dans quelle mesure sont-ils concernés ?
- c2) Quels segments de la clientèle sont concernés par des modulations envisageables du niveau de service, notamment des modulations de la tarification selon les horaires des transports publics, les jours de départ en voyage et de retour, etc. et dans quelle mesure sont-ils concernés ?

Mais d'autres questions se posent également sur la structure, géographique ou temporelle, de la demande multimodale.

#### d) Structure spatiale de la demande :

Dans quelle mesure les différentes relations "domicile du voyageur - destination du voyage" sont-elles affectées par le jeu à long terme des facteurs socio-économiques ou par les modifications de niveau de service relatives à tel projet ou telle stratégie ?

#### e) Pointes et déséquilibres temporels du trafic

- e1) Comment évoluent dans le temps les pointes (saisonnnières, journalières ou horaires) de la demande ?
- e2) Quelles modifications du volume et de la structure de la demande seraient entraînées par une tarification en fonction des périodes de pointe de la demande (question voisine de c2) ?

#### I.4 - Bref historique des modèles de demande

Après avoir rappelé, très brièvement, les critères utilisés habituellement pour le classement des nombreux modèles existants, nous nous efforcerons de dégager les principaux traits de l'évolution de la modélisation.

##### a) Classement des modèles

Certains modèles sont ajustés sur "séries chronologiques" : ils visent à expliquer l'évolution de la demande en fonction de l'évolution des facteurs.

Mais les corrélations, souvent marquées, entre les évolutions temporelles des différents facteurs conduisent à de grandes difficultés pour dissocier le rôle de ces facteurs ; aussi les économètres ont cherché à estimer le rôle des différents facteurs à partir de l'analyse de la structure de la demande à une date donnée : structure socio-économique des voyageurs, variations du niveau de service selon la structure géographique du système de transport (modèles dits "en coupe instantanée" ou sur "séries géographiques"). Expliquant, au départ, la structure de la demande à une date donnée, ces modèles sont néanmoins organisés pour fonctionner en application dynamique.

En considérant plus particulièrement les modèles en coupe instantanée, nous rappellerons simplement (1) que les modèles sont habituellement classés en combinant les deux critères suivants :

- prise en compte de la hiérarchie dans le choix des conditions du voyage : décision de voyager ou non, nature du voyage (notamment : motif, durée, nombre de personnes voyageant ensemble), choix de la destination, choix du mode de transport, choix de l'itinéraire ;
- niveau plus au moins "agrégé" du modèle.

Dans l'élaboration des modèles, on considère généralement qu'il existe différentes catégories de voyages peu substituables entre elles, notamment : voyages professionnels et voyages personnels et même, à l'intérieur des voyages personnels, différentes catégories selon le motif.

Pour chaque catégorie, le premier critère conduit à distinguer les modèles "séquentiels" et les modèles "directs". Pour les premiers, la hiérarchie supposée (et discutable) suivante : décision de voyager, choix de la destination, choix du mode de transport, choix de l'itinéraire, conduit aux quatre étapes successives classiques : "émission" des voyages, "distribution" selon les destinations, "répartition modale", "affectation" entre itinéraires. Les modèles directs tentent de traiter simultanément les quatre niveaux de décision.

---

(1) Pour une analyse des principaux modèles et leur classement, voir : Patrice GERAUD - Les modèles de demande en transport interurbain de voyageurs - Note d'information I.R.T. n° 10 - juin 1977.

Le deuxième critère conduit, avec des nuances selon les auteurs du classement, à la distinction entre modèles "agrégés" et modèles "désagrégés", distinction qui correspond à une approche "macro-économique" et à une approche plus ou moins "micro-économique". Les modèles les plus désagrégés correspondent à une simulation des comportements individuels en fonction des composantes du niveau de service, telles qu'elles sont perçues individuellement.

#### b) Principaux traits de l'évolution de la modélisation

Nous rappellerons simplement les idées importantes introduites progressivement dans la modélisation, idées qui ont permis :

- l'extension progressive des modèles à l'ensemble des modes de transport,
- la description plus pertinente du niveau de service,
- la prise en compte plus cohérente du rôle des différents facteurs en ce qui concerne les 4 niveaux de décision (1).

Les premiers modèles ont visé à prévoir l'évolution de la demande pour un mode donné en cherchant à relier cette évolution à celle des facteurs socio-économiques, notamment à celle du niveau de revenu. Ces modèles peuvent être qualifiés de "structurels", en ce sens qu'ils visent à expliquer la demande par l'évolution de la structure de la population selon le niveau de revenu, la catégorie socio-professionnelle, le niveau d'éducation, l'âge, etc., démarche qui est classique en économétrie de la consommation.

C'est le cas de la méthode des "cellules homogènes", utilisée dès les années 1950 aux Etats-Unis d'Amérique pour la demande en transport aérien (2).

Pour le parc automobile, les modèles de type logistique utilisés pour prévoir le développement temporel du taux de motorisation (nombre de voitures pour 1 000 habitants) ont été justifiés par l'évolution de la structure des ménages selon le niveau de revenu réel : modèle classique de CRAMER (3) et modèles plus récents basés sur le même principe, mais prenant en compte d'autres variables socio-économiques des ménages dans la constitution de cellules homogènes ou "popu-

- 
- (1) Nous nous appuyerons sur les principaux modèles développés en France et aux Etats-Unis d'Amérique. Notons qu'un recensement et une analyse des modèles élaborés dans les principaux pays européens sont en cours, dans le cadre d'un groupe de coopération multilatérale entre organismes nationaux de recherche sur les transports.
  - (2) E.N.O. Foundation for Highway traffic control - Ait travel forecasting market analysis method, domestic air passenger market 1965 - 1975 - The Port of New-York Authority - 1957.
  - (3) J.S. CRAMER - Private motoring and the demand for petrol - Journal of the Royal Statistical Society, series A, 1961.

Par la suite et moyennant des extensions, ce modèle "prix-temps-revenu" a été utilisé pour de nombreuses études prévisionnelles de la demande aérienne, intérieure (1) et internationale (2), pour les études du T.G.V. Paris Sud-Est (3), et pour les études portant plus particulièrement sur le réseau aérien (par la D.G.A.C. et Air-Inter) ou sur le réseau ferroviaire (par la S.N.C.F.).

Ces extensions concernent notamment :

- le remplacement du coût généralisé  $\gamma = p + ht$  par le temps généralisé  $\tau = t + p/h$  ; il faut souligner que la notion de temps généralisé est aussi naturelle que celle de coût généralisé et que l'introduction d'une élasticité ( $-\alpha$ ) de la demande par rapport au temps généralisé revient à introduire à la fois une élasticité ( $-\alpha$ ) par rapport au coût généralisé et une élasticité ( $\alpha a$ ) par rapport au revenu  $r$ , puisque  $\tau = \gamma/h$  et que, en première approximation (au niveau des valeurs moyennes),  $h$  est proportionnel à  $ra$ .
- une meilleure prise en compte des aspects temporels du niveau de service : la fréquence  $f$  des horaires est introduite dans le temps  $t$  sous la forme d'un équivalent en temps, de la forme  $\gamma/f$  ;
- une prise en compte plus cohérente, simultanée, de l' "induction" de la demande (influence du temps généralisé sur la fréquence des voyages) et de la répartition entre avion et train.

Notons enfin que les modèles désagrégés développés récemment, aux Etats-Unis d'Amérique (4) comme en France, visent à introduire de manière aussi complète que possible les différentes composantes du niveau de service dans une simulation des comportements individuels :

- simulation effective sur des échantillons de voyages, par exemple pour le présent modèle multimodal et les modèles développés récemment pour le Northseast Corridor (5)

- 
- (1) Claude ABRAHAM, Thierry BAUMGART et Jean-Pierre BLANCHET - Un modèle de trafic aérien intérieur - Revue du S.G.A.C., n° 136, 15 novembre 1969.
  - (2) S.E.T.E.C., S.G.A.C. - Etude de la demande potentielle sur les liaisons entre les aéroports français de province et les aéroports d'Europe de l'Ouest, 1972.
  - (3) Commission des transports pour le 6ème Pla, Groupe fonctionnel Voyageurs - Etude des transports terrestres à grande vitesse sur l'axe Paris Sud-Est - décembre 1970.
  - (4) Notamment modèles développés au M.I.T. (MANHEIM, BEN AKIVA). Voir par exemple : M.E. BEN AKIVA et M.G. RICHARDS - A disaggregate travel demand model - Saxon House, Lexington Books, U.K. 1975.
  - (5) Northeast Corridor Project Office (Federal Railroad Administration) et The Aerospace Corporation. Demand Forecasting Methodology for the Northeast Corridor - march 1979.

- ou formulation de fonctions de choix, en probabilité (modèles du type "logit" ou "probit").

### 1.5 - Les objectifs retenus pour le modèle multimodal

#### a) Les questions posées

Le modèle multimodal vise à expliquer le rôle des différents facteurs de la demande afin de répondre de manière pertinente aux 4 premières questions classées au paragraphe 1.3.

Il a d'abord pour but de traduire dans le volume annuel de la demande :

- l'influence des facteurs socio-économiques, dans une optique de projections à moyen terme et à long terme (question a) ;
- l'effet des composantes du niveau de service, pour l'évaluation de projets ou de stratégies (question b1 et b2), mais également dans une optique de projections générales ; en effet, l'évaluation de projets ou de stratégies doit généralement prendre en compte une période suffisamment longue dans le futur, d'une part, et l'élaboration de projections générales de la demande doit tenir compte de l'évolution prévisible du niveau de service, d'autre part.

Pour tenir compte de la structure géographique du système d'activités comme de celle du niveau de service du système des transports, le modèle doit nécessairement être "régionalisé", c'est-à-dire traiter les différents courants "domicile (du voyageur) - destination (du voyage)". Dans ces conditions, il permet de répondre à la question c.

Comme nous le verrons :

- les composantes du niveau de service des différents modes seront traduites en termes de coûts comparés (ou d'utilités comparées) pour les usagers ; ces données "intermédiaires" du modèle fournissent donc une base pour l'estimation des "bénéfices" des usagers et le modèle doit donc permettre de répondre à la question b3 ;
- la simulation des comportements individuels sur des échantillons de voyages tient compte de la nature des voyages (motif, durée, nombre de personnes voyageant ensemble) et des caractéristiques des voyageurs (catégorie socio-professionnelle, niveau de revenu, disposition d'une voiture dans le ménage) ; ce qui permet de constituer des groupes-cibles en fonction de ces variables (question d).

Comme nous le verrons également, le modèle simule le choix de l'horaire des services publics. Mais ce choix n'est qu'un intermédiaire plausible, et surtout, la nécessaire homogénéité interne des modes suppose une tarification unique. La prise en compte d'une hypothèse de tarification variable selon les horaires des transports publics nécessiterait donc de distinguer autant de modes que de tarifs différents, et donc obligerait à étendre le modèle dans cette direction. La question a (pointes de trafic) n'est donc pas retenue pour les objectifs du modèle.

b) Champ du modèle.

Le modèle vise essentiellement les déplacements inter-régionaux intérieurs à la France continentale (1). Ainsi, le mode de transport maritime n'est pas à prendre en considération.

Le modèle concerne à la fois les voyages professionnels et les voyages personnels. Mais, puisque nous excluons les voyages de vacances pour une destination lointaine, il est raisonnable d'admettre, comme il a été dit précédemment, que l'offre de transport influe peu sur les voyages personnels de longue durée. Aussi, le modèle de simulation des comportements individuels ne concerne que les voyages professionnels et les voyages personnels de courte durée. Surtout pour des raisons de sources statistiques (les enquêtes "Vacances" effectuées par l'I.N.S.E.E. concernant les voyages personnels avec au moins 4 jours d'absence du domicile), les voyages personnels de courte durée sont ceux correspondant à moins de 4 jours d'absence du domicile.

Nous avons fait précédemment la distinction entre voyages "aller-retour" et "circuits" : le modèle est limité aux voyages aller-retour.

Enfin, il faut souligner que le champ géographique est nécessairement restreint par les données disponibles sur la demande :

- les premières applications ont été basées sur les enquêtes effectuées auprès des voyageurs (train, avion, voiture) en 1968-1969 : ces enquêtes ne couvrent que les principales relations entre l'agglomération parisienne et les grandes agglomérations de province, et seuls les voyages professionnels sont correctement saisis ;
- nous indiquerons plus loin (paragraphe II.4) les développements envisagés à partir des données disponibles, actuelles et prévues à moyen terme.

## II - CONCEPTION GENERALE DU MODELE.

La description détaillée du modèle et les résultats des premières applications seront présentés prochainement. Nous nous limiterons donc ici à une brève description de la structure du modèle, de son fonctionnement actuel et des développements ultérieurs. Auparavant et en fonction de l'analyse effectuée au chapitre I, nous examinerons les difficultés fondamentales de la modélisation.

---

(1) Le modèle pourrait être étendu aux voyages internationaux continentaux à condition :  
 - de disposer d'échantillons de voyages,  
 - d'introduire des "effets de frontière" (dans les niveaux  $K(T_{AB})$  définis au paragraphe II.2).



## II.1 - Les difficultés fondamentales.

La construction d'un modèle correspond à trois étapes successives :

- deux étapes concernant la formulation même du modèle : prise en compte des différents niveaux de décision et forme des fonctions de demande (variables explicatives retenues et forme des fonctions retenues, exprimées avec certains paramètres dont la valeur numérique reste à estimer) ;
- une troisième étape relative à l'estimation des valeurs numériques des paramètres.

### a) La prise en compte des différents niveaux de décision.

Comme il a été dit précédemment :

- un voyage correspond à un ensemble de décisions, prises plus ou moins simultanément : décision de voyager, nature du voyage (motif, durée, nombre de personnes voyageant ensemble), choix de la destination, choix du mode de transport, choix de l'itinéraire ;
- au niveau de chaque voyageur (ou de chaque ménage, pour les voyages personnels), différentes catégories de voyages peuvent, a priori, être considérées comme relativement peu substituables entre elles, ce qui conduit : d'une part, à scinder le modèle de demande en plusieurs modèles correspondant à ces différentes catégories et, d'autre part, à réduire le nombre de décisions à prendre en compte (décision de voyager, destination, mode et itinéraire).

La destination entre voyages professionnels et voyages personnels, limités aux voyages personnels de courte durée, permet de résoudre en partie ces difficultés :

- ces catégories de voyages sont, en première approximation, peu substituables entre elles ;
- pour une catégorie de voyages donnée, nous pouvons admettre raisonnablement que la structure de ces voyages selon leur nature (motif précis, nombre de personnes voyageant ensemble) évoluera peu par rapport à la situation actuelle, supposée connue.

Par ailleurs, le choix de l'itinéraire ne pose pas généralement de problème très sérieux, et les niveaux de décision à traiter de manière pertinente sont la décision de voyager, la destination et le choix du mode de transport. Dans l'optique de modification à court terme ou plutôt à moyen terme dans laquelle se place le modèle de demande (nous ne tenons pas compte des effets structurants, à long terme, mais il faut néanmoins envisager un certain délai de "stabilisation" de la demande après une modification de l'offre) :

- pour les voyages professionnels, il nous paraît raisonnable de considérer que les conséquences sur les différentes relations "domicile-destination" sont indépendantes les unes des autres ;

- mais, pour les voyages personnels, il y a certainement des substitutions de destinations.

De plus, pour ces voyages personnels, les déterminants géographiques de la mobilité sont certainement très différents selon le motif précis du voyage : visite à parents ou amis, affaires personnelles, déplacements touristiques ou culturels qui recouvrent eux-mêmes des types variés de destinations (mer, montagne, campagne, etc.). Il ne faut donc pas sous-estimer la difficulté de l'appréhension des substitutions de destinations.

#### b) La forme des fonctions de demande

Si le modèle ne devait être utilisé que pour étudier de faibles variations des variables explicatives, la forme des fonctions de demande serait relativement indifférente. En d'autres termes, des formulations simples telles que des fonctions affines (c'est-à-dire des approximations des surfaces de demande par des plans tangents) ou l'introduction systématique de fonctions à élasticités constantes (élasticité par rapport au revenu ; élasticités directes et croisées par rapport aux composantes du niveau de service des différents modes) seraient suffisantes.

Mais le modèle doit permettre d'étudier des variations importantes des variables :

- tout d'abord des variables socio-économiques, notamment des revenus réels, dans une optique de projections à long terme ;
- également des composantes du niveau de service telles que : modifications importantes de l'offre correspondant à un projet sur un axe de transport (par exemple : introduction d'une liaison aérienne nouvelle ou d'un T.G.V.), modifications importantes des tarifs réels des transports publics et du coût de la circulation des voitures (par exemple, hypothèse d'une hausse importante du prix réel du carburant).

Aussi, il ne suffit pas que les "dérivées partielles" soient estimées avec une précision suffisante : il faut également que l'allure des fonctions soit adéquate.

Par ailleurs, le modèle lui-même est ajusté sur une large gamme des variables explicatives, correspondant : à la dispersion des distances selon les relations domicile-destination (donc à la dispersion des coûts généralisés moyens ou des temps généralisés moyens), à la dispersion des prix et temps de transport selon les modes, à la dispersion des revenus des voyageurs, à la dispersion des coûts horaires du temps selon les individus ainsi qu'à la dispersion des autres avantages ou inconvénients attachés par les voyageurs aux différents modes de transport. Il faut souligner que cette circonstance est particulièrement heureuse, car elle doit permettre de contrôler la forme des fonctions adoptées, notamment la forme gravitaire classique de la demande en fonction du coût généralisé et du temps généralisé.

c) L'interprétation des valeurs numériques des paramètres

Les paramètres du modèle multimodal sont ajustés sur la structure géographique de la demande, en coupe instantanée. L'interprétation des valeurs numériques des paramètres qui sont ainsi obtenues :

- ne pose pas de problème très sérieux en ce qui concerne l'effet des variables sur le choix modal, en ne perdant pas de vue qu'un certain délai peut être nécessaire pour que la demande soit stabilisée ;
- est beaucoup plus délicate en ce qui concerne l'effet sur la demande totale : en effet, la structure domicile - destination de la demande dépend de l'influence passée des effets structurants et, plus généralement, de l'évolution historique de la géographie économique.

En d'autres termes, si la situation de la demande à une date donnée dépend de la structure de l'offre à cette date (les modèles de demande sont limités à cette vision des choses), elle dépend également de l'histoire des transports et de celle de l'économie. On peut donc craindre que l'influence très marquée de la distance ou du temps généralisé sur la demande, qui apparaît dans les modèles gravitaires, surestime l'effet à court terme du temps généralisé sur la mobilité. Cependant, les analyses de la demande font apparaître un effet important de la réduction du temps généralisé sur l'augmentation de la fréquence des voyages, avec une réduction corrélative de la durée d'absence du domicile, ce qui fournit une valeur minimale, indiscutable, de l'effet à court terme sur la mobilité.

Enfin, si l'interprétation du rôle du niveau de revenu sur la mobilité personnelle est relativement claire (mais il faut tenir compte, par ailleurs, du rôle des autres facteurs socio-économiques tels que l'effet de génération, au sens de ce terme en démographie, ainsi que des modifications éventuelles de comportement), il n'en est pas de même pour les voyages professionnels. En effet, l'expérience passée a montré une élasticité considérable de la mobilité professionnelle au niveau du revenu, qui doit être utilisée avec précaution pour une application dynamique : l'effet apparent du niveau de revenu caractérise plutôt la structure des fonctions dans l'entreprise et une hausse de l'ensemble des revenus réels doit se traduire par un effet sur la demande totale très inférieur au jeu de cette élasticité.

En résumé, l'ajustement des paramètres du modèle multimodal sur coupe instantanée pose des problèmes très sérieux en ce qui concerne l'effet des facteurs socio-économiques.

II.2 - Organisation générale du modèle.

La description qui suit vise plus particulièrement les voyages professionnels (nous n'indiquerons pas ici les modifications apportées pour les voyages personnels de courte durée).

a) Structure du modèle

La figure 2 illustre la structure logique du modèle.

Pour chaque relation AB (relation "domicile du voyageur A - destination du voyage B"), les différents avantages ou inconvénients des divers modes de transport disponibles (il faut savoir si le voyageur dispose d'une voiture) sont traduits en composantes du temps généralisé individuel.

Le modèle simule les comportements individuels, à partir d'un échantillon de voyages. Pour chaque voyage :

- le mode choisi est celui qui a le temps généralisé le plus faible ; naturellement, les temps généralisés sont calculés pour l'aller (trajet AB) et le retour (trajet BA) du voyage mais, dans le cas de la voiture, celle-ci est supposée utilisée à la fois à l'aller et au retour ;
- le temps généralisé (aller + retour), correspondant aux modes choisis est introduit également dans une fonction décroissante de mobilité (fonction "puissance" des modèles gravitaires ou fonction "exponentielle négative").

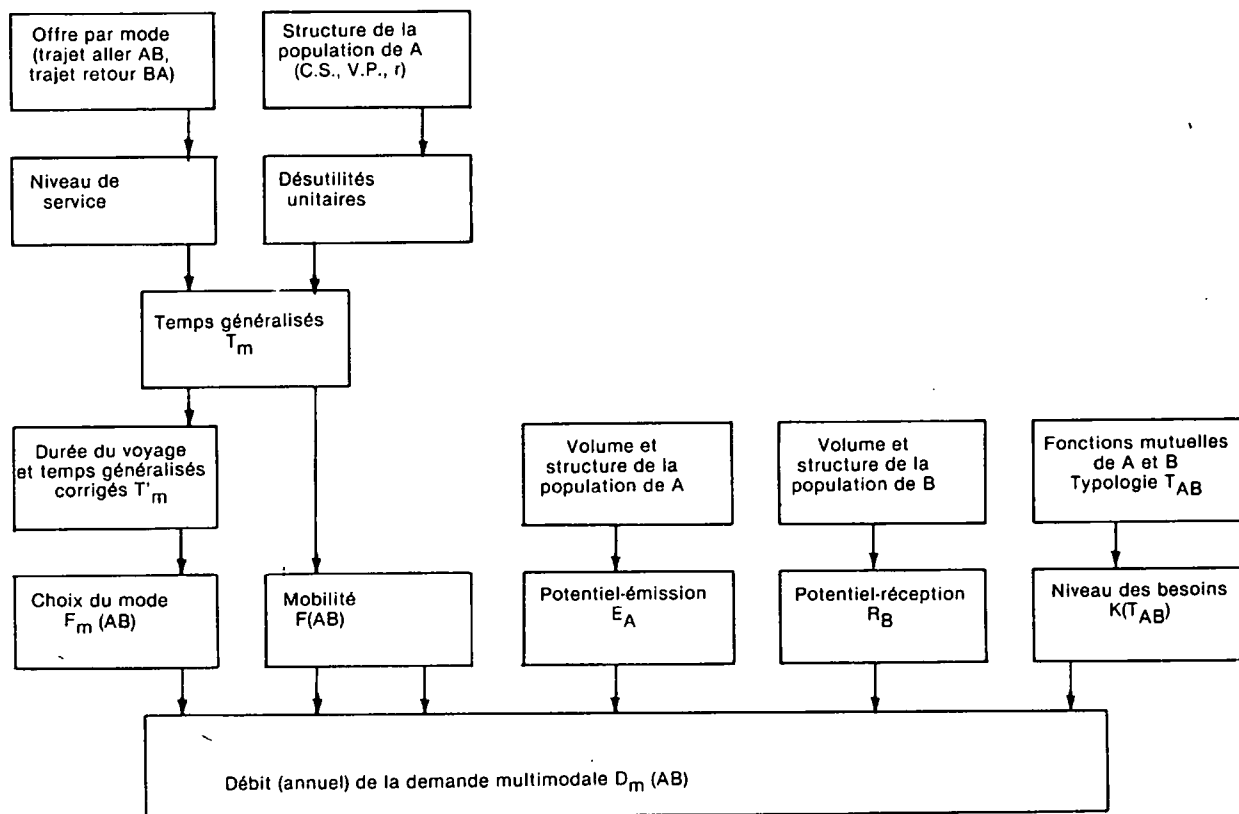
Après avoir indiqué les éléments pris en compte dans les temps généralisés, nous précisons l'intervention des caractéristiques socio-économiques des zones A et B.

#### b) Les temps généralisés

Les temps généralisés  $\tau$  introduits dans le modèle correspondent à une extension des temps généralisés individuels classiques, de manière à prendre en compte les différents aspects des modes : dans l'agrégation  $(t + p/h)$  du temps de transport  $t$  et du prix de transport  $p$  au moyen de coût horaire du temps  $h$ , ce sont les notions de temps  $t$  et de prix qui sont étendues, en un "temps de trajet équivalent"  $\theta$  et en un "prix équivalent"  $\pi$ , respectivement :  $\tau = \theta + \pi/H$ .

Le temps de trajet équivalent  $\theta$  prend en compte les aspects temporels en les traduisant sous la forme d'un équivalent de temps "perdu" en transport :

- le temps  $t$ , de porte à porte, est transformé en un temps corrigé  $t'$  : neutralisation (dans les trains de nuit ; dans les trains de jour et les avions : temps utilisé pour se restaurer, travailler, lire ou se reposer) et pénalisations (départ ou arrivée à une heure indue, nuit supplémentaire passée à la destination) ;
- en fonction de la fréquence et de la position des horaires des services publics, il est ajouté un écart  $e$  entre horaires souhaités et horaires réels, pondéré par un coût relatif  $\delta$  (différent selon que l'on arrive en avance ou en retard, à la destination) ;
- le temps de parcours en voiture, majoré de temps d'arrêt pour prises de carburant et pauses et prenant en compte une distribution statistique (dispersion des vitesses par suite des difficultés de la circulation et de la façon de conduire et corrélation avec la puissance de la voiture, donc avec le niveau de revenu des voyageurs) est transformé en un temps "psychologique" (traduisant le goût de la conduite ou, au contraire, la fatigue) ;
- cette transformation en un temps psychologique peut également être effectuée pour les longs parcours en train.



Le prix équivalent  $\pi$  ajoute au prix de transport (ou au coût ressenti par la voiture) les "désutilités" comparées des différents modes de transport ou retranche des "bonus", c'est-à-dire les valeurs que le voyageur serait disposé à payer les avantages qu'il ressent. Ces bonus concernent les avantages comparés du train 1ère classe et de l'avion, du train en 1ère classe par rapport au train en 2ème classe, de l'autoroute par rapport à la route ordinaire et ils sont souvent fonction du temps de parcours.

Les composantes du temps de trajet équivalent et du prix équivalent sont donc basées sur des données physiques mais valorisées par des désutilités unitaires (d'où la distinction entre "niveau de service" et "désutilités unitaires", dans la figure 2). Ces différents éléments sont variables suivant les voyageurs, et donc introduits sous forme de lois de probabilité.

Les "bonus" ou "malus" entrant dans le prix équivalent ainsi que les "coûts horaires" du temps  $h$  sont corrélés avec le niveau de revenu du voyageur.

Le temps généralisé  $\tau = \theta + \pi/h$  intervient sur la mobilité (fréquence des voyages) et sur la durée du voyage.

Pour le choix du mode de transport, un "temps généralisé corrigé"  $\tau'$  est introduit dans le cas de la voiture. Il tient compte

- d'un bonus correspondant à la disposition de la voiture pour les besoins à la destination, fonction de la durée du voyage,
- dans le cas d'accompagnement par des voyageurs pour motif personnel, d'un deuxième bonus prenant en compte cet accompagnement.

c) Les caractéristiques socio-économiques des zones A et B

La demande de voyages  $D_{AB, n, m_1, m_2}$  (sur la relation AB, pour l'année n et pour les modes de transport  $m_1$  et  $m_2$  utilisés pour l'aller et le retour) est représentée par le modèle :

$$D_{AB, n, m_1, m_2} = K (T_{AB}) \times E_{A, n} \times R_{B, n} \times F_{m_1, m_2} \quad (AB)$$

où :

- $E_A$  et  $R_B$  représentent le "potentiel-émission" de A et le "potentiel-réception" de B qui dépendent de la taille de la zone correspondante (mesurée par exemple par le volume de sa population) et de sa structure socio-économique ;
- $F_{m_1, m_2}$  est la "fonction de demande" qui représente le jeu des temps généralisés sur le choix du mode de transport et la mobilité, pour des potentiels "unitaires" ;
- K est une "constante d'ajustement" (dépendant des "unités" choisies pour  $E_A, R_B$  et F) qui varie selon une typologie,  $T_{AB}$ , des relations AB caractérisant leurs fonctions mutuelles dans l'armature régionale.

Lorsque le modèle fonctionne à partir d'un échantillon représentatif de la situation actuelle, sur une relation AB, cette simulation introduit automatiquement le jeu de  $E_A, R_B$  et  $K(T_{AB})$ .

Mais, comme nous l'avons vu précédemment (paragraphe II.1, point c), il faut être très prudent dans l'interprétation du rôle, dans le temps, des facteurs socio-économiques. C'est pourquoi :

- en toute rigueur, il faut "écrire" que les potentiels  $E_A$  et  $R_B$  dépendent de l'année n ;
- le modèle ne peut être entièrement basé sur une coupe instantanée et il est nécessaire de contrôler et, éventuellement, corriger son fonctionnement dynamique.

### 2.3 - La mise en œuvre du modèle

Nous décrivons brièvement la méthode actuelle d'estimation des paramètres et la nature des sorties du modèle.

### a) Méthode d'estimation des paramètres

Le modèle "voyages professionnels" comprend une trentaine de paramètres : composantes des temps généralisés (y compris caractéristiques des lois de probabilité), paramètres des fonctions exprimant le jeu des temps généralisés sur la durée des voyages et la mobilité.

Pour une vingtaine de ces paramètres, des valeurs "raisonnables" peuvent être fixées a priori, compte tenu de l'expérience acquise à l'aide d'un certain nombre d'enquêtes. Actuellement, 11 paramètres restent à fixer, dans une phase d'ajustement du modèle sur coupe instantanée. Ces paramètres sont estimés par approximations successives. Nous indiquerons simplement ici :

- que la recherche de la "meilleure" combinaison des 11 paramètres est effectuée par simulation :
- que pour chaque paramètre, on connaît a priori des plages raisonnables et que le nombre des combinaisons à tester peut être réduit en s'aidant d'un plan d'expérience (du type "carré gréco-latin").

Il est important de souligner que la recherche du meilleur ensemble de paramètres est basée uniquement sur la répartition multimodale, compte tenu de la taille du groupe de voyage et de l'accompagnement éventuel.

Un certain nombre de tests, qui se sont avérés très satisfaisants, sont effectués a posteriori :

- niveau de la demande sur les différentes relations,
- extension "géographique" à d'autres relations,
- "groupes-cibles", d'après le niveau du revenu (très bonne reconstitution des différences de revenu entre les modes de transport), la durée et la fréquence des voyages.

### b) Les sorties du modèle

Rappelons simplement que le modèle :

- fournit les "élasticités", directes et croisées, de la demande aux temps et prix du transport,
- fournit également les éléments pour le calcul des "bénéfices" des usagers,
- permet d'analyser la "concurrence" et la "complémentarité" des modes : l'apport mutuel des différents modes est obtenu en "supprimant" l'offre de certains d'entre eux.

### 2.4 - Les développements du modèle

En conclusion, nous indiquerons les développements, en cours et prévus à plus long terme.

### a) Améliorations de la formulation du modèle

Outre certains aspects internes de la formulation (concernant la forme des fonctions utilisées), les améliorations portent sur trois points principaux :

- meilleure "cohérence" entre le modèle lui-même et les modèles, en amont, de la structure socio-économique de l'équipement des ménages en voitures particulières, ces modèles étant eux-mêmes en cours d'amélioration ;
- actuellement, le modèle traite indépendamment l'aller et le retour du voyage, du point de vue de l'influence des horaires des services publics (écarts entre horaires souhaités et horaires réels) ; il serait souhaitable de situer l'ensemble du voyage par rapport aux horaires disponibles, mais il s'agit d'un problème difficile, pour lequel on n'entrevoit pas, à l'heure actuelle, de solution satisfaisante ;
- comme il a été dit précédemment, distinction de plusieurs catégories de voyages à l'intérieur des voyages personnels de courte durée.

### b) Les données de base nouvelles

La connaissance statistique de la demande est insuffisante au double point de vue du champ géographique couvert par les enquêtes et de la description précise des voyages.

Les premiers essais d'application ont été effectués à partir d'enquêtes réalisées en 1968-69, sur les grands axes seulement et fiables seulement pour les voyages professionnels.

Des travaux sont entrepris pour une situation plus récente, en tentant de raccorder différentes enquêtes (enquête "Transports 1973-1974" réalisée par l'INSEE auprès d'un échantillon de ménages ; enquêtes réalisées en 1966-1967 par la S.N.C.F. et Air Inter auprès d'un échantillon de voyageurs). Ces travaux poursuivent un double objectif : contrôle du fonctionnement dans le temps du modèle "Voyages professionnels" et premiers essais d'ajustement du modèle "Voyages personnels de courte durée".

Mais l'élaboration d'un modèle pertinent (du point de vue de l'estimation des valeurs des paramètres avec une précision acceptable), couvrant l'ensemble des déplacements inter-régionaux français, ne sera possible qu'après la réalisation d'une nouvelle enquête "Transports" auprès des ménages, qui est prévue en 1981. Il sera également nécessaire d'attendre une nouvelle enquête de ce type, cinq ans après environ, pour être sûr du fonctionnement dynamique du modèle.

### c) Formulation et ajustement de modèles plus agrégés.

La simulation des comportements individuels est un outil d'analyse très puissant qui permettra, lorsque les valeurs numériques des différents paramètres seront mieux cernées, de mieux comprendre l'influence respective des différentes composantes du niveau de service et la forme de cette influence sur la demande.



En fonction des résultats qui seront obtenus sur des "situations-types" de l'offre des différents modes de transport, il est permis d'espérer que l'on pourra remplacer la simulation des comportements individuels par des "équations de demande" qui, d'une part pourront être formulées avec des fonctions dont la forme sera adéquate et, d'autre part, pourront être résolues par des méthodes statistiques d'analyse multi-variable, telles que des méthodes de régression multiple.