

## Thème 2

# La demande

---

M. <b>MERCIOL</b> - FRANCE	111	
Politique d'offre de transport et ses conséquences sur la répartition modale : les études d'axes en France <i>SERVICE D'ANALYSE ÉCONOMIQUE ET DU PLAN</i>		
<hr/>		
M. <b>WEBER</b> - RFA	122	
Evaluation de la demande à grande vitesse pour la planification des voies de communication en RFA <i>BUNDESMINISTERIUM FÜR VERKEHR</i>		
<hr/>		
MM. <b>BERLIOZ, VILMART, ARDUIN</b> - FRANCE	131	
Réponse de la demande à une amélioration de l'offre : l'exemple du TGV Paris-Sud-Est <i>SOCIÉTÉ NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS</i>		
<hr/>		
MM. <b>BAANDERS</b> - PAYS-BAS, <b>ASHLEY, RICHARDS</b> - ROYAUME-UNI		
Modélisation des déplacements à longue distance aux Pays-Bas <i>MINISTÈRE DES TRANSPORTS ET DES TRAVAUX PUBLICS</i> <i>MVA CONSULTANCY</i>		146
<hr/>		
MM. <b>PRIDEAUX, HIATT, LEE</b> - ROYAUME-UNI	157	
Modélisation de la demande pour les trains à grande vitesse au Royaume-Uni <i>BRITISH RAILWAYS BOARD</i>		
<hr/>		
MM. <b>OHTSUKI, UCHIBORI</b> - JAPON	169	
Estimations et résultats du trafic du Shinkansen <i>JAPANESE NATIONAL RAILWAYS</i>		
<hr/>		
M. <b>SCHMITT</b> - RFA	182	
Implications au niveau du trafic d'un train électromagnétique à grande vitesse Francfort-Paris <i>DFVLR</i>		
<hr/>		
MM. <b>MORELLET, FOURNIAU, LEFOL, Mme LERUEZ</b> - FRANCE	194	
Les effets de la mise en service d'une desserte ferroviaire à grande vitesse sur les caractéristiques du marché des déplacements et le partage de celui- ci entre les modes de transport <i>INSTITUT DE RECHERCHE DES TRANSPORTS</i>		
<hr/>		
M. <b>METCALF</b> - ROYAUME-UNI	211	
Règles empiriques en vue de la planification de services ferroviaires rapides <i>TRANSMARK</i>		

---

---

MM. <b>BEN AKIVA, WHITMARSH</b> - USA	221
Etudes de demande de trafic inter-régional en Amérique du Nord <i>MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, BECHTEL</i>	
<hr/>	
M. <b>ZUMKELLER</b> - RFA	231
Expériences nationales – Modèle explicatif dans le domaine international <i>SOCIAL DATA</i>	
<hr/>	
M. <b>NUSSER</b> - RFA	247
Effets frontières <i>DFVLR</i>	
<hr/>	
M. <b>KESSEL</b> - RFA	253
Modélisation – Impact d’une ligne nouvelle sur le trafic marchandises <i>BVU</i>	
<hr/>	

## Politique d'offre de transport et ses conséquences sur la répartition modale : les études d'axes en France

---

M. Merciol

FRANCE

*Service d'Analyses Economiques  
et du Plan*

Certains axes lourds de transport supportent actuellement un trafic, tant marchandises que voyageurs, tel que des phénomènes de gêne peuvent déjà être observés. L'évolution des débits constatés sur ces axes, si elle suit les tendances passées conduira à terme, en l'absence de modification de l'offre de transport, à des phénomènes de saturation, au moins sur certains modes, et en particulier sur la route.

Il était donc primordial d'avoir une réflexion d'ensemble sur les solutions globales envisageables, de manière à ne pas risquer de ne faire que reporter les difficultés d'un mode sur l'autre et surtout afin de déterminer les mesures les mieux adaptées.

Ainsi les études d'axes lancées au SAEP, sous l'égide du conseil général des Ponts et Chaussées, visent à approfondir la connaissance de la demande actuelle sur les axes à fort trafic et à définir puis analyser les scénarios d'amélioration de l'offre permettant de répondre au développement du trafic à moyen et long terme. Les opérations à envisager sur des axes lourds étant nécessairement relativement ambitieuses (par exemple création ou prolongement d'une desserte par train à grande vitesse), et donc se traduisant financièrement par un coût élevé, il était indispensable de ne pas omettre les principaux facteurs pouvant intervenir. Cela supposait donc la prise en compte de l'ensemble des trafics concernés, voyageurs et marchandises du fait qu'ils utilisent parfois les mêmes infrastructures, et donc de l'ensemble des modes (route, fer, air pour le trafic voyageur ; route, fer et eau pour le trafic marchandises).

Ces études ont été lancées conjointement sur les deux axes posant à priori le plus de problèmes : Lyon-Marseille (vallée du Rhône) et Paris-Nord de la France (le triangle Paris-Calais-Valencienne). Nous nous en tiendrons ici à la seule étude Lyon-Marseille, étant entendu que la problématique et la méthodologie suivie sont identiques dans les deux cas. De plus nous ne nous intéresserons qu'au seul volet voyageur, bien qu'il ne faille pas perdre de vue qu'une amélioration de la qualité de service du transport de voyageur, peut lorsqu'elle est conséquente influencer notablement sur le transport de

marchandises (augmentation de capacité sur les lignes ferroviaires, fluidité sur la route...).

L'intérêt d'une telle étude dans la vallée du Rhône est renforcé parce que les gestionnaires des différents modes envisagent chacun de leur côté la réalisation de projets très importants et qui risquent d'être au moins partiellement concurrents : un doublement d'autoroute et une nouvelle ligne TGV. L'étude devra permettre de conclure sur le caractère alternatif ou complémentaire de ces investissements sur l'axe Lyon-Marseille. Il ne s'agit toutefois pas d'une étude visant à comparer, de manière générale, une desserte par un train à grande vitesse par rapport à une autoroute ou une navette aérienne mais bien d'un cas d'espèce.

## I. Méthodologie

Le caractère intermodal est recherché à chaque phase de l'étude afin d'être en mesure d'effectuer une réelle comparaison entre les différents scénarios. Ceci a été facilité grâce à la collaboration des gestionnaires des modes concernés : la direction des Routes, la SNCF et Air Inter.

Dans un premier temps il convenait d'analyser dans le détail l'offre et la demande actuelle de transport.

La description de l'offre prend en compte aussi bien les infrastructures (caractéristique des routes, voies ferrées, aéroports...) que la qualité de service (fréquence des trains et des avions). On tient compte des origines-destinations des voyageurs empruntant l'axe. Ainsi l'offre aérienne prend en compte les aéroports situés au delà du segment Lyon-Marseille (Paris, Lille et Corse...) dont le trafic intéressant l'axe est considérable.

La demande de transport est étudiée : en volume à partir des statistiques de débits disponibles et en structure (caractéristiques des déplacements et des individus, parts de marché) grâce à la confrontation de résultats homogènes d'enquêtes effectuées par les gestionnaires de chacun des modes.

La confrontation de l'offre et de la demande permet d'ores et déjà de préciser les difficultés de circulation actuelles. La confrontation de l'offre actuelle avec la demande future (1990 et 2000) sert de base à la définition de l'ensemble des scénarios d'amélioration de l'offre, qu'il s'agisse de mesures portant sur les infrastructures ou l'exploitation.

Les divers projets sont alors évalués en utilisant les méthodes classiques employées (le modèle Ariane pour les investissements routiers, les modèles prix-temps de la SNCF et d'Air Inter pour les scénarios ferroviaire et aérien) sur lesquels nous reviendrons au moment de l'évaluation des scénarios. Enfin, une approche intermodale est utilisée de manière à mettre sur le même plan des scénarios portant sur des modes concurrents et donc à faciliter la sélection des opérations les plus intéressantes pour la collectivité.

## II. Présentation de l'axe Lyon-Marseille

Les trois modes de transport sont dans un état de concurrence accentué par le tracé parallèle des infrastructures routières et ferroviaires de part et d'autre du Rhône :

- une autoroute (à 2x2 voies sur la majeure partie du tracé) et deux routes nationales (l'une à 7 m et l'autre à 7 et 10,5 m en alternance) ;
- une ligne ferroviaire servant essentiellement pour le trafic voyageurs sur la rive gauche du Rhône (la ligne de la rive droite sert au transport de marchandises) ; les rampes ne dépassent pas 3 mm/m sauf sur quelques sections où elles atteignent 4 mm/m. La vitesse maximale est de 160 km/h ;
- des liaisons aériennes intéressant non seulement Lyon-Marseille, mais aussi les aéroports tels que Paris, Nice, Montpellier, la Corse dont le trafic empruntant le couloir rhodanien est important.

Les trafics de voyageurs ont été calculés en partant des statistiques de débit annuel disponibles. L'estimation fine du trafic voyageurs suivant cette procédure n'est fournie avec précision que tous les cinq ans pour le trafic routier du fait qu'il faut retirer du trafic total des véhicules le trafic poids lourd qui n'est calculé qu'à la suite de comptages spécifiques. La dernière année disponible est donc 1980 pour l'ensemble des routes (le trafic autoroutier est quant à lui connu avec précision par des statistiques annuelles). Les débits de voyageurs sont du reste calculés en utilisant un taux moyen d'occupation des véhicules reconstitué à partir des enquêtes effectuées. Celles-ci ont permis d'aboutir à un taux moyen de 1,77 (1,31 pour les déplacements professionnels et 2,08 pour les déplacements personnels). Les indicateurs utilisés sont en premier lieu les débits en voyageurs par jour, complété par :

- les débits tous véhicules confondus par jour pour la route ;
- les nombres de circulations de trains par jour de manière à tenir compte des indicateurs permettant d'apprécier les problèmes de capacité.

**Nombre de voyageurs par jour en 1980**

Rail	Route	Air	Total
28 400 25 %	74 720 65 %	11 890 10 %	115 010

Ces débits observés à une coupure de l'axe prennent en compte des trafics de nature très diverse : le trafic routier contient une part non négligeable de déplacements de courte distance et le trafic aérien comprend surtout de longues distances.

### III. Le calcul du partage modal actuel.

L'évaluation en volume sur une coupure ne soulève à priori aucune difficulté mais elle reste d'un intérêt relativement modeste. Tous les usagers ne sont pas concernés au même degré par une modification de l'offre de transport sur un mode donné. Cela dépend fortement du trajet (origine-destination) et de l'impact effectif d'une amélioration sur le déplacement effectué. A cet égard, les résultats d'une étude intermodale de suivi de la mise en service de l'autoroute Paris-Metz-Nancy-Strasbourg sont éloquentes. Cette étude a été réalisée par enquêtes coordonnées rail-route : avant mise en service de l'autoroute, un an après, puis quatre ans après lorsque le partage modal est

stabilisé. Le trafic des principales origine-destinations où la concurrence rail-route était la plus manifeste a été réparti en cinq classes :

- les relations avec la région parisienne bien desservies par l'autoroute (R 1) ;
- les relations avec la région parisienne peu desservies par l'autoroute (R 2) ;
- les relations avec l'Allemagne (R 3) ;
- les relations transversales bien desservies par l'autoroute (R 4) ;
- les relations transversales peu intéressées par l'autoroute (R 5).

**% du trafic ferroviaire reporté sur autoroute**

R1	10,7 %
R2	1,9 %
R3	-
R4	5,6 %
R5	2,6 %

Il est donc primordial de connaître en détail la structure des trafics. Celle-ci est généralement reconstituée à partir des enquêtes disponibles auprès des gestionnaires et qui sont réalisées pour leurs besoins propres (connaissance de la demande, avis des usagers). Pour Lyon-Marseille ce processus a été suivi sauf pour le trafic routier : des enquêtes spécifiques ont été lancées sur route et autoroute le long de la vallée du Rhône. Cela pose des problèmes d'homogénéité au sein d'un mode puis au niveau du partage modal. Pour chaque mode il est nécessaire de recourir à des enquêtes distinctes (en particulier pour le fer) pour reconstituer le trafic total (trains enquêtés à des moments différents). Ensuite il convient de constituer à partir d'un fichier d'enquête homogénéisé par mode un fichier global route-rail-air qui servira de base. Pour ce faire, nous sommes partis des flux o-d sur chaque mode pour déterminer ceux pour lesquels la concurrence route-rail-air est la plus évidente : par exemple nous ne tenons pas compte des trafics très courtes distances par route qui ne pourront jamais être concurrencés par un autre mode et qui risque de plus de n'être que peu touchés par un projet d'autoroute dont l'utilisation entraînerait un détour plus important que le gain de temps ou de confort qui en résulterait.

Ceci pose le problème des origines-destinations sur des modes où des flux sont faibles et donc les taux de sondage atteignent une limite inférieure de fiabilité statistique. Quoi qu'il en soit il est préférable de répartir le trafic par origine-destinations plutôt que d'analyser un fichier global dont les renseignements seront nécessairement moins intéressants. Ce n'est qu'au prix d'un traitement relativement fin que les résultats pourront être utilisés de manière pertinente dans des études analogues et qu'on déterminera quels individus sont la cause des reports modaux qui seront estimés.

Le SAEP s'est chargé de constituer un échantillon de voyageurs représentatifs du partage modal sur les principales relations et l'a traité au moyen d'analyses de données afin de définir les caractéristiques fortes des individus et de leurs déplacements.

#### **IV. La définition des scénarios**

Pour définir les améliorations de l'offre à considérer il a été tenu compte de la confrontation de l'offre avec la demande actuelle ainsi qu'aux horizons 1990 et 2000. Pour ce faire deux hypothèses d'évolution de trafic, H1 et

H2, ont été utilisées. Elles intègrent les indicateurs retenus pour les scénarios d'encadrement économique du 9<sup>e</sup> Plan quinquennal français, tiennent compte pour chaque mode de la structure du trafic par origine-destination au niveau de la région (l'évolution démographique régionale n'étant pas homogène sur l'ensemble du territoire).

#### Trafic moyen annuel voyageurs/jour

	Route		Fer		Air	
	H1	H2	H1	H2	H1	H2
1990	87 000	102 000	32 000	40 000	16 800	19 700
2000	92 000	131 000	34 000	49 000	23 700	33 600

#### Trafic moyen annuel véhicules/jour

	1982	1990		2000		Capacité
		H1	H2	H1	H2	
RN 7.....	9 860	11 000	13 000	12 000	18 000	13 000
RN 86.....	7 064	8 000	10 000	9 000	13 000	8 500
A 7.....	33 397	38 000	45 000	40 000	59 000	35 000

On constate que, en absence de tout investissement augmentant sensiblement la capacité du réseau routier :

- en 1990, l'autoroute sera saturée toute l'année entre Lyon et Valence, le seuil de saturation étant largement dépassé tous les jours d'été ; entre Valence et Orange l'autoroute étant à 2 x 3 voies ne serait saturée qu'en été et dans l'hypothèse H2 ; les RN 7 et 86 seront saturées sur la plupart des sections.
- en 2000, la situation serait peu modifiée en hypothèse basse, mais en hypothèse haute les seuils de saturation seraient largement dépassés même en hiver (sauf pour l'autoroute au sud de Valence en hiver).

Les résultats précédents font ressortir que le problème est au départ essentiellement routier puisqu'aucun problème de capacité ne devrait se poser pour les réseaux ferroviaire et aérien. Cependant, les aménagements routiers a priori nécessaires sont très importants (doublement d'autoroute) ; il est donc indispensable de considérer les aménagements réalisables sur les autres modes car s'ils sont d'une importance analogue, ils sont susceptibles de retarder, voire de diminuer fortement les investissements routiers à prévoir en modifiant le partage modal. En outre, ils peuvent de plus s'avérer éventuellement en eux-mêmes très intéressants pour la collectivité du fait des gains de temps, d'une amélioration de qualité de service, apportés aux usagers...

L'analyse des prévisions de trafic et de la structure actuelle (origine-destination, motif, durée...) a permis de déboucher sur quatre scénarios à mettre en concurrence :

- le doublement de l'autoroute entre Lyon et Valence (se raccordant à un contournement autoroutier de Lyon, prévu en toute hypothèse pour supprimer

le goulet d'étranglement que constitue cette agglomération et pour répondre aux problèmes de fonctionnement interne de cette dernière) ;

– le prolongement de la nouvelle ligne TGV jusqu'à Valence (éventuellement jusqu'à Marseille) ;

– la modification de la grille horaire des trains pour offrir une desserte cadencée entre les principales villes de l'axe ;

– l'amélioration de l'offre aérienne entre Paris et Marseille.

## V. L'évaluation des scénarios

Il était intéressant de mettre en rapport des scénarios tels que la création d'une ligne de train à grande vitesse et la mise en service d'une autoroute ou l'amélioration de la desserte aérienne. La prise de décision entre ces types d'investissement ne doit en effet être arrêtée, pour être vraiment pertinente que si l'on va au delà de la simple évaluation d'un projet unique, même très rentable, et si l'on prend en considération des investissements alternatifs d'une même envergure lorsqu'ils sont susceptibles d'être directement concurrents.

De ce point de vue la connaissance du partage modal résultant de la réalisation d'un projet est fondamentale.

### A. L'évolution du partage modal

Deux approches peuvent être envisagées a priori : l'utilisation des modèles classiques ou l'emploi de modèles désagrégés. La solution adoptée ici est une solution hybride. D'une part les gestionnaires de chacun des modes se serviront des outils dont ils se servent habituellement, d'autre part le SAEP, à partir de l'échantillon homogène reconstitué, testera les divers scénarios d'amélioration de l'offre par le biais d'analyses de données.

#### 1. Les modèles agrégés

Le scénario de doublement de l'autoroute sera évalué par le modèle Ariane, mis au point par la direction des Routes, qui n'est applicable que pour des investissements routiers ou autoroutiers.

La première étape consiste à définir le réseau à prendre en compte, c'est-à-dire l'ensemble des routes et autoroutes dont le trafic risque d'être modifié à la suite de l'investissement envisagé (aménagement sur place ou création d'une voie supplémentaire). La description du réseau peut être plus ou moins fine selon la précision des résultats qui est recherchée. En effet, le réseau est lui-même découpé si nécessaire en sections homogènes du point de vue des caractéristiques techniques de la route et des débits de véhicules.

Dans un second temps on caractérise le trafic sur chacune des sections, en distinguant d'une part les véhicules légers et les poids lourds, d'autre part le trafic de transit et le trafic local. Le modèle suppose que le trafic local ne sera pas touché par un nouvel investissement au niveau du choix d'itinéraire (il peut par contre bénéficier des diminutions éventuelles de coût

de circulation, dans le cas où le trafic diminue sur l'itinéraire qu'il emprunte et se reporte ailleurs).

On aboutit alors en général à un choix d'itinéraires pour un même déplacement. En particulier l'investissement envisagé peut lui-même constituer un itinéraire de plus. C'est le cas d'un doublement d'autoroute. Sur chacune des sections, on calcule le coût généralisé du déplacement qui intègre le coût du carburant, l'entretien du véhicule, la valeur du temps, la durée du parcours et les péages éventuels.

Un investissement donné va entraîner une modification des coûts sur un certain nombre de tronçons. En pratique on prend en compte la modification du coût sur l'itinéraire où ont lieu les aménagements. On répartit ensuite le trafic en fonction des coûts de circulation. L'opération est itérative car la modification de trafic entraîne elle-même une variation du coût de circulation (qui dépend du temps de circulation donc du trafic). Le système converge en pratique relativement rapidement.

En ce qui concerne notre étude les deux points importants sont : l'induction de trafic et la croissance du trafic actuel au fil de l'eau :

– la croissance au fil de l'eau est fixée arbitrairement quel que soit l'axe étudié. Ceci ne permet pas a priori d'utiliser comme nous le souhaitons une évolution au fil de l'eau distincte sur les périodes 1990 et 2000, pas plus qu'il ne permet comme c'est normalement prévu de pouvoir tester des hypothèses distinctes (basse et haute) pour connaître la sensibilité de l'analyse coût-avantages à une variation de trafic ;

– l'induction de trafic est calculée en pourcentage du trafic au fil de l'eau

pour la formule  $\left(\frac{C_0}{C}\right)^{2/3-1}$  où  $C_0$  et  $C$  sont les coûts de circulation avant et

après réalisation de l'investissement étudié.

La difficulté pour une étude d'axe est qu'en général l'induction de trafic dépend avant tout de la situation réelle de concurrence entre le mode routier et le train et/ou l'avion. Il serait donc plus satisfaisant de comparer pour des trajets origines-destinations donnés les coûts par route, fer et air avant et après aménagement et de déduire l'induction de la comparaison de ces coûts. De plus il est relativement important de bien connaître l'origine du trafic induit et en particulier de faire la part entre l'induction pure et les rapports modaux.

• Le scénario de desserte ferroviaire cadencée sera évalué au moyen d'un modèle d'induction de trafic (1<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> classe) de la SNCF. Ce modèle est bien adapté au problème car il tient compte de la grille horaire de manière très fine.

On définit une fonction d'utilité qui associe à chaque train une valeur dépendant de la valeur du temps et de l'heure de départ des usagers. On postule en outre que l'utilisateur choisit en fonction de l'utilité relative que présente pour lui chacun des trains. On définit alors une fonction de probabilité de choix qui est le rapport de l'utilité d'un train sur la somme des utilités de tous les trains.

Ce modèle donne des résultats satisfaisants puisqu'il intègre bien une description fine de l'offre et donc prend en compte la spécificité d'un

problème donné. Par contre comme le modèle Ariane il ne permet pas de connaître la provenance du trafic induit.

⊗ Le scénario de prolongement de la ligne TGV : la SNCF dispose d'un modèle d'induction de trafic et d'un modèle de partage modal fer 1<sup>re</sup> classe/air très intéressant car la mise en service du TGV entre Paris et Lyon a entraîné une modification considérable de la concurrence rail/air.

Cependant il est possible que l'on retienne en fait une approche plus pragmatique. En effet la modification de l'offre de transport due au scénario TGV est considérée par la SNCF comme relativement analogue au changement intervenu en 1983. Comme le TGV donne lieu à un suivi très précis il serait donc possible d'en déduire à la fois l'induction mais aussi les modifications des parts de marché qui en résulteraient. Si on peut effectivement suivre cette approche on connaîtra alors le trafic induit pur et les divers reports modaux. On constate donc à quel point il est primordial d'effectuer un suivi très sérieux de la mise en service de grands projets, surtout quand ils ont un caractère innovant manifeste.

⊗ Le scénario d'amélioration de la desserte aérienne : Air Inter utilisera un modèle prix-temps ; on suppose que la décision d'utiliser plutôt l'avion ou plutôt le train en 1<sup>re</sup> classe est prise en fonction de la valeur du temps des usagers concernés ainsi que des coûts et des temps respectifs de transport ; il faut donc pour cela connaître la distribution de la valeur du temps des usagers, le pourcentage d'usagers sur l'un des modes se déduisant alors simplement ; la réalisation d'un investissement a pour conséquence une modification de la valeur d'indifférence du temps (valeur pour laquelle des coûts généralisés sur les deux modes sont égaux) et donc du partage modal.

Le trafic induit est calculé grâce à l'introduction d'une élasticité du trafic au coût généralisé.

Ce modèle est prévu pour connaître la concurrence fer 1<sup>re</sup> classe et air mais ne prend pas en compte le trafic ferroviaire 2<sup>e</sup> classe ni le trafic routier. Ici encore l'origine du trafic induit n'est pas déterminée.

## *2. Les autres approches prévues.*

Les approches classiques permettent d'effectuer un calcul de coût-avantage habituel qui permet de ramener un investissement d'un mode donné à un autre investissement sur le même mode. Elles présentent cependant trois difficultés pour une étude intermodale. Tout d'abord les évolutions de part de marché ne sont en général pas connues. On ne distingue pas le trafic induit pur ainsi que les reports en provenance des divers modes : il faut donc le cas échéant effectuer des hypothèses. D'autre part les modèles ci-dessus conduisent à l'utilisation d'un modèle par mode concerné. Ceci n'est pas très satisfaisant du point de vue méthodologique puisque l'on veut pouvoir ensuite comparer les investissements de mode différents et déterminer ceux qui sont les plus intéressants pour la collectivité. Enfin nous avons indiqué que les investissements ferroviaires ou aériens pourraient le cas échéant retarder la réalisation d'un doublement d'autoroute. Ceci suppose de connaître avec précision les conséquences sur le trafic routier de tous les scénarios.

Ces raisons nous ont conduits à compléter l'approche classique par des méthodes permettant de faciliter la comparaison des divers scénarios. Deux approches sont prévues, l'une étant plus complète que l'autre.

On peut dans un premier temps utiliser l'échantillon qui a servi à l'analyse des parts de marché. Cet échantillon nous l'avons vu n'est pas totalement satisfaisant puisqu'un certain nombre d'informations relativement importantes n'y figurent pas : les trajets terminaux et une description très fine des origines et destinations... Il est cependant possible d'effectuer certains traitements d'analyse de données. Pour ce faire on approchera l'échantillon de l'offre de transport actuel et de celle après réalisation de chacun des investissements envisagés. La description de l'offre sera relativement sommaire puisque sur le fichier de la demande on ne peut pas travailler au niveau de l'individu mais seulement en moyenne par liaison zone à zone. Il s'agira d'avoir une échelle de qualité de l'offre pour caractériser les améliorations envisagées. Ceci permettra alors de comparer la disposition du nuage de la demande par rapport à celui de l'offre et donc d'avoir des informations, bien entendu qualitatives, sur l'évolution du partage modal mais surtout sur l'influence de chacun des scénarios.

En effet, le principal avantage sera de mettre sur un même plan des scénarios portant sur des modes différents et donc d'examiner les déplacements de nuage qu'ils entraînent. En différentiel les résultats devraient permettre de faciliter la détermination des scénarios ayant le plus fort impact sur la demande.

Cette approche sera employée sur l'axe Lyon-Marseille à cause de la faible qualité de l'échantillon de voyageurs disponibles. Pour l'autre étude d'axe que nous avons mentionné, et pour laquelle le planning autorise l'organisation d'une enquête intermodale spécifique, l'approche sera différente.

Une enquête va permettre, d'une part de bien connaître le partage modal et surtout de disposer des informations indispensables pour employer un modèle désagrégé : les trajets terminaux, les revenus des individus, la possibilité de disposer d'un véhicule... Ces données seront obtenues sur chacun des modes et donc seront utilisables pour contruire un échantillon représentatif des déplacements. Cet échantillon sera utilisé pour faire fonctionner un modèle désagrégé de répartition modale.

Ce modèle est basé sur le principe d'affectation d'un individu donné sur le mode pour lequel le temps généralisé de transport est minimum ; cette affectation ne se fait pas par tout ou rien mais par emploi d'une loi de probabilité pour coller le mieux à la réalité. Le modèle prendra en compte directement les modifications de l'offre (tant infrastructures que grille horaire et coût de transport) sans que l'on ait besoin comme précédemment de les qualifier selon une échelle de qualité. Il permettra de connaître pour les vingt plus fortes origines-destinations le trafic induit et sa répartition entre induction pure et reports de chacun des autres modes.

Ce type d'approche présente l'avantage de fournir des résultats à partir d'un modèle unique indépendant d'un mode donné. Tous les investissements sont donc traités de la même manière, ce qui renforce la pertinence des résultats. On connaît l'évolution du partage modal et le trafic induit pur. Cela rend alors possible un calcul de report d'un investissement donné (autoroute par exemple) si un investissement sur un autre mode est par lui-même très

rentable mais ne résoud pas l'ensemble des problèmes (saturation) susceptibles de se poser.

En complément de cette approche un traitement par analyse de données pourra être effectué cette fois de manière beaucoup plus fine grâce à la qualité du matériau de base.

### B. Bilan

Après avoir estimé les modifications de trafic sur chaque mode, une évolution de chaque scénario sera présentée avant la sélection finale des projets. Elle comprend :

- Le bilan de l'opération pour l'investisseur. Il s'agira en fait de calculer le rapport : bénéfice actualisé/montant actualisé des investissements. Ceci pourra être obtenu y compris pour le projet autoroutier puisqu'un péage sera perçu sur la nouvelle autoroute.
- Les conséquences monétaires pour les usagers. On tiendra compte des voyageurs se déplaçant de leur propre initiative et des entreprises faisant voyager leur personnel. Les éléments pris en compte sont : les frais de carburant, d'entretien et d'amortissement des véhicules, les redevances d'usage des infrastructures.
- Les conséquences monétaires pour les exploitants des autres modes. La modification des parts de marché peut avoir un impact sur leur bilan financier.
- Les effets sociaux. Ils sont pris en compte ; qu'ils puissent être ultérieurement traduits en termes monétaires ou non ils ne doivent pas pour autant être exclus de l'évaluation. Il s'agit de la sécurité, des gains de temps, des nuisances, de la structuration de l'espace.

L'ensemble des indicateurs ci-dessus permettra de disposer d'éléments suffisants pour conclure sur l'intérêt pour la collectivité de chacun des scénarios pris séparément et d'effectuer une sélection des scénarios les plus intéressants.

L'évaluation des divers scénarios cités ci-dessus, ainsi que ceux qui seront étudiés pour améliorer le transport de marchandises, amènera le cas échéant le comité directeur à regrouper certaines opérations complémentaires sous forme de scénarios mixtes. Une évaluation en sera faite étant donné que celle-ci n'est pas nécessairement la somme des évaluations des scénarios de base.

### Conclusion

Les études d'axes, qu'il s'agisse de Lyon-Marseille, ou de Paris-Nord sont l'occasion de mettre en relation des projets de grande envergure et en particulier de comparer les conséquences de la mise en service d'une ligne TGV avec une autoroute ou un renforcement de desserte aérienne, lorsque de tels projets alternatifs paraissent pouvoir judicieusement être considérés.

L'évaluation des scénarios n'est pas encore achevée il n'est donc pas possible de faire une analyse comparative de l'impact des projets.

L'étude Lyon-Marseille a en fait deux objectifs : d'une part il s'agit de déboucher sur la sélection des mesures à prendre effectivement à court, moyen ou long terme pour résoudre les difficultés qui existent déjà et qui iront en s'amplifiant et les difficultés futures prévisibles si aucun investissement n'est réalisé. D'autre part, il est important d'adapter les méthodes d'évaluation classiques pour prendre en compte les nouveaux types d'investissements comme le TGV. A cet égard il est manifeste que des opérations de suivi de la mise en service telles que celles en cours pour le TGV Sud-Est sont indispensables, à la fois pour connaître l'induction de trafic et aussi les reports modaux. L'impact de la mise en service d'une autoroute sur le partage rail-route commence à être mieux connu grâce aux études de suivi réalisées sur les axes Paris-Est et Bordeaux-Narbonne. Les objectifs de l'étude nous ont du reste amené à réfléchir sur les méthodes d'évaluation présentant un caractère neutre vis-à-vis de tel ou tel mode. Il est en effet indispensable, d'obtenir les éléments nécessaires à une évaluation et en particulier les évolutions de partage modal en utilisant une méthode utilisable indifféremment sur la route, le fer ou l'air.

Pour aller plus loin dans la mise au point et la qualité des modèles il a du reste été décidé comme nous l'avons signalé, pour l'axe Paris-Nord, d'effectuer des enquêtes coordonnées rail-route-air parce qu'il est indispensable de disposer d'échantillons de voyageurs qui soient d'une qualité permettant une utilisation optimum des modèles disponibles.

# Evaluation de la demande à grande vitesse pour la planification des voies de communication en RFA

---

M. Weber  
*Bundesministerium für Verkehr*

RFA

## Situation de départ

En règle générale, la construction nouvelle ainsi que l'aménagement de liaisons rapides entraînent des modifications en ce qui concerne le volume de trafic. Dans ce contexte je me limite au transport de voyageurs à grande distance ; dans le domaine du transport de marchandises, des modifications analogues – quoique moins prononcées – seront concevables. Nos connaissances de ce phénomène sont trop faibles pour que l'on puisse oser en décrire en détail l'envergure. Vu l'accroissement de la concurrence de qualité sur le marché du transport de marchandises (exemple : trafic Intercargo de la DB) il faudra pourtant attacher une attention accrue à ce problème.

Au moment du démarrage de la planification des infrastructures fédérales de transport au début des années 70 les connaissances relatives au transport de voyageurs à grande distance étaient à peu près comparables aux connaissances actuelles sur le transport de marchandises. Dans ses premières évaluations de lignes nouvelles, le groupe de projet « Etudes de corridors » au sein du ministère fédéral des Transports supposait, par conséquent, sans donner une argumentation empirique approfondie, qu'il fallait s'attendre, dans le cas de lignes nouvelles, à une augmentation du trafic global de l'ordre de 15 %.

## Mesures prises

### *Recueil de données*

Il s'avérait tout de suite que l'on ne disposait que d'une base de données insuffisante. Notamment, les expériences faites à l'étranger montraient qu'avec cette hypothèse on avait sous-estimé, de façon considérable, les avantages à attendre de l'augmentation du trafic.

Il fallait tout d'abord améliorer les données de base. Ceci s'avérait d'autant plus difficile que la quote-part du trafic à grande distance dans le volume de trafic global est faible. Les méthodes traditionnelles de recensement du

trafic global ne permettent que d'une manière limitée de saisir le comportement spécifique des usagers dans le domaine du trafic de voyageurs à grande distance. Il s'impose donc de réaliser des enquêtes spécifiques qui tiennent compte du phénomène du trafic à grande distance. Dans ce contexte, la délimitation entre le trafic à courte distance et le trafic à grande distance représente un problème particulier. Dans les statistiques officielles du trafic de voyageurs, le terme trafic à courte distance comprend les déplacements jusqu'à une distance de 50 km, les déplacements à une distance de plus de 50 km rentrant dans la catégorie du trafic à grande distance. Une comparaison entre les enquêtes de grande envergure concernant le trafic de voyageurs à grande distance dans les années 1975/1977 et 1982 (KONTIV) révèle que de plus en plus de déplacements typiques du trafic à courte distance sont réalisés en fait à une distance de plus de 50 km. Ceci vaut notamment pour les déplacements atypiques dans le trafic à grande distance, à savoir les déplacements de migrants journaliers, d'écoliers et pour le motif achats. En vue de délimiter le tarif typique à courte distance du trafic à grande distance il faudrait donc augmenter la distance caractéristique à 60-80 km. Pour disposer néanmoins de données suffisantes pour les planifications ultérieures, le trafic de voyageurs à grande distance a fait l'objet d'enquêtes spécifiques supplémentaires. Ce faisant il fallait tenir compte du fait que la différenciation des motifs de déplacement dans le domaine du trafic de voyageurs à grande distance revêt une importance essentielle. Les décisions en faveur d'un déplacement à grande distance sont régies, dans le cas des déplacements d'affaires et de service, par des contraintes autres que dans le cas du trafic de vacances ou des autres déplacements privés.

Dans le cas des deux derniers motifs la décision est concertée entre le voyageur concerné et le ménage, dans le cas du premier motif entre l'individu et l'entreprise ou l'autorité.

Il s'imposait par conséquent de réaliser aussi bien des enquêtes auprès des ménages comprenant un recensement de l'ensemble des déplacements à grande distance de tous les membres du ménage au cours d'une période déterminée que des enquêtes spécifiques auprès des entreprises. Ces dernières ont été réitérées après quelques années pour faire état des modifications éventuelles intervenues.

En vue de l'actualisation du plan des infrastructures fédérales de transport sur le plan des chemins de fer une étude a été lancée relative aux motifs de déplacement pour en déduire des indications concernant le volume possible du trafic induit par des nouvelles liaisons ferroviaires rapides. Cette étude n'est pas encore terminée. Mais il s'avère déjà que, à côté de la fréquence et du temps de parcours, la question de l'image de marque et du confort joue également un rôle important. Aussi apparaît-il important de ne pas considérer, de façon isolée, la seule question de l'amélioration des infrastructures mais de concevoir la planification de telle manière que le système global soit toujours considéré comme une unité et puisse être commercialisé de façon adéquate. Ce système doit être traité et introduit sur le marché comme un produit de marque. Ceci est d'une importance particulière pour les chemins de fer auxquels reste souvent attaché une image négative qui est imputable à leur situation financière.

### *Traitement des données*

Outre le recueil systématique de données il s'impose, un traitement adéquat des données pour pouvoir tirer profit de celles-ci. Les évaluations faites dans le cadre du plan des infrastructures fédérales de transport ont nettement mis en évidence qu'il ne suffit pas de considérer les seuls corridors puisqu'avec cette méthode un bon nombre d'informations ne seront pas prises en compte et que l'on risque d'obtenir des résultats erronés. Il s'impose plutôt de considérer l'ensemble du réseau, ce qui requiert l'élaboration de matrices origine-destination pour le trafic de voyageurs à grande distance.

A cette fin, a d'abord été définie une matrice de gares pour l'année 1980. A partir des grandeurs d'influence potentielle de localisation, distance à l'aéroport et à la gare Intercity les plus proches et fréquence du trafic ferroviaire à grande distance, on a défini la fréquence de déplacement par personne (subdivisée en 5 types de ménage) pour les motifs de déplacement affaires, vacances et privé dans les différentes régions cantonales. Après la multiplication par le nombre des personnes des différents types de ménage et des différentes régions cantonales on obtient les volumes du trafic origine de la population des régions cantonales en trafic intérieur. A l'aide de facteurs d'attraction en a été déduit le trafic origine-destination des régions cantonales pour les motifs de déplacement professionnel, éducation, achat, affaires, vacances et privé. L'affectation de 431 gares à 282 régions cantonales a enfin permis d'en déduire la matrice de gares 1980. Pour l'an 2000 on s'est servi d'une base analogue pour établir une prévision de statu quo pour différents motifs de déplacement.

### *Modèles prévisionnels*

Les changements des conditions d'offre entraînent, en règle générale, des modifications en ce qui concerne le volume de trafic. Pour pouvoir cerner les effets de telles mesures il faut mettre en œuvre des modèles sensibles aux mesures. Dans le passé, la mise au point de tels modèles a permis de réaliser des progrès considérables. Mais l'application de ces modèles au trafic à grande distance présente toujours des problèmes particuliers. Ceci est imputable aux états de faits de départ. Premièrement, les déplacements en trafic à grande distance sont des événements rares. Deuxièmement, ils sont caractérisés par une liberté extraordinaire du choix de l'individu en ce qui concerne l'opportunité, le type, la destination et la date du déplacement. Le trafic à courte distance, par contre, est caractérisé par des volumes énormes et des contraintes fortes. Aussi n'est-il pas étonnant de voir que le trafic à grande distance est exclu de la plupart des analyses modélisées.

Il s'avère néanmoins nécessaire de tenir compte du trafic induit par les liaisons ferroviaires rapides en tant que facteur déterminant de la rentabilité d'un projet. Pour cette raison on a choisi pour l'actualisation du plan des infrastructures fédérales de transport le procédé suivant :

Deux modèles ont été retenus :

- le modèle d'intégration
- le modèle du potentiel.

Ces deux modèles sont du type « direct demand models » qui sont caractérisés par une prévision directe de la demande pour chaque moyen de transport soit en ce qui concerne l'induction et la répartition (modèle

d'intégration) ou soit en ce qui concerne la seule répartition (modèle du potentiel).

Le modèle d'intégration offre un bon nombre d'avantages par rapport au modèle du potentiel, mais il est très exigeant en ce qui concerne les données de base, temps et coûts. Le modèle du potentiel évite ces désavantages mais ne permet, cependant pas de tenir compte de moyens de transport alternatifs ou des valeurs de saturation.

La structure des modèles est représentée aux annexes 1 à 3.

Les modèles ont été utilisés de la manière suivante : le modèle du potentiel a été appliqué pour le choix préalable des mesures d'investissement appropriées. Grâce à ses avantages concernant les délais et les coûts nécessaires, ce modèle a permis de calculer un nombre important de cas d'étude, et de faciliter de façon considérable le choix des mesures à étudier. En plus, le modèle d'intégration a été appliqué à un cas d'étude détaillé et les résultats ont été comparés avec un cas d'étude analogue calculé à l'aide du modèle du potentiel. Cette comparaison révèle une bonne concordance en ce qui concerne les grandeurs globales (pour plus de détails cf. l'annexe 4). Sur le plan régional, on constate toutefois des divergences considérables. Dans le cadre de l'évaluation du cas d'étude détaillé ces divergences peuvent être négligées. Pour l'évaluation des différents projets, cependant, il faut introduire des facteurs qui permettent d'adapter les résultats du modèle d'intégration au modèle du potentiel. Il est alors justifiable d'appliquer le modèle du potentiel à certains cas d'études isolés pour en déterminer le trafic induit. A l'heure actuelle, une appréciation définitive ne s'impose pas encore. Seule la comparaison avec les résultats des études empiriques en cours permettra de prendre une décision bien fondée.

Pour l'évaluation de la qualité des modèles il est très intéressant de les mettre en comparaison d'une part avec des données empiriques et d'autre part avec les résultats obtenus avec d'autres modèles.

Une comparaison faite avec l'enquête préalable et postérieure portant sur le TGV Paris-Lyon (8 vagues au cours d'une année) montre, pour une augmentation moyenne de 80 % en réalité, une augmentation de 79 % lors de l'application du modèle du potentiel. L'annexe 5 fait état d'une comparaison du modèle du potentiel avec le modèle prévisionnel de la SNCF portant sur le TGV Atlantique. Dans les deux cas, les écarts sont extraordinairement faibles.

Eu égard aux moyens financiers considérables à mettre en jeu il s'impose, sans doute, dans tous les domaines un développement ultérieur des modèles existants. A mon avis ceci est tout particulièrement urgent dans le domaine des transports internationaux puisque le modèle du potentiel ne permettra pas à lui seul d'effectuer des prévisions fiables, vu les facteurs d'influence supplémentaires qui apparaissent avec ce type de trafic (barrières linguistiques et autres).

**Annexe 1. Comparaison modèle d'intégration/modèle du potentiel**

	Modèle d'intégration	Modèle du potentiel
Type de modèle	direct demand model	direct demand model
Phases du modèle	Modèle global préalable (cf. annexe 2) induction, répartition	
Approche par phase	induction : approche orientée au comportement par catégorie de ménage répartition : analyse pivot-point	-  répartition : approche gravitaire par catégorie (catégorie : raccordement de différents types de villes)
Motif de déplacement	affaires, privé, vacances	somme de : affaires + privé + vacances
Grandeurs d'influence de la demande	cf. annexe 3	temps de parcours habitants par catégorie de ville pondéré avec des facteurs d'attraction
Considération de moyens de transport alternatifs	oui	non ; en partie implicitement par les catégories de ville
Elément géographique de référence	282 régions cantonales + 15 cellules étrangères ; 432 gares	101 villes choisies
Structure du réseau	réseau ferroviaire du trafic voyageurs à grande distance subdivisé selon types de transport et lignes ; différentes qualités de raccordement des cellules	réseau ferroviaire du trafic voyageurs à grande distance ; qualité de raccordement commune aux différentes cellules
Objectif	définition des inputs d'évaluation	choix des mesures d'investissement présentant un grand potentiel de demande

Source des annexes 1 à 5 :  
Etudes non publiées de INTRAPLAN Munich, réalisées à la demande du chemin de fer allemand (DB).

## Annexe 2. Modèle global



**Annexe 3. Grandeur d'influence**  
**Modèle d'intégration**

Habitants

Personnes actives

Personnes actives sans voiture particulière

Motorisation (VP/habitant)

Quote-part des personnes actives dans le secteur agriculture et forêts

Habitants dans un rayon de 50 km

Personnes actives dans un rayon de 50 km

Offre de transport ferroviaire (moyenne pondérée des trains à grande distance par région cantonale)

Nombre moyen de personnes des différents types de ménage

Potentiels de temps et de coûts par motif de déplacement et moyen de transport (rapport entre un lieu de départ et les liaisons réciproques avec l'ensemble des lieux de destination avec leur offre de transport respectif) au total 10 potentiels de temps et 3 potentiels de coûts qui ont pu être calculés à l'aide des contraintes suivantes :

- temps de trajet sur le réseau routier entre toutes les régions cantonales ;
- temps de trajet sur le réseau aérien entre toutes les régions cantonales ;
- temps de trajet sur le réseau ferroviaire entre toutes les régions cantonales ;
- coûts de transport en voiture particulière entre toutes les régions cantonales pour le motif affaires ;
- coûts de transport en voiture particulière entre toutes les régions cantonales pour tous les autres motifs ;
- coûts de transport en avion entre toutes les régions cantonales pour le motif vacances ;
- coûts de transport en avion entre toutes les régions cantonales pour tous les autres motifs ;
  
- coûts de transport en train entre toutes les régions cantonales pour le motif travail ;
- coûts de transport en train entre toutes les régions cantonales pour le motif formation ;
- coûts de transport en train entre toutes les régions cantonales pour le motif affaires ;
- coûts de transport en train entre toutes les régions cantonales pour les motifs vacances et privé ;
- habitants dans un rayon de plus de 50 km ;
- habitants dans un rayon compris entre 50 et 150 km ;
- personnes actives dans un rayon de plus de 50 km ;
- personnes actives dans un rayon compris entre 50 et 150 km.

**Annexe 4. Comparaison du modèle d'intégration avec le modèle du potentiel et le modèle du statu quo 2000**

Motifs de déplacement	Modèle d'intégration cas d'étude N1		Modèle du potentiel cas d'étude 54	Ecart 2 : 3 en %	Modèle d'intégration cas d'étude 31		Ecart 1 : 5 en %
	1	2	3		5	6	
<b>1. Volume de trafic en millions de déplacements/an</b>							
travail .....	15,2	} 142,5	} 143,8	- 0,9	13,3	} 119,9	+ 14,3
formation .....	6,2				5,1		+ 21,6
affaires .....	32,8				23,0		+ 42,6
vacances .....	23,0				19,6		+ 17,3
privé .....	86,7				77,3		+ 12,2
shopping .....	5,4				4,6		+ 17,4
somme .....	169,3				142,9		+ 18,5
<b>2. Prestation de transport en milliards de voyageurs-km/an</b>							
travail .....	0,93	} 33,55	} 34,60	- 3,0	0,77	} 27,23	+ 20,8
formation .....	0,37				0,29		+ 27,6
affaires .....	7,82				5,38		+ 45,4
vacances .....	8,73				7,44		+ 17,3
privé .....	17,00				14,41		+ 18,0
shopping .....	0,33				0,26		+ 26,9
somme .....	35,18				28,54		+ 23,3
<b>3. Distances moyennes des trajets en km</b>							
travail .....	61,2	} 235,4	} 240,6	- 2,2	57,9	} 227,1	+ 5,7
formation .....	59,7				56,9		+ 4,9
affaires .....	238,4				233,9		+ 1,9
vacances .....	379,6				379,6		0
privé .....	196,1				186,4		+ 5,2
shopping .....	61,1				56,5		+ 8,1
moyenne .....	207,8				199,7		+ 4,1
<b>4. Voyageurs-km sur la base de la distance à vol d'oiseau</b>							
N1 : distance à vol d'oiseau en km : 26,20 milliards de vkm/an.							
Des valeurs comparatives ne sont pas disponibles à ce jour.							

**Nota :**

Le cas d'étude N1 correspond pour l'essentiel au cas d'étude 54 du modèle du potentiel.

Le cas d'étude 31 correspond au statu quo 2000 compte tenu des effets qu'auront les projets de construction nouvelle et d'aménagement achevés à cette date.

**Annexe 5. Comparaison avec la prévision pour le TGV Atlantique**

Ligne	Temps avant	Temps après	Accroissement modèle SNCF	Modèle du potentiel
Paris - Le Mans.....	98	60	40 %	33 %
Paris - Nantes.....	197	130	30 %	37 %
Paris - Rennes, Brest.....	255	191	20 %	20 %
Paris - Tours.....	103	69	30 %	25 %

## Réponse de la demande à une amélioration de l'offre : l'exemple du TGV Paris – Sud-Est

---

MM. Berlioz, Vilmart, Arduin  
*Direction des Etudes, de la Planification  
et de la Recherche  
SNCF*

FRANCE

Depuis le service d'hiver 1983-84, les 390 kilomètres de ligne nouvelle entre Paris et Lyon (complétés par 25 km de raccordement vers Dijon et Bourg-en-Bresse) sont en exploitation. Les comptages de voyageurs systématiques dans les trains sont maintenant disponibles pour l'ensemble du service d'hiver, et, bien que les comportements de voyage sur l'axe Sud-Est ne soient pas nécessairement stabilisés, on peut faire une première comparaison du supplément de trafic constaté avec celui qu'indiquent les modèles de prévision utilisés par la SNCF. Ceux-ci ont été ajustés sur des coupes spatiales au début des années 70, et rien ne garantit a priori leur validité sur une coupe temporelle, résultant d'une amélioration aussi radicale de l'offre.

Leur perfectionnement nécessite une analyse relation par relation des résultats constatés. Ceux-ci ne peuvent pas être observés directement : ils doivent être reconstruits à partir de plusieurs sources : ventes de billets dans les points de vente équipés de machines à billets, enquêtes dans les trains, et comptages globaux dans les trains.

On ne dispose actuellement que d'estimations provisoires pour les quatorze relations les plus importantes de ville à ville au sens strict, à partir des ventes de billets. Celles-ci devront être confrontées avec les résultats d'enquêtes dans les trains, non encore disponibles, pour s'assurer qu'il n'y a pas de modification sensible de l'hinterland de ces gares. De plus, les ventes de billets des quelques deux cents relations concernées devront être compilées pour vérifier la cohérence de leur évolution avec celle des comptages dans les trains. Ces estimations provisoires paraissent cependant suffisamment contrastées pour tirer de premiers enseignements pour le perfectionnement futur des modèles.

### I. L'amélioration de l'offre ferroviaire sur le Sud-Est de la France

Depuis l'ouverture de la ligne nouvelle en septembre 1981, la desserte du TGV a été progressivement étendue. Au départ, une douzaine de villes ont bénéficié de relations directes en TGV. La plus importante, Lyon, a été dotée

d'un service presque cadencé à l'heure, comportant, les jours ordinaires, 13 aller et retour avec Paris, pour un temps de voyage réduit de 3 h 50 à 2 h 50. En mai 1982, la desserte du Midi de la France a été amorcée avec des TGV directs pour Marseille, Montpellier et les grandes villes de la vallée du Rhône, puis renforcée au service d'hiver 1982-1983. En septembre 1983, la mise en service du tronçon nord de la ligne nouvelle s'est traduite par des gains de temps supplémentaires de 50 minutes sur le trajet de Paris à Lyon. En janvier 1984, Lausanne a été desservie à son tour (fig. 1).

Ainsi, le temps de parcours le plus rapide entre Paris et Lyon a été ramené de 3 h 50 à 2 h, entre Paris et Marseille, de 6 h 40 à 4 h 52, entre Paris et Dijon de 2 h 20 à 1 h 36, et entre Paris et Genève de 5 h 45 à 3 h 30 (fig. 2). Corrélativement, certaines relations ont bénéficié de fréquences renforcées : 18 allers et retours entre Paris et Lyon au lieu de 10 en 1980, 9 allers et retours entre Paris et Marseille au lieu de 6.

Le service d'hiver 1984-1985 actuel comporte la desserte directe en TGV de Toulon et la relation Lille-Lyon, auxquelles viendra s'ajouter celle de Grenoble au printemps 1985 après l'électrification de la ligne Lyon-Grenoble.

La desserte en TGV est offerte sans augmentation des tarifs puisque le prix du billet de gare à gare n'a pas été modifié et que les suppléments appliqués à certaines périodes compensent les suppléments perçus antérieurement pour les trains rapides et les places couchées. En 1983, 29 % des voyageurs des TGV ont acquitté un supplément. Les tarifs du TGV sont très compétitifs : le TGV en 2<sup>e</sup> classe est le transport le moins cher pour une personne seule ou un couple ; en 1<sup>re</sup> classe, le TGV est nettement plus économique que le tarif de base de l'avion (fig. 3 et 4).

## II. Résultats d'ensemble

**Evolution du trafic commercial Paris-Sud-Est**  
(en millions de voyageurs)

	Octobre 80 à mai 81	Octobre 81 à mai 82	Octobre 82 à mai 83	Octobre 83 à mai 84
Trafic en trains classiques (1) .....	8,0	6,0	4,6	3,4
Trafic en TGV .....	-	3,2	5,3	8,5
Trafic ferroviaire total .....	8,0	9,2	9,9	11,9
Trafic de référence .....	8,0	8,0	8,0	8,2
Effet du TGV .....	-	+ 15 %	+ 24 %	+ 45 %

(1) Non compris les voyageurs des relations Paris - Clermont-Ferrand et Paris - Laroche - Dijon/Auxerre.

L'évolution du trafic ferroviaire peut s'analyser, toutes relations confondues, à l'aide du tableau ci-dessus qui indique les trafics, exprimés en millions de voyageurs, des périodes d'octobre à mai avant et après l'exploitation du TGV. Son effet doit s'apprécier par rapport à une situation de référence correspondant à l'évolution du trafic qu'on aurait vraisemblablement observée

en son absence. Le modèle global, utilisé pour les prévisions de trafic nationales de la SNCF, en ajustant sur le passé un trend spécifique au Sud-Est, conduit à une croissance cumulée de 1980 à 1983 de l'ordre de 2 %. Cette estimation est malheureusement confirmée par l'évolution du trafic sur d'autres radiales du réseau SNCF non affectées par le TGV.

Au total, dès le service d'hiver 1983-1984, la mise en œuvre du TGV est responsable d'un accroissement du nombre de voyageurs de l'ordre de 45 % par rapport à une situation « au fil de l'eau » sans TGV. Après l'étape de la mise en service de la desserte directe de Grenoble qui marquera l'achèvement du programme conçu dès l'origine, l'effet TGV se traduira vraisemblablement par un accroissement relatif du trafic Sud-Est supérieur à 50 %, comme le montrent les résultats du premier semestre 1984 :

**Evolution du trafic commercial Paris-Sud-Est**  
(en millions de voyageurs)

	1 <sup>er</sup> semestre 1981	1 <sup>er</sup> semestre 1982	1 <sup>er</sup> semestre 1983	1 <sup>er</sup> semestre 1984
Trafic en trains classiques.....	6,1	4,6	3,7	2,6
Trafic en TGV.....	—	2,6	4,0	6,8
Trafic ferroviaire total.....	6,1	7,2	7,7	9,4
Trafic de référence.....	6,1	6,0	6,1	6,2
Effet du TGV.....	—	+ 20 %	+ 26 %	+ 52 %

L'évolution du trafic en TGV met parfaitement en relief ce caractère transitoire de la période qui s'achève ; elle est marquée par une progression rapide puisque, par rapport au dernier trimestre de 1981, le trafic croît jusqu'à un niveau trois fois supérieur (fig. 5).

Le trafic aérien, pour les périodes d'octobre à mai de 1980/1981 à 1983/1984, entre Paris et les aéroports de Lyon, St-Etienne, Grenoble et Valence a baissé de plus de 30 %, alors que pendant la même période, il augmentait entre Paris et Strasbourg de 45 %. Entre Paris et les aéroports de Marseille, Montpellier, Nîmes et Toulon, on remarque une nette inflexion de la croissance, qui reste limitée à 27 %, alors qu'entre Paris et Toulouse, elle atteint 47 % (fig. 6).

En 1984, on peut estimer à 2 000 000 de passagers le « manque à transporter » des liaisons aériennes du Sud-Est dû au TGV. Ce trafic détourné est calculé à partir des résultats connus de 1984, en faisant l'hypothèse qu'en l'absence de ligne nouvelle, le trafic aérien concerné par le TGV aurait évolué comme les autres relations radiales comparables : Strasbourg, Toulouse, Bordeaux, soit une croissance de 42 % par rapport à 1981.

### III. Description des modèles économétriques

#### A. Principes

La création de la ligne nouvelle et la mise en service du TGV entraînent pour le train :

- un report de trafic aérien ;
- un report de trafic routier ;
- une induction de trafic nouveau soit par accroissement des déplacements des voyageurs, soit par apparition de types nouveaux de déplacements.

Les relations de zone à zone sont séparées en deux catégories, selon que la concurrence aérienne s'y exerce ou non.

Sur les secondes, sont estimés simultanément le report routier et l'induction de trafic. Cette démarche a été adoptée en raison de l'incertitude sur les origines-destinations du trafic routier.

Sur les premières, on estime en outre le report du trafic aérien sur le chemin de fer, puis l'induction sur ce trafic détourné de l'avion.

#### B. La prise en compte des effets d'induction

L'augmentation de trafic est reliée à la variation de l'offre ferroviaire synthétisée par un paramètre unique, homogène à un coût généralisé.

Le coût généralisé  $C_g$  est une fonction du prix moyen, des temps de trajets principaux et terminaux, des fréquences et des changements éventuels de trains.

Pour chaque relation  $i$ , le trafic  $T$  est supposé suivre une loi à élasticité constante  $\gamma$  :

$$\frac{\Delta T_i}{T_i} = - \gamma \frac{\Delta C_{g_i}}{C_{g_i}}$$

Les valeurs de  $\gamma$  retenues étaient de 2, en 2<sup>e</sup> classe et de 1,65 en 1<sup>re</sup> classe : ces estimations résultent d'ajustements sur une coupe géographique avec l'hypothèse complémentaire d'une attraction de type gravitaire entre Paris et les villes de l'échantillon, de population  $P$  :

$$T_i = K_i \frac{P_i^\alpha}{C_{g_i}^\gamma}$$

Les mêmes ajustements donnent l'estimation du coefficient du temps de trajet dans le coût généralisé, homogène à une valeur du temps, de 58,6 F/h en 1<sup>re</sup> classe et de 23,4 F/h en 2<sup>e</sup> classe en 1980.

Une partie du trafic de nuit se reporte sur les TGV. Pour estimer ce transfert, on utilise des courbes par classes donnant le pourcentage de trafic de nuit en fonction du temps de trajet ferroviaire, établies à partir d'enquêtes. L'induction sur le trafic reporté de la nuit sur les TGV est calculée avec le modèle à coûts généralisés, supposant qu'en moyenne, le gain de temps ressenti est deux fois plus faible que pour les voyageurs de jour.

### *C. Répartition modale train 1<sup>re</sup> classe/avion*

Pour estimer cette répartition, un modèle « prix-temps » est utilisé. L'idée de base consiste dans l'hypothèse que le choix d'un voyageur entre deux modes s'effectue en fonction de la valeur qu'il attribue à son temps, et des caractéristiques de coût et de temps de transport de chacun des modes. L'usager choisit le mode dont le coût généralisé, somme du prix de transport et du temps de trajet (y compris les temps terminaux) multiplié par la valeur du temps du voyageur, est le plus faible.

Sur une relation donnée, il existe une valeur du temps telle que le coût généralisé de l'avion soit égal à celui du train, qui est appelée valeur d'indifférence du temps sur la liaison. Les voyageurs dont la valeur du temps est supérieure à celle-ci choisissent l'avion, les autres le train.

Si on suppose que la population des voyages sur une liaison est caractérisée par une certaine distribution de la valeur du temps, il est alors facile d'en déduire la proportion d'usagers dans l'un ou l'autre mode.

Il a été retenu l'hypothèse selon laquelle la distribution des valeurs du temps est de même type que la distribution des revenus dans la population, et suit une loi log-normale, d'écart-type  $\sigma$  et de médiane  $m$ .

L'ajustement du modèle consiste à calibrer les paramètres  $\sigma$  et  $m$  précédents sur un certain nombre de relations au départ de Paris. Ces calibrages ont permis de déterminer l'écart-type (1,25) et de montrer que sa stabilité dans le temps était statistiquement vérifiée. Il apparaît aussi qu'après une évolution rapide dans les années 1960 correspondant au développement des transports aériens intérieurs, la médiane des valeurs du temps augmente en valeur constante comme la consommation des ménages par habitant en volume (122 F/h en 1980).

Le modèle est utilisé pour les prévisions dans les deux cas suivants : réalisation ou non de la ligne nouvelle. En situation sans ligne nouvelle, il est possible, connaissant l'évolution des conditions de transport de l'avion et du fer (prix et temps) jusqu'à l'horizon choisi, de calculer les valeurs d'indifférence et d'en déduire la répartition entre le train et l'avion. De même, avec la ligne nouvelle, on peut estimer le nouvel équilibre du trafic.

L'induction sur le trafic reporté de l'avion est déterminée, pour chaque tranche de valeur du temps, à l'aide du modèle à coût généralisé.

### **IV. Analyse des résultats sur un échantillon de relations**

Pour l'ensemble des relations radiales concernées par le TGV Sud-Est, les modèles indiquent un accroissement du trafic des voyageurs de 37 % entre l'hiver 1983/1984 et la situation de référence. Cet accroissement relatif se situe à un niveau sensiblement inférieur à la réalité constatée : 45 %.

Pour les trafics détaillés par origine-destination, on ne dispose actuellement que d'estimations provisoires pour quatorze relations radiales de ville à ville au sens strict, représentant un peu plus de 40 % du trafic de l'axe avant TGV. Celles-ci ont été établies à partir des ventes de billets et devront être confrontées avec les résultats d'enquêtes dans les trains, non encore disponibles, pour s'assurer qu'il n'y a pas de modification sensible de

l'hinterland de ces gares. Les ventes de billets des quelques deux cents relations concernées par le TGV devront être compilées pour vérifier la cohérence de leur évolution avec celle des comptages dans les trains.

Sous les réserves précédentes, le trafic a été multiplié par un facteur 2,4 sur Paris-Lyon, 1,4 sur Paris-Marseille, 1,2 sur Paris-Dijon et 1,6 sur Paris-Chambéry. Pour l'ensemble des quatorze relations, le facteur multiplicatif est de 1,8 sensiblement plus élevé que celui donné par les modèles : 1,6 (fig. 7).

Ces résultats provisoires ont été examinés en utilisant les techniques d'analyse multivariée. Les données étudiées se présentent sous la forme d'un tableau dont les lignes représentent les relations et les colonnes les variables caractéristiques choisies : distance de la ville desservie, population de l'agglomération, part de la 1<sup>re</sup> classe, prix ferroviaires et aériens. Les trafics du chemin de fer et de l'avion, ainsi que l'offre ferroviaire (temps de trajet, nombre d'aller et retour, ruptures de charge) sont introduits en valeur absolue pour le service d'hiver 1980/1981 et en valeur relative par leur rapport entre le service d'hiver 1983/1984 et 1980/1981.

L'analyse en composantes principales montre que les deux premiers axes factoriels expliquent plus de 60 % de l'inertie (fig. 8). Le premier axe factoriel est lié aux variables distance, temps de parcours et prix du voyage d'une part, et proportion de voyages en 1<sup>re</sup> classe d'autre part. Il correspond à la notion de coût généralisé du transport. Le second axe, indépendant du premier par construction, est lié aux trafics ferroviaires et à la population.

L'examen de la position des points représentant les variables fréquence et changement de trains montre leur rôle particulier, distinct du prix et du temps dans le coût généralisé.

Les deux variables variations du trafic aérien et ferroviaire, situées au centre, ne sont influencées par aucun des axes en particulier. On peut en conclure que toutes les relations de l'échantillon sont concernées par l'ensemble des variables utilisées dans les modèles, dont la structure générale est ainsi confortée.

Une analyse factorielle discriminante conduite sur le même tableau de données explique l'appartenance des relations à trois groupes, chacun étant constitué par les liaisons présentant un écart relatif homogène entre le trafic supplémentaire prévu par les modèles et le trafic constaté (fig. 9). Le premier groupe contient les relations dont l'écart est le plus faible, le second celles dont l'écart est moyen et le troisième celles dont l'écart est le plus important. Pour les relations de l'échantillon, les modèles ont sous-estimé le trafic supplémentaire.

Les résultats de l'analyse montrent que les trois groupes sont disjoints sur l'ensemble des variables retenues. Les variables les plus discriminantes pour l'appartenance à un groupe plutôt qu'à un autre sont le niveau du trafic et l'amélioration de l'offre ferroviaire (temps moyen, fréquence, nombre de changements). Une relation dont le trafic est moyen, ou l'amélioration de l'offre moins marquée, sera classée dans les deuxième ou troisième groupes, où la prévision des modèles est moins bonne.

Ces analyses ont été menées sur un nombre réduit de relations avec des résultats provisoires, et devront être confortées par l'étude d'autres liaisons. Le choix des variables d'offre semble satisfaisant. L'influence du niveau du

trafic ferroviaire dans la qualité de la prévision correspond sans doute à des variations dans la structure des motifs de voyages suivant les relations. Il serait intéressant également d'essayer de fonder le modèle prix-temps sur des données par motifs, la concurrence aérienne étant maintenant largement étendue à la 2<sup>e</sup> classe.

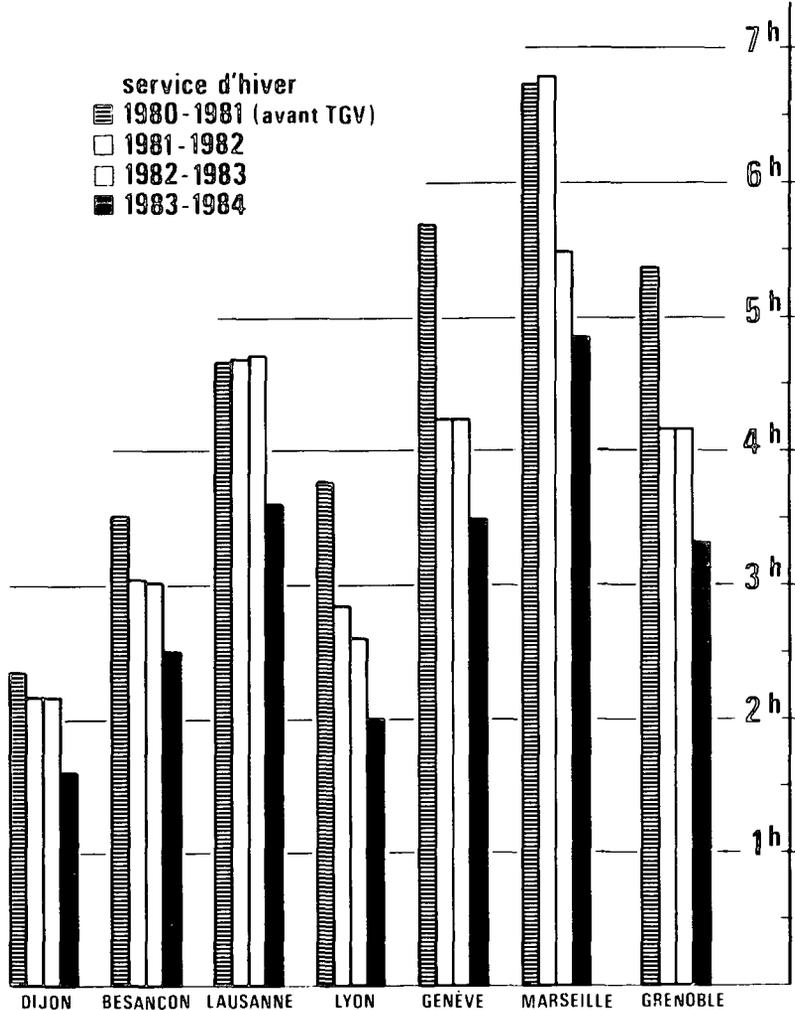
Lorsque l'amélioration de l'offre au chemin de fer est moins importante, une proportion non négligeable de trains classiques subsistent à côté des TGV. Le choix de la pondération uniforme entre les trains classiques et les TGV pour déterminer l'offre ferroviaire est une hypothèse assez forte qui peut expliquer les moins bons résultats des modèles.

## **Conclusion**

Les résultats observés au cours des huit premiers mois d'exploitation complète de la ligne à grande vitesse font apparaître un accroissement de 45 % par rapport au trafic de référence. Ils sont sensiblement meilleurs que ceux attendus des modèles de prévision : 37 %.

Une première analyse, sur les résultats provisoires de quatorze relations, semble conforter les principes de base retenus pour la modélisation : traitement spécifique de la concurrence aérienne, et utilisation d'un indicateur composite de l'évolution de l'offre, sous forme d'un coût généralisé. Les perfectionnements suggérés par cette première analyse portent d'une part sur la prise en compte des motifs de voyage, notamment pour la concurrence aérienne qui ne se limite plus à la 1<sup>re</sup> classe ferroviaire, et d'autre part sur l'amélioration de la pondération entre trains classiques et TGV, pour caractériser l'offre d'une relation à desserte mixte.

**TGV SUD-EST**  
**ÉVOLUTION DES MEILLEURS TEMPS DE PARCOURS**  
**AU DÉPART DE PARIS**



# TGV SUD-EST

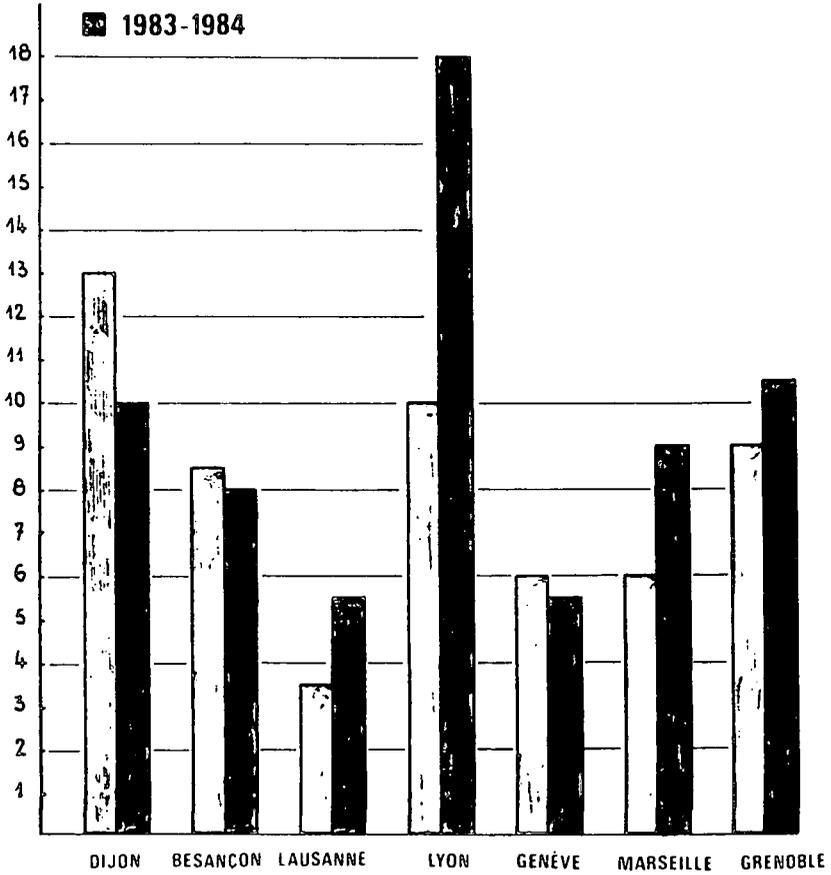
NOMBRE D'ALLER ET RETOUR MOYEN

DEPART ET ARRIVEE PARIS

service d'hiver

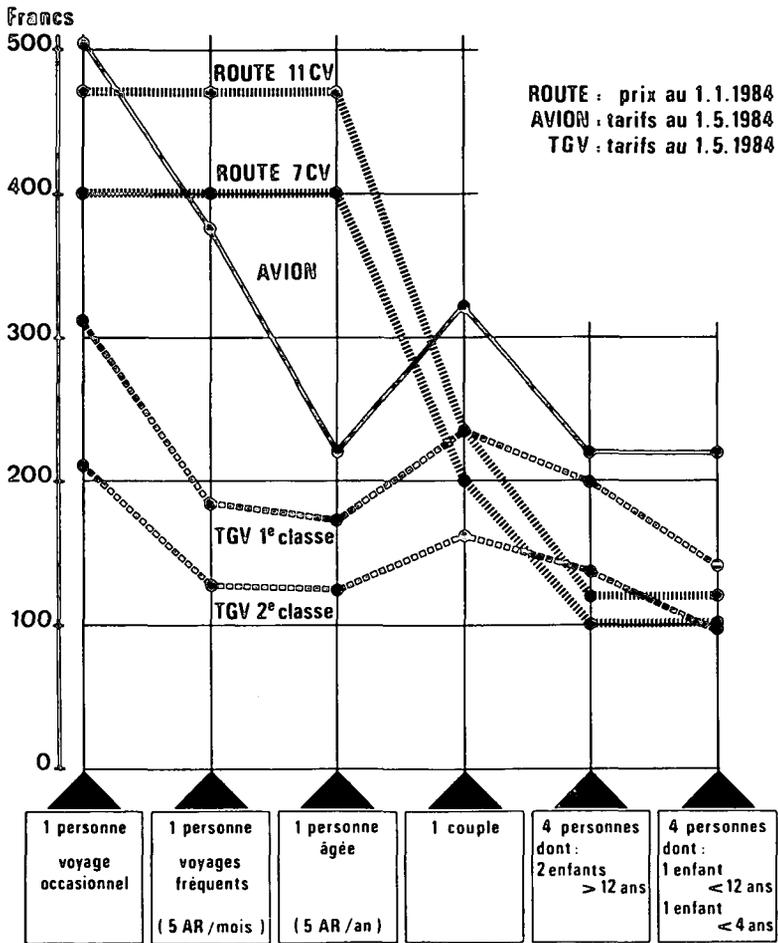
□ 1980-1981 (avant TGV)

■ 1983-1984



## PARIS-LYON

### TARIFS DE TRANSPORT PAR PERSONNE selon la taille du groupe et le mode de transport



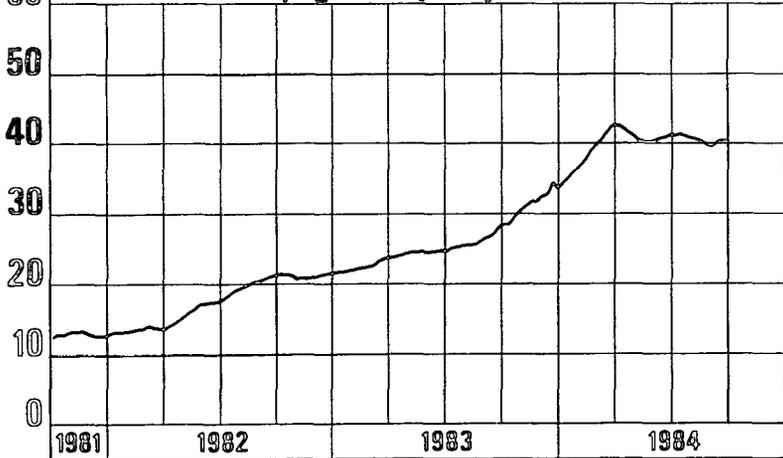
TARIFS DE TRANSPORT PAR PERSONNE

sur quelques relations du SUD-EST  
selon le mode de transport

RELATIONS	FER 1ère cl TGV		FER 2ème cl TGV		AVION (classe y)	AUTOMOBILE	
	Trains sans supplément	Trains avec supplément	Trains sans supplément	Trains avec supplément		7 CV	11 CV
PARIS - LYON	311	376	211	250	504	399	470
PARIS - MONTPELLIER	498	576	335	387	633	670	786
PARIS - MARSEILLE	509	587	343	395	657	685	806
PARIS - GENEVE	373	438	252	291	1020	446	526

ÉVOLUTION DU TRAFIC TGV

60 millions de voyageurs par jour



## ÉVOLUTION DU TRAFIC AÉRIEN INTÉRIEUR DES RADIALES DU SUD - EST

base 100 : octobre 1980 à mai 1981

Zone A: Lyon

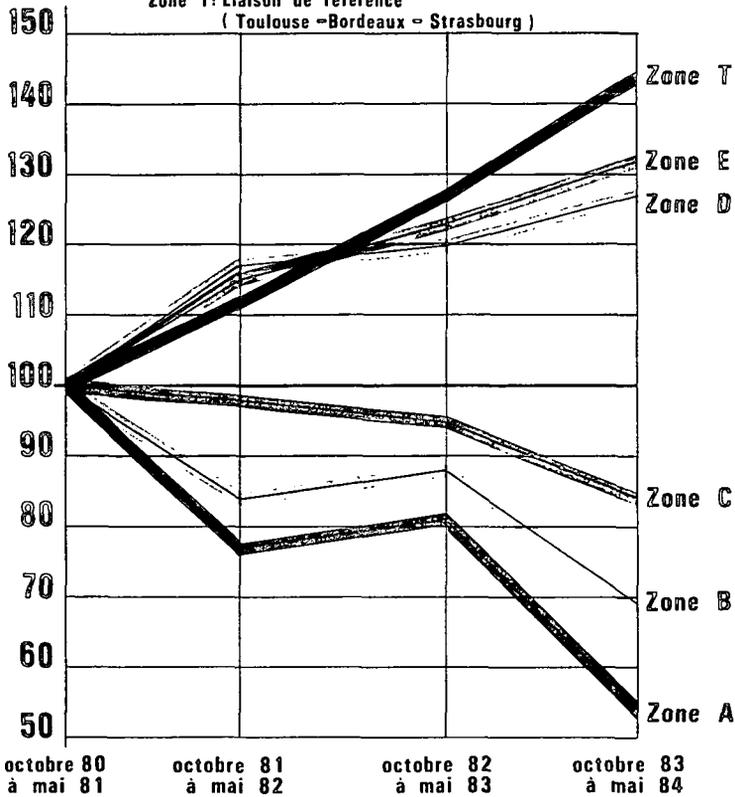
Zone B: Région Rhône - Alpes  
( à l'exclusion de la Savoie )

Zone C: Suisse + Savoie

Zone D: Midi jusque Montpellier et Toulon

Zone E: Zones situées au-delà de Toulon vers l'Est  
et au delà de Montpellier vers l'Ouest

Zone T: Liaison de référence  
( Toulouse - Bordeaux - Strasbourg )



Source : Aéroport de Paris

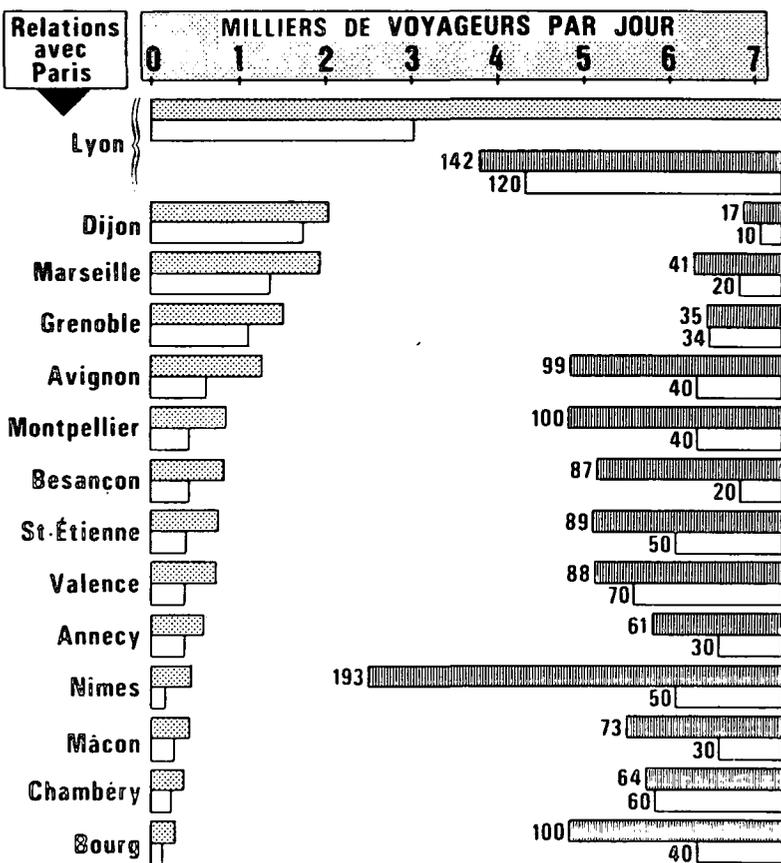
## ACCROISSEMENT DES TRAFICS IMPUTABLES AU TGV DURANT LA PÉRIODE OCTOBRE 1983 - MAI 1984 ENTRE PARIS ET LES VILLES DU SUD - EST

OCTOBRE 1983 à MAI 1984

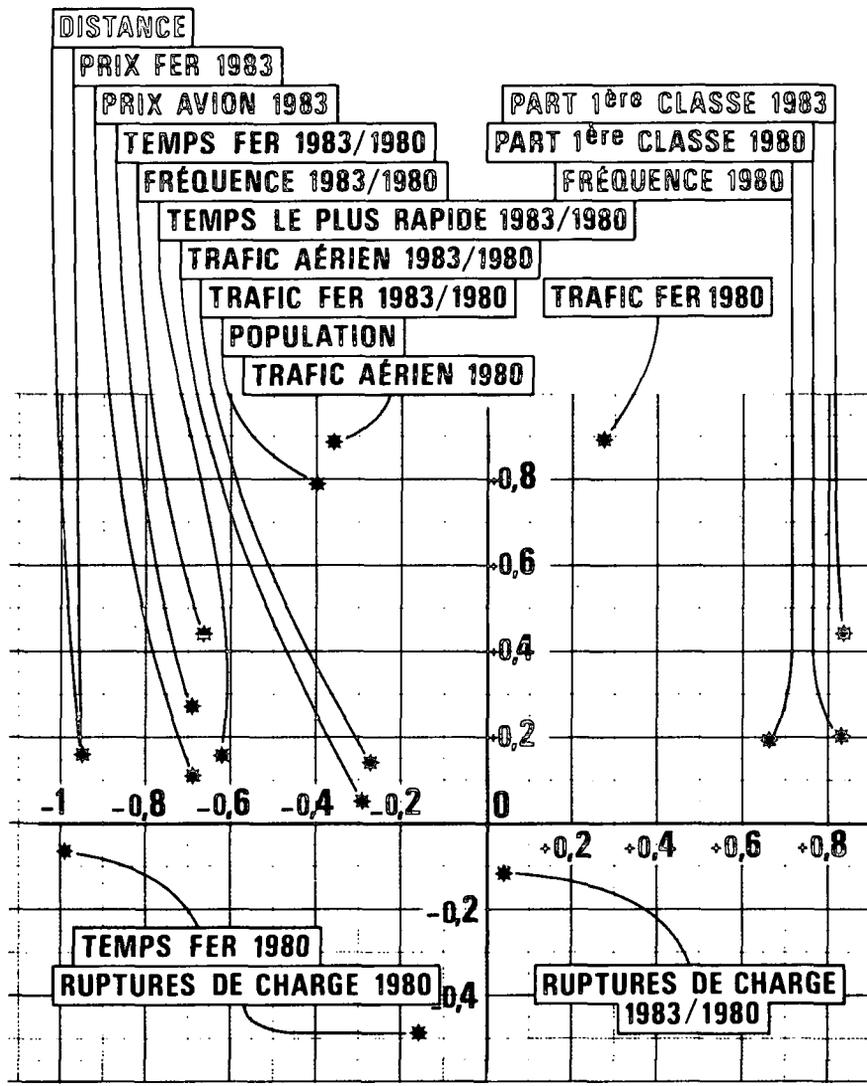
ACCROISSEMENT DE TRAFIC (en%)

OCTOBRE 1980 à MAI 1981

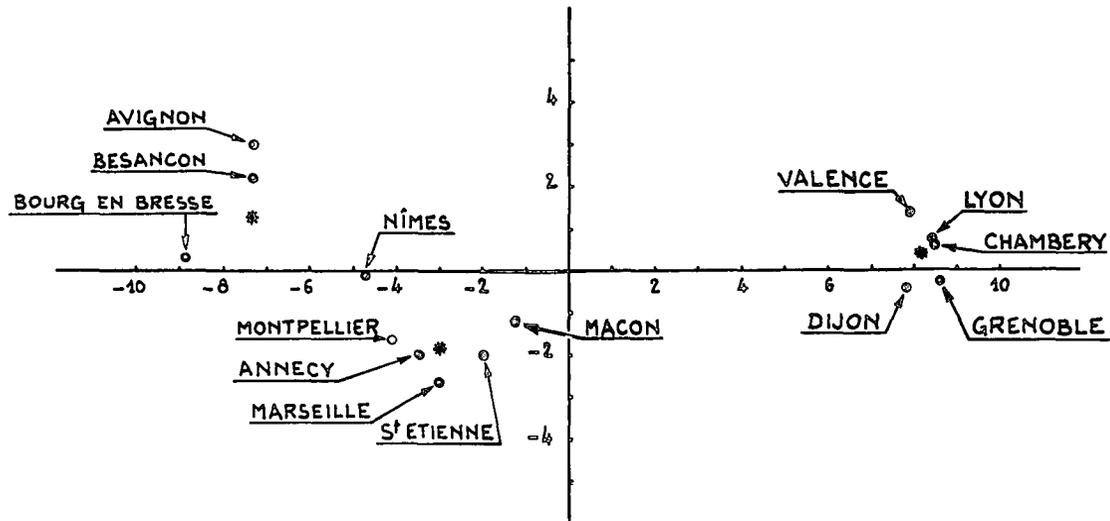
PRÉVISIONS DES MODÈLES (en%)



# ANALYSES EN COMPOSANTES PRINCIPALES



# ANALYSE FACTORIELLE DISCRIMINANTE



**Modélisation des déplacements à longue distance  
aux Pays-Bas**  
**Développement et application**  
**à une ligne nouvelle de chemin de fer**

---

M. Baanders  
*Ministère des Transports  
et Travaux Publics, La Haye*  
MM. Ashley, Richards  
*The MVA Consultancy, Londres*

PAYS-BAS

ROYAUME-UNI

### Introduction

Il n'existe que peu de modèles pour la prévision de la demande de voyageurs, qui prêtent une attention spécifique aux déplacements à longue distance. Néanmoins, sur les axes principaux ferroviaires la part des déplacements de plus de 40 km, par exemple, est importante. Le comportement et les caractéristiques de ces voyageurs diffèrent nettement de ce que l'on trouve dans les déplacements plus courts (à l'intérieur des régions ou des agglomérations, par exemple). C'est pourquoi il importe d'utiliser des modèles qui tiennent compte des spécificités des voyages à longue distance dans la planification de ce genre d'infrastructures.

La présente communication décrit un modèle pour la prévision de voyages à plus de 40 km, qui est actuellement développé aux Pays-Bas. Ce modèle servira surtout à l'évaluation de nouvelles lignes de chemin de fer. Afin de situer ces travaux dans le contexte des grandes vitesses ferroviaires, on commencera par décrire la politique gouvernementale en matière de lignes à grande vitesse, et les raisons qui ont conduit à développer un modèle spécifiquement pour les voyages longs. Puis, on discutera brièvement la structure peu habituelle de ce modèle : l'idée du « modèle marginal » et les méthodes désagrégées de segmentation. Utilisant le motif « affaires » comme exemple, certains détails de cette structure seront décrits ensuite. Le modèle sera appliqué premièrement dans le cadre de l'évaluation de la Ligne de la Zuyderzee, une éventuelle ligne de chemin de fer d'Amsterdam à Groningue. Cette évaluation inclura des variantes à grande vitesse.

### **I. La politique gouvernementale relative aux lignes à grande vitesse**

La politique du gouvernement des Pays-Bas en matière d'infrastructure ferroviaire et routière est indiquée dans le schéma directeur des transports (SVV : Structuurschema Verkeer en Vervoer) de mai 1981. Ce document indique quelques lignes de chemin de fer éventuelles à grande vitesse (plus de 160 km/h). Le gouvernement estime qu'il est important, dans le cas où

un réseau de lignes à grande vitesse se développe dans l'Europe de l'Ouest, que les Pays-Bas soient connectés à ce réseau. C'est pourquoi la politique consiste à réserver la possibilité de construire des lignes à grande vitesse sur deux axes, après 1990. Ces deux axes sont :

- Amsterdam-Rotterdam-frontière belge et au-delà ;
- Amsterdam-Rotterdam-Utrecht-frontière allemande et au-delà.

Ils sont indiqués dans la figure 1.

La figure 1 montre aussi une ligne nouvelle Amsterdam-Lelystad-Groningue à travers les nouveaux polders, nommée Ligne de la Zuyderzee. Cette ligne est conçue au départ comme une ligne à vitesse normale (maximum 160 km/h), mais le SVV mentionne la possibilité d'en faire une ligne à grande vitesse. Ainsi, si un réseau de lignes à grande vitesse se développe, cette ligne pourra éventuellement en faire partie. La construction éventuelle de cette ligne est également prévue pour la période après 1990. Une étude de faisabilité est en cours actuellement.

### **III. Le contexte de la modélisation des voyages à longue distance**

A la fin des années 60 on a commencé aux Pays-Bas à faire des prévisions sur la demande des voyageurs au niveau national, avec pour but la planification des autoroutes et des chemins de fer principaux. A l'origine on utilisa des modèles qui étaient fondés sur le comportement des voyageurs tel qu'on le connaissait des recherches urbaines et régionales. Ils avaient la même structure que les modèles des études régionales et urbaines. Pour le trafic des voitures particulières, les résultats furent encore convenables, mais pour les voyages par train les résultats furent considérés comme inacceptables.

Ces problèmes s'expliquent quand on considère que le transport sur les lignes ferroviaires principales se compose en grande partie de trajets relativement longs, dont les caractéristiques diffèrent nettement de celles des voyages à courte distance. Quelques chiffres sur la mobilité aux Pays-Bas servent comme illustration. Seulement 5 % de l'ensemble des déplacements ont une longueur supérieure à 40 km. Dans les agglomérations ce chiffre est encore inférieur. C'est pourquoi la méthode de recensement la plus commune, l'enquête-ménages, n'enregistre guère ce type de déplacements. Pourtant, ces 5 % de déplacements produisent 40 % des voyageurs-kilomètres, ce qui montre clairement que les déplacements à plus de 40 km sont importants dans la mobilité totale aux Pays-Bas. Il y a des points sur les principales lignes ferroviaires (et aussi sur certaines sections d'autoroute) où plus de 70 % des déplacements ont une longueur de plus de 40 km. La composition selon les motifs et selon les caractéristiques des voyageurs contraste fortement avec ce que l'on trouve au niveau régional ou au niveau des agglomérations.

C'est pour ces raisons que le ministère des Transports et des Travaux Publics commença, au milieu des années 70, d'étudier les déplacements à longue distance plus en profondeur, fixant la limite plus ou moins arbitrairement à 40 km. Le besoin de modèles tenant compte du caractère spécifique de ce type de voyage, se faisait surtout sentir pour les problèmes de la planification du réseau principal des chemins de fer. La première tentative fut l'inclusion de quelques questions dans une enquête omnibus, qui permit

un nombre suffisant d'observations, d'une manière peu coûteuse. Mais la qualité des réponses s'avéra décevante et une analyse acceptable fut impossible.

Alors le ministère décida d'avantager les idées nouvelles en chargeant trois instituts de recherche en concurrence, de faire une étude préliminaire du problème. Les propositions d'un des trois, The MVA Consultancy, furent retenues pour être élaborées. On proposa entre autres, avant de définir la structure du modèle, de faire quelques recherches sociales pour approfondir la connaissance du phénomène voyage à longue distance. Ce fut la première phase de l'étude de longues distances, qui conduisit à des propositions pour une structure du modèle. Cette structure est fondée sur les meilleures techniques désagrégées disponibles, mais les différentes parties sont interconnectées de manière très flexible et peu habituelle.

Les résultats de cette première phase furent discutés en 1981 à un colloque international de spécialistes invités à cette fin par le ministère. Entre autres, suite à ces débats, on décida de poursuivre les travaux avec la deuxième phase.

La deuxième phase comporte la construction du modèle proprement dit et, en outre, une première application, pour l'étude de faisabilité de la Ligne de la Zuyderzee déjà mentionnée. La construction du modèle sera terminée au début de 1985. Puis l'application suivra, incluant l'évaluation de variantes avec 160, 200 et 260 km/h.

L'application à d'autres projets n'a pas encore été décidée. Pour chaque application quelques adaptations seront nécessaires. Par exemple, pour les deux lignes à grande vitesse mentionnées dans le paragraphe précédent, on devrait tenir compte du caractère spécifique du transport de voyageurs international. Une réflexion sur l'« effet de nez », c'est-à-dire l'attractivité spéciale des rames à grande vitesse sera peut-être nécessaire aussi.

### **III. Le choix de la méthode de modélisation**

Comme déjà indiqué, la plupart des méthodes de prévision interurbaine sont fondées sur leurs semblables urbaines. Nous ne connaissons que peu de recherches spécifiques dans le domaine interurbain ou à longue distance. Les problèmes d'utilisation des méthodes classiques agrégées dans le contexte interurbain sont illustrés par l'expérience du modèle régional de circulation routière (Regional Highway Traffic Model) au Royaume-Uni (1), qui a été abandonné après les tentatives infructueuses de calibrer le modèle de distribution. Dans d'autres cas, des modèles de demandes directes ont été estimés pour des corridors spécifiques, mais des doutes sérieux persistent quant à la fiabilité de leur élasticité, lorsque ces modèles sont fondés sur des données de coupe instantanée. En effet, les modèles agrégés sont en général incapable de produire la sensibilité aux changements du niveau de service (temps de rabattement ou de correspondance, par exemple) souhaitable pour les chemins de fer. Par contre, des modèles désagrégés de choix modal ont eu quelques succès, aussi bien au niveau urbain qu'interurbain,

---

(1) Forecasting traffic on trunk roads : A report on the Regional Highway Traffic Model, Standing Advisory Committee on Trunk Road Assessment, HMSO, Londres, décembre 1979.

quoique leur extension aux modèles de mobilité et de distribution reste peu développée.

En l'absence de succès préalables dans le domaine des modèles nationaux, et après les échecs d'autres tentatives, il fut décidé de ne pas suivre l'approche classique qui consistait à synthétiser l'ensemble des voyages. Par contre, une structure marginale a été choisie pour le modèle, dans laquelle on pronostique seulement les changements (par rapport à une situation de base mesurée avec des enquêtes et des comptages) résultant d'améliorations d'infrastructures ou de dessertes et de redistributions des habitants et des emplois entre les zones.

Le fondement de la structure du modèle est une segmentation qui distingue les personnes qui font des voyages longs de celles qui n'en font pas, et séparant ensuite le premier groupe en celles qui sont sensibles aux changements dans le système des transports, et celles qui ne le sont pas. En principe, il faut des modèles mathématiques seulement pour les segments sensibles ou élastiques.

On verra que dans certains cas il ne s'agit là que d'une petite part des voyageurs.

#### **IV. La collecte des données**

Selon les recommandations pour la première phase un programme de recherche sociale a servi à approfondir les connaissances dans ce domaine. Quelques 200 interviews ont été conduits avec des personnes qui avaient fait récemment un long voyage. Ces personnes avaient été trouvées au moyen d'une enquête téléphonique préliminaire, et l'interview portait sur tous les déplacements longs de l'année précédente.

Ensuite nous avons tenu, en automne 1982, une série d'enquêtes de cordon dans le corridor de l'éventuelle Ligne de la Zuyderzee, pour obtenir à la fois les flux de l'année de base et les données pour l'estimation du modèle. Plus tard, au printemps 1983, nous avons enquêté dans deux autres corridors aux Pays-Bas, afin que l'ensemble des données pour l'estimation comprenne des échantillons de voyages à partir de la plupart des 20 villes principales du pays.

Des voyageurs en train et en voiture ont été interceptés dans les trois corridors ; les uns par des enquêteurs dans les trains qui distribuaient puis ramassaient des questionnaires, les autres par l'enregistrement des immatriculations, suivi par des enquêtes envoyées aux adresses des propriétaires des voitures. Dans les deux cas une deuxième vague postale comportait des questions plus approfondies. Une méthode semblable à celle pour les trains a été utilisée pour les lignes d'autocar à vocation de longue distance dans le corridor de la Ligne de la Zuyderzee.

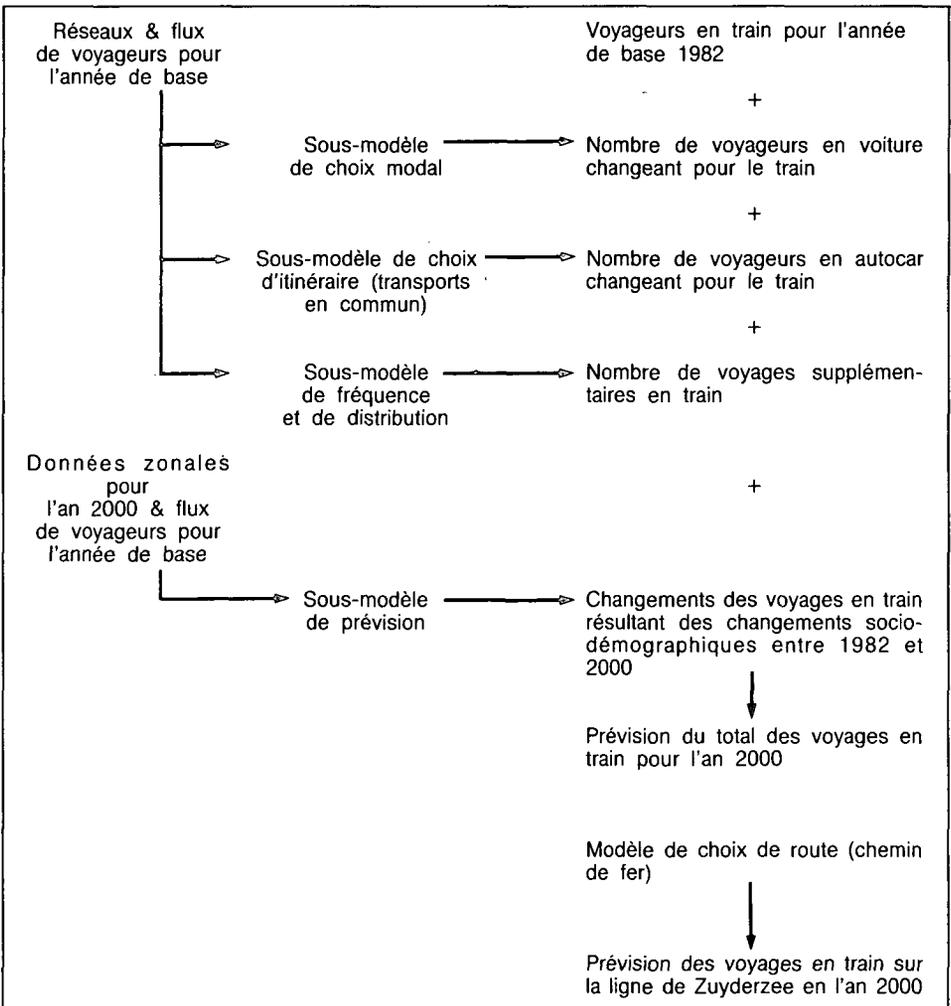
En tout, 12 400 questionnaires comportant 20 000 voyages ont été obtenus, chaque questionnaire donnant de l'information sur la personne et son ménage, sur le déplacement observé et sur ce même déplacement par mode alternatif.

La description des flux dans l'année de base a été dérivée de ces enquêtes. Cette description, la base de données 1982, contient toutes les informations des enquêtes et comporte aussi des facteurs de correction pour l'échantillonnage et les biais.

### V. La structure du modèle

Une illustration de la structure du modèle marginal est donnée par le schéma de la figure 2, qui indique comment les prévisions des voyages dans le corridor de la Ligne de la Zuiderzee seront produites. Le modèle fonctionne en modifiant les flux par chemin de fer de la base de données 1982 selon les prévisions d'un ensemble de sous-modèles, jusqu'à ce qu'il représente les flux prévus pour l'année 2000. Ensuite, un algorithme de choix de route détermine la part des flux qui utilisera la ligne nouvelle.

**Figure 2. Schéma du fonctionnement du modèle marginal dans l'application pour la ligne de la Zuiderzee**



Il y a quatre stades dans ce processus de modification. Dans le premier, l'augmentation des voyages par train due au changement de mode des automobilistes est calculée par un sous-modèle de choix modal. Pour les utilisateurs des autocars, dans le deuxième stade, le calcul provient plus simplement d'un algorithme de choix de route. Les réductions des temps de voyage par train causeront probablement une croissance de la mobilité totale ; cette croissance est calculée, dans le troisième stade, par les sous-modèles de fréquence (génération) et de choix de destination (distribution). Enfin, dans le quatrième stade, les effets de changements socio-démographiques tel que la diminution du nombre d'habitants dans les zones d'influence des gares et la croissance du taux de motorisation, sont calculés par le sous-modèle de prévision.

Chaque stade fonctionne sur un niveau désagrégé, les procédures de prévision étant très similaires aux techniques d'énumération d'échantillons. Le principe de la procédure est très simple : le modèle transforme la base de données 1982 désagrégée, jusqu'à ce qu'elle décrive une nouvelle situation (par exemple, les flux de voyageurs en l'an 2000 avec un réseau ferroviaire amélioré), en modifiant les facteurs attachés dans l'échantillon à chaque répondant dans la « base de données 1982 » selon les valeurs des sous-modèles.

Comme pratiquement aucune information n'est perdue dans la transformation de la base de données 1982, le modèle peut produire un éventail considérable de données pour la situation future, en plus des matrices, flux de trafic et coûts généralisés habituels. Par exemple, des caractéristiques des voyageurs par train tels que disponibilité de voiture, sexe, âge et catégorie socio-professionnelle peuvent être déterminées.

**Tableau 1. Les sous-modèles de chaque motif de déplacement**

Sous-modèle Motif	Sous-modèle de choix modal	Sous-modèle de fréquence	Sous-modèle de distribution	Sous-modèle de prévision
Travail.....	x			x
Ecole/université.....	x			x
Affaires.....	x	x		x
Motifs privés :				
- visite famille proche.....	x	x		x
- visite investissement fixe pour loisirs.....	x	x		x
- loisirs, etc.....	x		x	x

Pour décrire la structure du modèle plus en détail, examinons les segmentations et les spécifications des sous-modèles. Les voyages à longue distance ont été segmentés en six motifs de déplacement. La migration quotidienne domicile-travail en est un, tout comme les déplacements d'étudiants vers les écoles et les universités. Dans ce second motif l'usage du train est dominant. Le déplacement pour affaires, le troisième motif, n'est souvent pas pris en compte dans les modèles pour zone urbaine. Souvent ce motif ne représente pas moins de 50 % des déplacements sur une autoroute en semaine. Parmi les motifs privés on distingue d'abord les visites des membres de la famille proche (parents ou enfants), le quatrième motif, et les déplacements vers ce qu'on a appelé un « investissement fixe pour loisirs » (bateaux, résidences

secondaires, etc.), le cinquième motif. En général, ce quatrième motif est le plus important, tandis que le cinquième n'est pas négligeable pendant le week-end. Le sixième motif, enfin, englobe tous les autres déplacements : surtout des voyages pour loisirs, mais aussi ceux pour achats (fort nombreux en zone urbaine, ces déplacements sont peu importants ici).

Le tableau 1 montre les sous-modèles qui ont été estimés pour chaque motif. Les motifs « travail » et « école/université » se distinguent en ayant une destination fixe, le lieu de travail ou d'éducation, et une fréquence fixe dans la semaine. Ainsi, on a estimé seulement des modèles pour le choix modal et pour les effets de changements socio-démographiques. La recherche sociale a indiqué que les répondants considèrent aussi les motifs « visite de famille proche » et « investissement fixe pour loisirs » comme peu flexibles, et rarement remplaçables par une alternative. C'est pourquoi on a estimé un modèle de fréquence annuelle de visite pour chacun de ces deux motifs. Le motif « affaires » a été traité de la même façon. Seulement dans le cas du motif « loisirs, etc. » il est évident qu'il y a beaucoup de destinations alternatives, et l'on propose un modèle de distribution.

## VI. Le sous-modèle de choix modal

A l'intérieur de ces modèles il y a d'autres segmentations qui visent à faire ressortir les principales différences dans les élasticités de la demande. Prenons le motif « affaires » pour illustrer ces détails. La segmentation du sous-modèle de choix modal fait une distinction entre les voyageurs qui sont captifs d'un mode et ceux qui ont le choix. Les segments captifs sont :

### A. *Captif du train*

1. Les voyageurs pour affaires sans permis de conduire ou sans voiture disponible.
2. Les voyageurs pour affaires dont l'employeur ordonne l'utilisation du train.

### *Captif de la voiture*

1. Les voyageurs pour affaires qui indiquent que le train ne convient pas pour leur déplacement. Le modèle définit ce segment à nouveau, chaque fois que le réseau est changé, car pour beaucoup de voyageurs la raison pour laquelle le train ne convient pas est que le service n'est pas satisfaisant, ce qui peut être remédié par un changement du réseau. D'autres raisons, indépendantes du niveau de service, peuvent être la nécessité d'emporter des outils ou de faire beaucoup de visites dans la même journée.
2. Les voyageurs pour affaires qui disposent d'une voiture de leur employeur.
3. Les voyageurs pour affaires dont l'employeur ordonne l'utilisation de la voiture.

Pour les 40 % des voyageurs pour affaires qui restent, ceux qui ont le choix, la probabilité de changement de mode à cause d'une amélioration dans le système des transports est estimée par un modèle binaire logit (train-voiture) comportant une fonction linéaire d'utilité des variables suivantes :

- temps de parcours dans le train,
- temps de parcours dans la voiture,

- temps de rabattement de ou à la gare côté domicile,
- temps de rabattement de ou à la gare côté destination,
- nombre de changements de train obligatoires,
- si la destination est dans une ville importante,
- si le carburant de la voiture qui est ou serait utilisée est diesel ou GPL.

En effet, cette dernière variable est encore une segmentation, qui désigne le groupe important de voyageurs pour affaires qui ont une voiture diesel ou à GPL, et qui ont une forte préférence pour utiliser leur voiture. Il s'agit de plus de la moitié des automobilistes-voyageurs pour affaires.

Cette combinaison d'un segment de captivité et d'un modèle de choix logit s'avère donner de très bonnes prédictions ; elle reproduit correctement plus de 90 % des choix observés.

### **VII. Le sous-modèle de fréquence (génération)**

Le deuxième sous-modèle du motif « affaires » concerne la fréquence des déplacements. La fréquence  $y$  est simplement une fonction linéaire descendante du temps de voyage. Les voyages entre les différents sites d'une même compagnie sont considérés comme un segment à part. A titre d'exemple, l'élasticité implicite de la demande par rapport au temps de voyage est de  $-0,5$  pour les voyages pour affaires, sauf pour les longs voyages entre les différents sites d'un même compagnie, où elle est de  $-1,2$ .

Les sous-modèles de ce motif ne comportent pas la variable coût, parce que les coûts sont normalement à la charge des employeurs. Néanmoins, il est possible que, par exemple, en réponse à une augmentation du prix du carburant ou à une dégradation du climat économique, les compagnies ordonnent à leurs employés de prendre plus souvent le train pour leurs voyages d'affaires. Les effets d'une telle politique des employeurs peuvent être simulés par la segmentation concernée dans le sous-modèle de choix modal (segment 1.2 dans le paragraphe précédent).

### **VIII. Le sous-modèle de prévision**

Pour terminer notre description des modèles en détail, regardons le sous-modèle de prévision des changements socio-démographiques pour le motif « affaires ». Ce modèle prédit l'effet de ces changements sur les voyages pour affaires à longue distance entre (dans le cas de l'application pour la Ligne de la Zuyderzee) 1982 et 2000 – changements géographiques de la main-d'œuvre et des emplois, les changements dans la structure de la main-d'œuvre. Ces derniers incluent la croissance générale du taux de motorisation, et, surtout pour les femmes, la croissance dans la possession de permis de conduire et dans le taux de participation dans la force de travail (la propension à travailler).

Le principe du modèle est celui des techniques de facteurs de croissances. Le facteur côté attraction (ou destination) est fonction des changements dans l'emploi. Le facteur côté production (ou origine) est conçu pour refléter les

changements dans la structure de la main-d'œuvre déjà mentionnée. Ceci est fait par une segmentation. On calcule la redistribution de la main-d'œuvre dans les six segments suivants, entre l'année de base (1982) et l'année de prévision (2000), en partant de prévisions du nombre d'habitants et de leurs caractéristiques par zone et de prévisions du taux de motorisation. Ainsi, des facteurs de croissance sont calculés séparément pour chaque segment. Les segments sont :

1. Les employés sans permis de conduire ou sans voiture. (Les segments 2 à 6 concernent des employés qui ont une voiture à leur disposition.).
2. Les employées féminines.
3. Les employés masculins dans le secteur des services, membre d'un ménage où il y a concurrence pour la voiture (c'est-à-dire que le nombre de permis est plus grand que le nombre de voitures).
4. Les employés masculins dans le secteur des services, membre d'un ménage où il n'y a pas de concurrence pour la voiture.
5. Comme 3, dans le secteur industriel.
6. Comme 4, dans le secteur industriel.

Dans la base de données 1982 on constate de fortes différences dans le comportement entre les six premiers segments. En outre, on peut s'attendre à ce que l'importance relative des segments change nettement dans le futur. L'effet sur les voyages à longue distance de ces changements structurels est ainsi pris en compte par le sous-modèle de prévision.

## **IX. Autres applications du modèle**

Dans l'avenir proche, comme déjà indiqué, le modèle sera utilisé par le ministère des Transports et des Travaux publics, comme première application, pour évaluer différentes variantes de l'éventuelle ligne de la Zuyderzee. Mais l'usage ne sera pas limité à ce projet seulement. En effet, la structure flexible du modèle facilite l'usage pour différents projets. Deux types d'usage sont envisagés :

- application dans d'autres corridors pour l'évaluation de mesures d'infrastructure ou de desserte ;
- utilisation des élasticités pour l'évaluation de mesures globales.

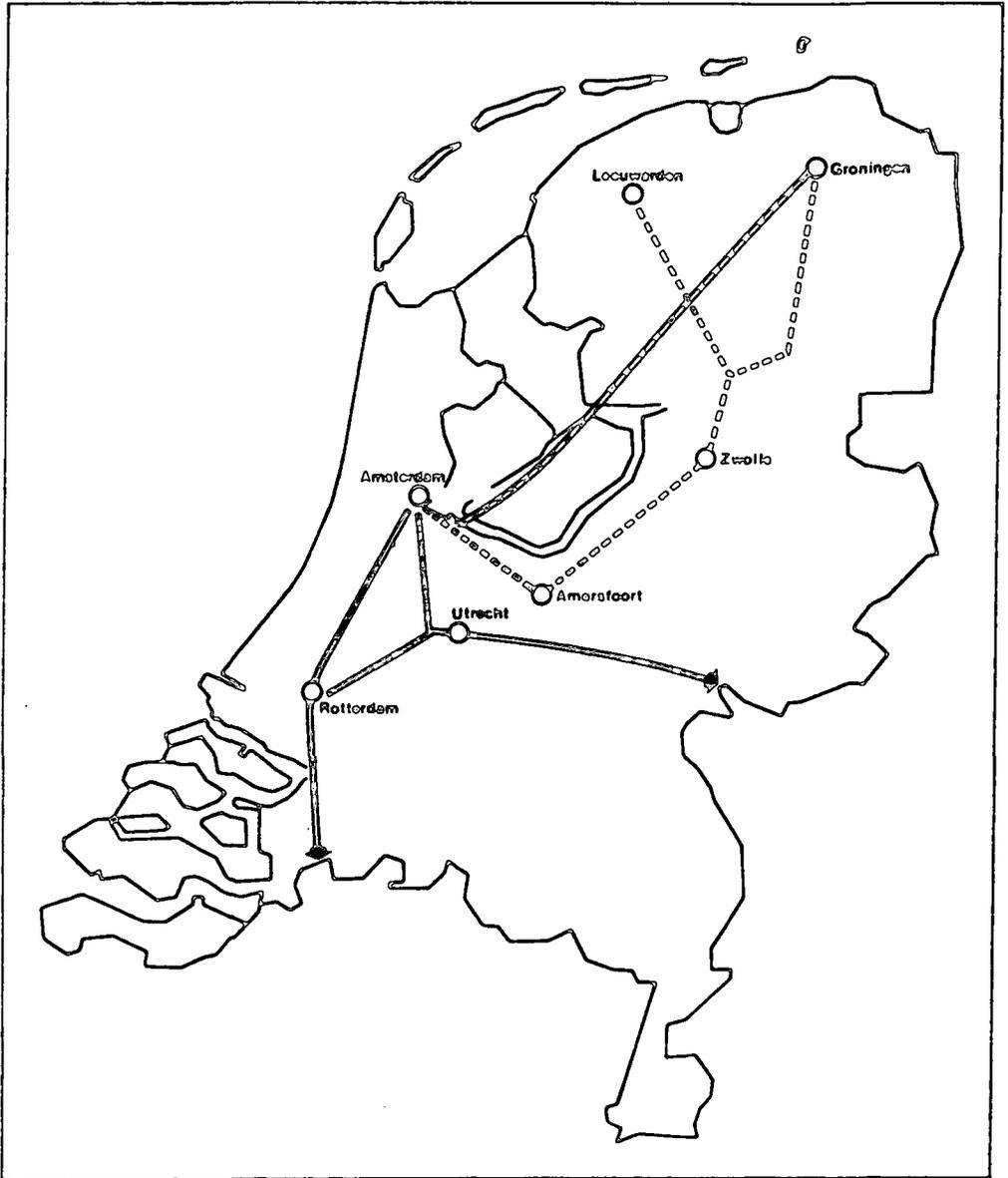
Pour des études d'autres corridors, concernant des améliorations dans le réseau ferroviaire ou aussi routier, un recensement des flux existants de voyageurs devrait normalement prendre place ; dans la plupart des cas il suffira de recenser le mode qui est concerné. On fera entrer cette base de données dans le modèle en même temps que tous les changements dans les répartitions zonales ; des adaptations des réseaux ferroviaires et routiers nationaux pourront aussi être nécessaires. Une fois terminées ces entrées, le modèle pourra directement produire les prévisions, aucune réestimation n'étant nécessaire.

Les modèles de transport compliqués sont souvent critiqués pour les délais qu'il faut pour produire les prévisions, pour le grand nombre de données requises, et pour le manque d'adaptabilité à des situations nouvelles. Pour beaucoup de questions à résoudre par le modèle, nous espérons atténuer

ces critiques en extrayant un ensemble d'élasticités de demandes de transport (par rapport au temps de voyage, aux tarifs, au prix du carburant, etc.). La structure marginale permet de faire ceci de manière relativement simple. Nous estimons que ces élasticités pourront être de grande valeur pour les évaluations des politiques que le gouvernement fait presque continuellement, et pour les situations où les détails du modèle complet ne sont pas nécessaires, ainsi que les situations où la collecte de données doit être minimisée.

## **Conclusion**

Cette communication a décrit le contexte et l'approche d'un modèle nouveau de prévision de structure des déplacements de plus de 40 km, qui est en cours de développement aux Pays-Bas. La première application de ce modèle se situera dans le cadre de l'étude de faisabilité de la Ligne de la Zuyderzee, une ligne de chemin de fer pour laquelle des variantes à vitesse normale et grande vitesse sont étudiées. Le modèle sera ensuite utilisé pour d'autres projets, qui restent à choisir. Ces projets peuvent inclure les éventuelles lignes à grande vitesse qui figurent dans les plans à long terme du gouvernement néerlandais.



- ligne existante (max. 140 km/h) d'Amsterdam vers le Nord
- lignes à grande vitesse indiquées dans le "SVV"
- ==== ligne de la Zuiderzee

**Figure 1.**  
**Plan schématique des éventuelles lignes à grande vitesse aux Pays-Bas**

# Elaboration de modèles de la demande de services ferroviaires rapides au Royaume-Uni

---

MM. Prideaux, Hiatt, Lee  
*British Railways Board*

ROYAUME-UNI

## Introduction

M. Palmer a décrit dans son rapport (1) la situation qui règne à l'heure actuelle en Grande-Bretagne en matière de transports interurbains, et a esquissé les objectifs visés par British Rail dans ce secteur : tout particulièrement la mise en place d'opérations pleinement commerciales. L'implantation de services rapides interurbains est considérée comme un élément essentiel de la stratégie d'Intercity pour réaliser cet objectif. Les capitaux d'investissement de BR sont sollicités par divers projets aussi pressants les uns que les autres, aussi avons-nous pour politique d'assurer la meilleure performance possible sur le réseau ferré actuel plutôt que d'aménager de nouveaux parcours rapides spécialement conçus.

Chacun des plans formulés en vue de moderniser certains grands couloirs est analysé et évalué en fonction de ses mérites propres. Les sections suivantes de ce rapport sont consacrées à l'examen de la méthodologie en place pour évaluer la demande de services rapides, traduire l'influence des autres paramètres de services, et mettre au point la solution la plus intéressante en termes commerciaux dans le contexte du réseau ferroviaire tout entier.

## I. Mesure de l'incidence de la vitesse sur la demande de transport ferroviaire

### A. Approche comparative

Au début des années 70, la forme des données disponibles sur la demande des usagers du chemin de fer était telle qu'elle privilégiait une analyse recourant à la comparaison d'un grand nombre de courants de voyageurs entre des points d'origine et de destination différents à une époque donnée.

Les travaux les plus importants dans ce domaine ont été réalisés par Tyler et Hassard (2). Ceux-ci élaborèrent un modèle basé sur des échantillons, désigné sous l'appellation de MONICA (Model for Optimising the Network of

Intercity Activities – Modèle d'optimisation du réseau d'opérations Intercity) qui fut largement utilisé au sein du département voyageurs de British Rail.

MONICA décrit le volume des voyages par rail entre Londres et une série de centres provinciaux come fonction d'une gamme de variables qui représentent le milieu dans lequel se déroulent ces voyages :

$$J = \beta_1 P^{\beta_1} D^{\beta_2} C^{\beta_3} \pi E_i^{\beta_1 + 3} (1 - 1/Q)^\alpha$$

où

J = les voyages annuels par rail, obtenus d'après les ventes de billets ;

P = la population de l'aire de recrutement de la gare de province, pondérée en fonction de la distance de cette gare ;

D = la distance de Londres ;

C = l'existence d'autres modes de transport concurrents ;

E<sub>i</sub> = les diverses caractéristiques socio-économiques de l'aire de recrutement provinciale, telles que le pourcentage de personnes à la retraite, et le nombre de lits d'hôtel par millier d'habitants ;

Q = la qualité des horaires de chemin de fer, une mesure composite de la durée du voyage par rail, de la fréquence et, le cas échéant, des correspondances ;

α et β sont des paramètres.

Ce modèle a été calibré sur un grand nombre de courants à l'aide de l'analyse de régression. Il pouvait dès lors être utilisé pour prédire l'effet de la mise en place d'un service rapide sur un courant quelconque, ainsi :

$$\frac{J_1}{J_0} = \left[ \frac{1 - 1/Q_1}{1 - 1/Q_0} \right]^\alpha \quad (1)$$

où

J<sub>0</sub> = le niveau du trafic actuel ;

J<sub>1</sub> = les voyages attendus avec le nouveau service ;

Q<sub>0</sub> = la qualité de l'horaire actuel ;

Q<sub>1</sub> = la qualité de l'horaire proposé.

Ce modèle soulève deux problèmes considérables. D'une part, la fluctuation de la variable-voyages est, pour une part substantielle, attribuable à d'autres termes que Q, de sorte que l'ajustement du modèle est relativement insensible à Q. La forme de dépendance de Q pouvait varier dans une telle mesure que les prévisions issues de la formule (1) différeraient largement, mais sans affecter sérieusement la qualité de l'ajustement aux données.

D'autre part, l'attribution de la population aux têtes de ligne est relativement arbitraire et problématique. Par exemple, de nombreux voyageurs résidant dans l'aire de recrutement de Bolton, et qui pourraient très bien emprunter la gare de Bolton pour certains de leurs déplacements, préfèrent se rendre par l'autobus ou en voiture à la gare de Manchester Piccadilly pour prendre le train pour Londres, et seront donc comptés au nombre des voyageurs de Manchester. Ainsi, les voyages par tête de ligne seront surévalués pour

Manchester et sous-évalués pour Bolton. Malheureusement, la manière dont les aires de recrutement sont définies exerce une lourde incidence sur la valeur de  $\alpha$ .

### B. Analyse de séries chronologiques

La plupart des améliorations apportées aux services ferroviaires en Grande-Bretagne étaient, il n'y a pas très longtemps encore, mises en place progressivement et ne se prêtaient donc pas à l'analyse de séries chronologiques. La principale exception est l'électrification de la ligne principale de la Côte ouest, de Londres à Birmingham, Manchester et Glasgow. Qui plus est, ce type d'analyse exige un capital de données dans le temps, lesquelles n'étaient, comme on l'a déjà dit, pas disponibles lors des premières études. La compilation de données mensuelles sur les ventes de billets pour tous les grands courants de voyageurs de BR devait toutefois permettre d'établir, à la fin des années 70, une base de données capable d'étayer un certain nombre d'études reposant sur des séries chronologiques.

La plupart des problèmes associés à la première méthode peuvent être surmontés en comparant les niveaux de trafic sur le même courant avant et après un changement de service. Si tous les autres facteurs restent constants, le changement enregistré dans le niveau du trafic peut être attribué exclusivement au changement intervenu dans la qualité du service. Ce n'est cependant jamais le cas, et le niveau général du trafic présente des fluctuations dues au niveau des tarifs, au climat économique, etc. Une analyse minutieuse s'impose donc.

Jones et Nichols (3) se servent des données mensuelles de ventes de billets pour les années 1970 à 1976 pour dix-sept courants de trafic basés sur Londres, et calibrent les fonctions de demande pour chaque courant à l'aide des moindres carrés ordinaires. Leur modèle revêt cette forme :

$$J_t = \beta_1 F_t^{\beta_1} D F_t^{\beta_2} J T_t^{\beta_3} E A t^{\beta_4} G D P t^{\beta_5} P P t^{\beta_6} \exp(\beta_7 S t + \sum_{i=1}^{10} \beta_i D i t) \Sigma_i$$

$i = 8$

où  $J_t$  = les voyages par rail sur le courant durant la période  $t$  ; les variables explicatives incluent le niveau des prix du rail, la fréquence et la durée moyenne du voyage, les indicateurs économiques, le prix de l'essence, des facteurs saisonniers et une indication du niveau de service offert par les modes concurrents.

Les estimations de l'élasticité de la demande à la durée du voyage sur 8 courants où le service avait été substantiellement modifié au cours de la période s'échelonnaient de  $-0,3$  à  $-1$ , avec des erreurs-types comprises entre 0,4 et 0,15.

Une autre formule de séries chronologiques est employée par Jenkins et Al (4). Leur modèle de courants de voyageurs par rail et air entre Londres et Glasgow et Londres et Edimbourg au cours de la période 1972-1978 recourt aux méthodes Box-Jenkins. Les variables explicitement incluses, outre des variables muettes au titre d'événements exceptionnels tels les mouvements de grève, sont les durées de voyage propres à chaque mode, les prix relatifs, le prix de l'essence et des variables économiques. Les élasticités-durée du voyage par rail estimées pour les deux courants sont assez élevées,  $-1,2$  et  $-1,3$ , mais les erreurs-types sont supérieures à 0,6.

Les principaux problèmes inhérents à MONICA sont surmontés par l'utilisation des séries chronologiques, mais il en survient de nouveaux : le modèle doit être capable d'interpréter les fluctuations suscitées dans la série-demande par les facteurs saisonniers et d'ordre économique. Ces fluctuations peuvent être aussi importantes que les effets des changements dans les durées de voyage.

### *C. Courants de référence*

S'il est difficile de modéliser explicitement les effets des facteurs économiques – cet exercice pouvant donner lieu à des problèmes de calibration presque aussi graves que dans le cas du premier type de modèle – une autre approche implicite est permise et a été mise au point dans des études internes de BR. Celle-ci exploite le fait que les courants de trafic n'ayant pas connu de modification du service ne devraient traduire que l'incidence des tarifs et les effets économiques et saisonniers.

La méthode consiste à établir une liste de courants semblables du point de vue physique et du point de vue marché à ceux sur lesquels des services rapides ont été introduits. Par exemple, pour déterminer les effets de l'introduction de trains rapides sur le courant Londres-Bristol, on pourrait adopter comme référence les courants de Londres à Coventry, à Birmingham, à Leicester, à Nottingham et à Derby. Les niveaux de trafic sur chacun de ces courants sont relevés graphiquement pour s'assurer qu'il ne s'est pas produit de violentes fluctuations. Les séries de voyages et de recettes relatives au courant analysé sont alors tracées graphiquement par rapport aux séries de chacune des références possibles. Si les courbes de voyages/recettes de l'une d'entre elles présentent une évolution semblable à celles du courant analysé durant la période précédant la modification du service, celle-ci sera adoptée comme référence.

Il n'est pas recommandé de se fier à une seule référence ; on utilise dans la pratique la moyenne de plusieurs d'entre elles, judicieusement pondérée. Il est présumé que le niveau du trafic sur le courant analysé aurait continué à évoluer de manière identique à celui des courants de référence si aucune modification du service n'était intervenue. Cette évolution est alors comparée à l'évolution effectivement observée, et la différence relevée est attribuée au changement de la qualité du service.

La figure 1 représente les recettes réelles totales par période pour un certain nombre de courants sur lesquels des trains rapides ont été introduits en 1976 par rapport aux recettes réelles d'un groupe de références sélectionnées. La demande présente une croissance progressive au cours d'une période d'au moins deux années. Après ce délai, les courants ayant bénéficié de l'introduction de trains rapides accusent une croissance des recettes d'environ 25 % par rapport aux courants de référence.

Différents courants ayant récemment vu l'introduction de services rapides en Grande-Bretagne présentent des réactions différentes, mais correspondant pour la plupart, à des élasticités à la durée du voyage de  $-0,8$  à  $-1,5$ .

On pourrait toutefois affirmer que la demande supplémentaire résultant de l'adoption d'un service rapide n'est pas exclusivement attribuable à la réduction de la durée du voyage. De vastes campagnes publicitaires et d'autres mesures promotionnelles accompagnent la mise en place d'un nouveau type de service. De nouvelles voitures viennent rehausser la qualité du milieu.

Ces facteurs et d'autres encore pourraient évidemment contribuer à l'impact général du projet.

L'analyse d'autres courants ayant bénéficié d'améliorations assez modestes des services, lesquels n'ont pour la plupart pas fait l'objet d'une publicité comparable à celle des projets de trains rapides (HST), apporte une certaine confirmation de cette opinion. Le modèle qui s'ajuste le mieux à toutes les observations dont nous disposons actuellement attribue environ la moitié du surcroît de demande enregistré sur les parcours rapides (HST) aux changements de Q et le reste à ces autres facteurs.

Il est extrêmement difficile de déterminer avec exactitude les attributs d'un plan HST global, autres que la rapidité, auxquels peut être rattachée l'augmentation de la demande. Des études sont en cours en vue de déterminer l'effet exercé sur la demande par l'introduction de voitures nouvelles, mais il pourrait y avoir de nombreuses autres explications. Une hypothèse – l'effet de « l'image » - suggérerait que la réaction enregistrée à une importante amélioration de service est hors de proportion à celle suscitée par un changement d'ordre mineur. Si c'est effectivement le cas, un service rapide dont l'introduction se ferait en une seule démarche hautement visible entraînerait une plus forte augmentation de la demande qu'un service identique mis en place graduellement et de manière moins évidente.

Des événements intervenus récemment en Grande-Bretagne, notamment la déréglementation des services d'autocars en 1980, rendent nécessaires des modèles de la demande qui intègrent explicitement des détails relatifs aux modes concurrents. Le rapport de M. Metcalf décrit la méthode mise au point par Transmark (5).

## **II. L'effet de facteurs autres que la vitesse**

### *A. Approche fondamentale*

Comme nous l'avons déjà mentionné, la vitesse du train (sous la forme de durée du voyage) peut être incorporée à une variable « qualité du service » composite. Ceci est utile car il peut être difficile de définir la vitesse d'un service lorsque différents trains ne prennent pas tous le même temps pour faire un trajet donné, du fait notamment des différents nombres d'arrêts.

L'une des premières méthodes destinées à mesurer la qualité d'un horaire fut élaborée et utilisée par Tyler (6) vers la fin des années 60. Il ne prit en considération que des services entre Londres et des villes de province, et simplifia d'abord l'horaire d'un voyage en faisant abstraction des trains peu susceptibles d'être choisis, soit qu'ils étaient très lents par rapport à d'autres ou qu'ils exigeaient un nombre important de changements. Il basa ensuite la mesure de la qualité du service sur la vitesse moyenne, S, des trains restants (directs ou non) et le nombre de trains directs assurés. L'étape suivante consistait à tracer un graphique du nombre de trains directs entre Londres et chaque centre provincial par rapport à la distance du parcours. On pouvait, à partir de ce graphique, estimer le nombre moyen de trains directs pour une distance donnée. On le comparait alors au nombre effectif sur le trajet considéré, la différence étant X.

On pouvait dès lors calculer la qualité d'un horaire à l'aide de la formule :

$a + bS + cX$  où  $a$ ,  $b$  et  $c$  sont des constantes.

Cette méthode marche bien en ce qui concerne les courants de trafic basés sur Londres, présentant généralement un grand nombre de trains directs, mais soulève des difficultés lorsqu'il s'agit de parcours qui ne sont desservis par aucun train direct. Qui plus est, la première étape du processus est subjective et il est difficile de fournir des réponses uniformes à des questions portant sur la manière dont les voyageurs choisissent entre un train direct ou un train plus rapide mais nécessitant un changement, ou la mesure dans laquelle les voyageurs sont disposés à ajuster leur heure de départ de manière à prendre un train plus rapide.

En 1973, Tyler et Hassard (2) allaient décrire un algorithme explicite pour calculer la qualité d'un horaire, qui surmonte ces difficultés et tient compte du fait qu'un plus grand nombre de passagers voyagent sur les trains rapides, de sorte qu'il doit leur être accordé plus de poids lors du calcul de la vitesse moyenne. Cette mesure de la qualité de l'horaire porte la référence  $Q$ , et c'est essentiellement celle qu'on utilise aujourd'hui.

### *B. La définition de $Q$*

$Q$  est la vitesse « perçue » moyenne d'un voyage et s'exprime en unités de milles/heure. Nous entendons par vitesse « perçue » la durée effective du voyage majorée du temps « perdu » du fait que les trains ne partent pas nécessairement au moment idéal pour chaque voyageur particulier.

Pour illustrer la méthode de calcul de  $Q$ , prenons l'extrait suivant d'un horaire de marche :

Départs	10 h 00	11 h 05	12 h 00
Arrivées	11 h 00	12 h 15	13 h 00

Un voyageur souhaitant partir à 11 h 05 prendra le train de 11 h 05 et la durée de son voyage sera d'une heure et dix minutes. Un voyageur souhaitant partir à 10 h 50 prendra probablement le train de 11 h 05 ; il devra ajuster de 15 minutes l'heure de son départ. Ces 15 minutes pourraient être ajoutées à la durée du voyage, soit 1 heure 10 minutes pour donner une durée « perçue » de 1 heure 25 minutes. Si le voyageur souhaitait partir à 10 h 20, il lui faudrait ajuster son heure de départ de 20 minutes pour prendre le train de 10 h 00, et la durée « perçue » de son voyage serait alors de 1 heure 20 minutes.

En représentant chaque train sous forme d'une ligne verticale dont la longueur est déterminée par son temps de voyage, on peut relever le graphique de la durée de voyage « perçue » par rapport à l'heure de départ idéale (fig. 2). Nous présumons que les voyageurs prendront le train qui leur donne la durée « perçue » la plus courte.

Ce modèle porte l'appellation de modèle « en toits » du fait de sa ressemblance à des toits de maison. Les sections comprises entre les lignes en pointillé sont les aires de « recrutement » de chaque train. On constatera que ce modèle traduit l'opinion que les voyageurs prendront de préférence les trains rapides. Si un changement de train est nécessaire, une « pénalité » est ajoutée pour chaque changement au temps écoulé du départ concerné.

Cette méthode élimine automatiquement les trains très lents, ou ceux nécessitant de nombreux changements. Par exemple, s'il y avait un train supplémentaire à 10 h 30, arrivant à 12 h 10, le graphique ressemblerait à la figure 3.

La durée de voyage « perçue », même pour un voyageur souhaitant partir à 10 h 30 est inférieure de 10 minutes s'il prend le train de 10 h 00 plutôt que le train de 10 h 30. On constatera que le modèle prédit que les trains lents, ou les trains exigeant des changements, présentent plus d'intérêt s'ils circulent à des heures qui ne sont pas très proches de celles des « meilleurs » trains.

L'illustration a jusqu'ici présumé qu'une minute d'attente ou d'ajustement est considérée à la même enseigne qu'une minute de temps de voyage. De manière plus générale, nous supposons qu'avancer l'heure de départ souhaitée de  $n$  minutes vient majorer la durée « perçue » du voyage de  $n.K_f$  minutes, et que la reculer de  $n$  minutes vient l'augmenter de  $n.K_b$  minutes. Les valeurs de  $K_f$  et  $K_b$  déterminent l'élasticité-fréquence par rapport à l'élasticité-durée du voyage. Au départ, sur la base des maigres données disponibles à ce sujet, on donna à  $K_f$  et  $K_b$  la même valeur  $K_f = K_b = 1$ . Deux études effectuées en 1981, l'une par Wright (7) qui se basait sur l'observation des choix faits par les voyageurs entre services rapides et semi-rapides circulant entre-temps, et l'autre par Steer, Davies et Gleave (8), lesquels recouraient à des techniques d'analyse des ajustements concédés par les voyageurs eu égard à l'heure de départ souhaitée, indiquée par eux, ont mis en valeur certains éléments suggérant des valeurs supérieures pour  $K_f$  ou  $K_b$ , sinon les deux.

La hauteur moyenne de la courbe en « toits » représente la durée « perçue » moyenne du voyage. Un calcul analogue peut être fait en traçant la courbe de la durée de voyage « perçue » par rapport à l'heure d'arrivée idéale. On obtient alors en général une valeur légèrement différente et la moyenne des deux est considérée comme la mesure de la durée de voyage « perçue » moyenne. En divisant la distance par ce chiffre on obtient la vitesse de voyage « perçue » moyenne  $Q$ , qui sert à évaluer la qualité d'un horaire. C'est l'élasticité de la demande à  $Q$ , plutôt qu'à la durée proprement dite du voyage, qui est couramment employée chez BR.

### **III. Conception de tous les aspects du service**

#### *A. Estimation de la demande globale existant pour un service rapide*

L'évaluation d'un projet de service rapide doit se dérouler dans le contexte de l'ensemble du réseau ferré dans lequel il va s'inscrire. Nous devons donc être en mesure de déterminer le changement intervenant dans l'horaire tout entier pour chaque courant de trafic qui va être affecté par l'introduction d'un nouveau service sur une ligne. Sur la base de cet élément, nous pouvons calculer le changement de  $Q$  pour chacun de ces courants de trafic, et estimer l'effet correspondant sur les recettes de manière à obtenir le total global pour le projet.

Un très grand nombre de courants origine-destination pourraient être affectés. En effet les voyages se déroulant entièrement sur le nouveau service ne seront pas les seuls à en bénéficier, car il faut également compter ceux qui

s'y dérouleront en partie. Par exemple, un voyageur se rendant de Brighton à Newcastle bénéficiera de l'introduction de trains rapides (HST) entre Londres et Newcastle. Ces cas pourraient être nombreux, et une part substantielle du surcroît de trafic attendu pourrait leur être attribuable – en particulier pour ce qui concerne les services transversaux. Il est une autre complication : de nombreux voyages peuvent emprunter plusieurs itinéraires ; certains d'entre eux pourraient éviter la ligne sur laquelle le service a été modifié. Les courants de trafic susceptibles de bénéficier considérablement de l'introduction du nouveau service ne pourront pas toujours être identifiés immédiatement.

BR a mis au point un modèle informatique, MOIRA, pour effectuer tous les calculs nécessaires et évaluer le changement attendu dans les recettes suite à l'adoption de tout nouveau service. Il s'agit d'une tâche très astreignante même en recourant à l'ordinateur. Pour être utile dans cette situation, un programme doit pouvoir être stocké à peu de frais et doit être efficace dans ses calculs de manière à pouvoir être utilisé rapidement et économiquement pour l'analyse d'une série d'options. Grâce à un système de regroupement des gares en zones, nous sommes à même de nous concentrer sur un réseau simple reliant 144 grandes gares. Un algorithme de programmation dynamique calcule tous les horaires possibles au sein du réseau simplifié. Les horaires nationaux actuels étant déjà stockés sur nos ordinateurs, MOIRA doit simplement fournir les détails des trains à supprimer ou à ajouter à ces horaires en fonction du nouveau service proposé.

Grâce à MOIRA, nous disposons en quelques heures de listes des courants de trafic au sein du réseau présentant le plus grand changement de Q, de ceux où interviendront les plus grands changements de recettes annuelles, et d'un résumé indiquant l'incidence globale des changements sur les recettes.

#### *B. Autres aspects de la conception du service*

Les programmes d'ordinateur MOIRA nous permettent d'estimer les avantages, en termes de recettes, que présentent différents projets HTS sur tout itinéraire. La juxtaposition des recettes et des coûts de chaque projet permet alors de comparer les différents plans du point de vue de la rentabilité de l'investissement. Une troisième dimension doit être examinée : l'adéquation de la capacité prévue et de la demande attendue.

Comme BR a toujours introduit ses services rapides sur des parcours existants, nous sommes à même d'utiliser les statistiques relatives à la charge des trains, automatiquement recueillies pour tous les services Intercity, pour établir le profil de la demande à chaque heure du jour, chaque jour de la semaine, et à tout moment de l'année sur l'itinéraire en question. Il convient de le modifier de manière à tenir compte de la différence attendue dans le niveau de la demande pour le service rapide, et de toute modification du profil des déplacements entraînée du fait des nouvelles possibilités offertes.

La formulation en « toits » décrite plus haut a été mise au point pour modéliser la manière dont les voyageurs semblent choisir un train donné eu égard à leur heure de départ idéale. Elle a été intégrée à un autre modèle informatique qui calcule la charge escomptée de chacun des trains du nouveau service. Ceci permet de vérifier la faisabilité des différentes options et de mettre en valeur toute partie des services proposés éventuellement trop bien pourvue.

Un facteur critique qui influencera les résultats de ce type d'analyse est le seuil de surcharge. La demande à laquelle font face les trains interurbains varie fortement d'un jour à l'autre. Ces fluctuations peuvent dans une certaine mesure être prévues d'avance (par ex. la pointe du vendredi après-midi), mais les variations imprévisibles apparemment aléatoires demeurent substantielles. Ceci signifie que pour éliminer tout risque de surcharge d'un train, il faudrait adopter des coefficients de charge extrêmement faibles. Le problème est plus complexe encore sur les itinéraires présentant sur certains tronçons une densité de trafic beaucoup plus grande que sur d'autres. Tout bien considéré, il semble que les problèmes pourraient devenir assez graves même sur les services dont les coefficients de charge moyenne ne dépassent guère 50 % (chez BR, le facteur de charge d'un service est défini comme étant le nombre total de voyageurs-milles transportés divisé par le nombre total de places-milles offertes).

Un niveau élevé de surcharge sur un service, et le risque de devoir rester debout durant tout ou partie du voyage viendraient probablement décourager bien des voyageurs. A ce jour, aucun travail n'a été effectué en vue de quantifier l'effet qu'exerce sur la demande une surcharge occasionnelle, et la détermination du seuil reste pour la direction une question de jugement. Nous cherchons actuellement à mettre au point une méthode qui permette d'analyser ce problème plus avant.

Une fois établi un critère de risque de surcharge acceptable, les techniques décrites peuvent être appliquées pour répondre à une série de questions concernant la forme optimale du projet de service rapide.

Quelle est la composition optimale des trains ? Des trains plus longs offrant une plus grande capacité ne doivent pas circuler aussi fréquemment, ce qui réduit donc les coûts, mais perdront certaines recettes du fait des plus grands intervalles entre trains.

Quel sera l'effet d'un changement du niveau général des prix ? Celui-ci affectera les recettes, le niveau de la demande – donc la capacité requise – et la longueur et fréquence optimales des trains.

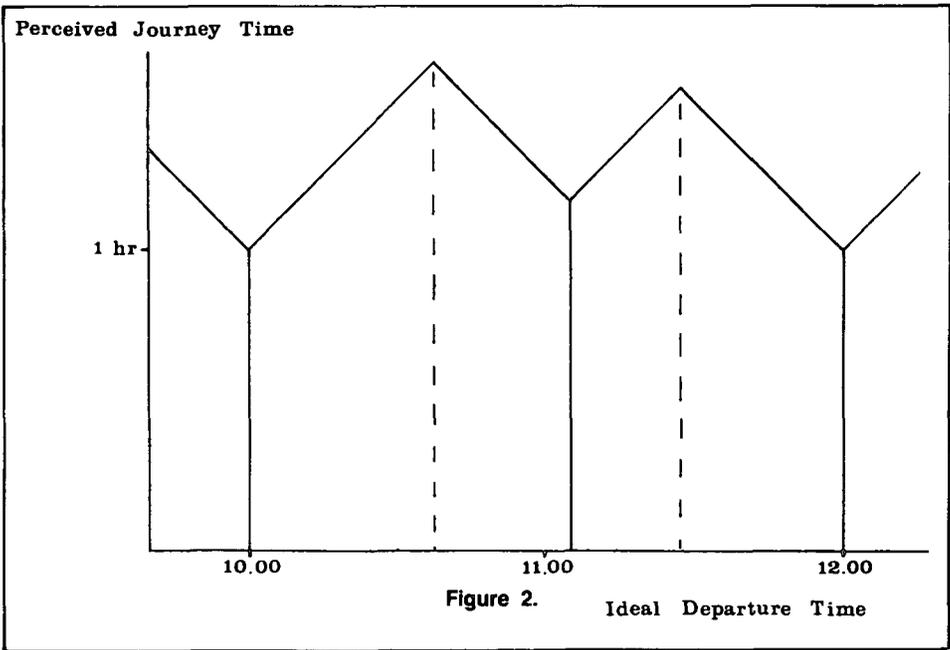
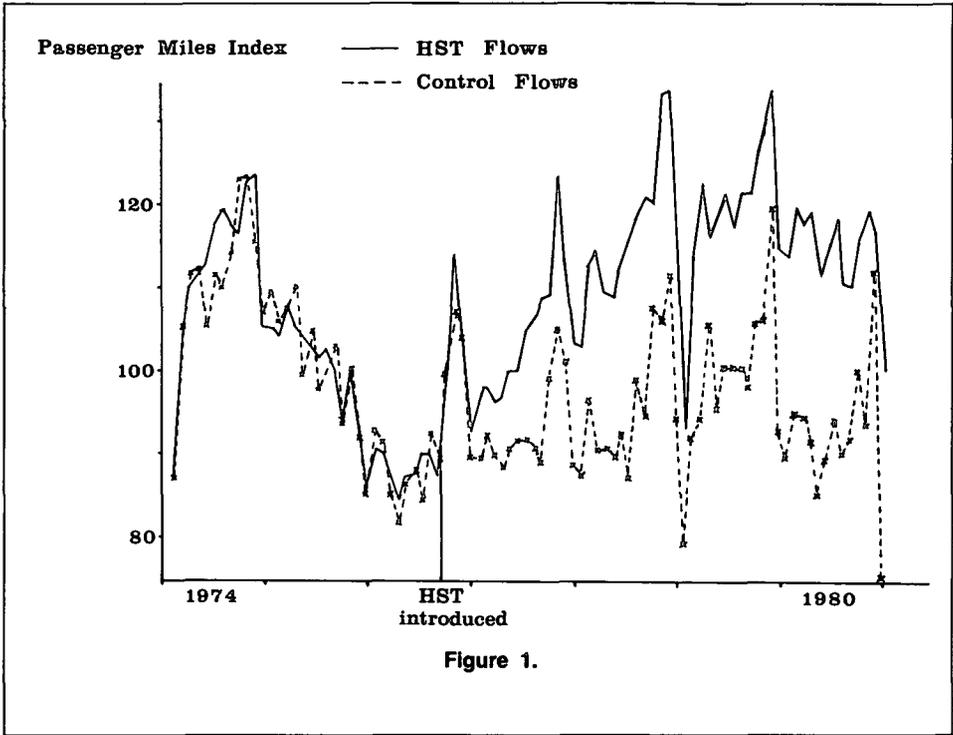
Des structures tarifaires appropriées pourraient-elles contribuer à résoudre les problèmes des heures de pointe et à améliorer l'utilisation des ressources. La politique de BR a le double objectif de segmentation du marché afin d'augmenter les recettes, et d'encouragement des déplacements en-dehors des heures de pointe, en particulier chez les voyageurs moins sensibles au facteur temps. Pour pouvoir répondre à cette question en termes numériques, il convient de disposer de données relativement sophistiquées sur le marché.

Les défis financiers et commerciaux portés à l'exploitant des transports interurbains risquent de se multiplier dans les années à venir. Les modèles informatiques permettant de faciliter le processus de calcul d'un service de transport ferroviaire optimal semblent donc appelés à jouer un rôle de plus en plus important dans la planification des projets de trains rapides futurs.

#### Références

1. Palmer, J. (1984) : *Services ferroviaires rapides en Grande-Bretagne* – document présenté au groupe de travail de Versailles : Transport terrestre rapide, Colloque sur les aspects socio-économiques.

2. Tyler, J. et R. Hassard (1973) : *Gravity/elasticity models for the planning of the inter-urban rail passenger business*. Document présenté à l'assemblée annuelle PTRC, Université du Sussex.
3. Jones, I.S. et A.J. Nichols (1983) : « *The demand for InterCity rail travel in the United Kingdom* ». *Journal of Transport Economics and Policy* (mai).
4. Jenkins, G.M., E. Abbie, J.T. Everest, et N.J. Paulley (1981) : *Rail and air travel between London and Scotland : analysis of competition using box-jenkins methods* ». *Rapport TRRL 978*.
5. Metcalf, A. (1984) : *Règles empiriques en vue de la planification de services ferroviaires rapides*. Document présenté au groupe de travail de Versailles : Transport terrestre rapide, Colloque sur les aspects socio-économiques.
6. Tyler, J. (1968) : *A preliminary analysis of the application of "Gravity models" in the study of railway passenger business*. British Railways Board.
7. Wright, M. et R.M. Hiatt (1981) : *An indirect measurement of the elasticity to frequency*. (Rapport interne de BR).
8. Steer, Davies & Gleave LTD avec Ted Hudson & Partners (1981) : *Elasticity of demand in respect of service frequency and through trains*. Rapport présenté au British Railways Board.



Perceived Journey Time

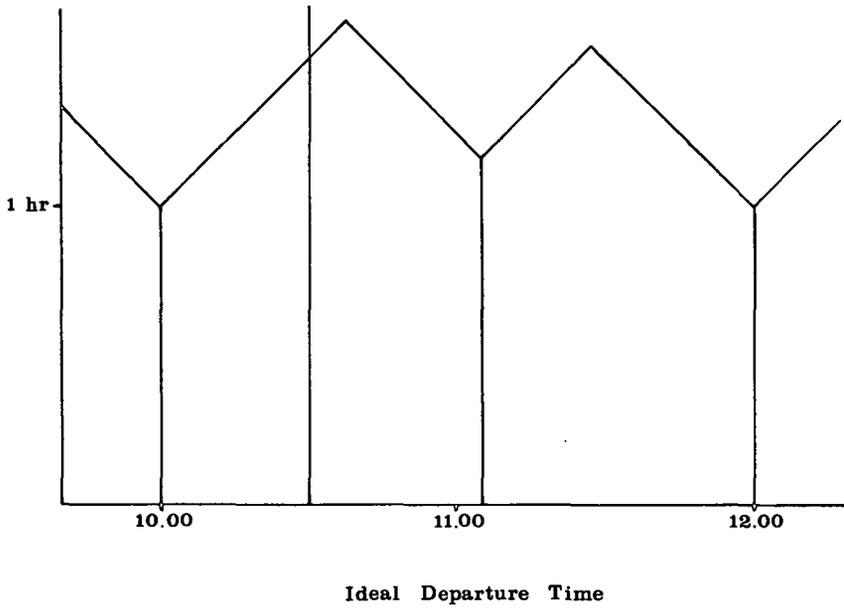


Figure 3.

## **Prévisions et résultats de trafic sur le Shinkansen**

---

M. Uchibori

JAPON

*Adjoint au directeur, service passagers,  
Chemins de fer nationaux japonais*

M. Ohtsuki

*Directeur des chemins de fer nationaux japonais,  
succursale de Paris.*

*Chemins de fer nationaux japonais*

### **Avant-propos**

Un quart de siècle s'est déjà écoulé depuis que le comité d'étude des chemins de fer nationaux japonais pour le renforcement de la ligne Tokaido entama l'étude de la construction d'une ligne à grande vitesse. Au cours de cette période, tous les secteurs des chemins de fer nationaux japonais fournirent des efforts considérables qui aboutirent à la mise en service de lignes Shinkansen qui s'étendent sur environ 1 800 km et qui comprennent, outre le Shinkansen Tokaido, les Shinkansen Sanyo, Tohoku et Joetsu.

D'autre part, avec le succès du Shinkansen Tokaido, le concept du Shinkansen fut élargi à un plan à part entière pour la construction d'un réseau national au sein du plan de développement général du Japon. Malheureusement, en réalité, les changements radicaux des conditions économiques et sociales intervenus après la crise pétrolière de 1973 ont entraîné la révision forcée de ce plan qui a été marqué par de nombreux revirements.

Dans ce contexte, je voudrais tracer ici les grandes lignes de l'histoire de la planification du Shinkansen à travers la comparaison des estimations et des niveaux réels de trafic sur le Shinkansen.

### **I. Concept et développement du Shinkansen au Japon**

Dans les années, 1950, le plus grand travail des chemins de fer japonais consistait à se débattre avec la demande croissante de trafic. Sur la ligne Tokaido (Tokyo-Osaka) en particulier, la capacité de transport avait déjà atteint son maximum. La concentration de l'économie dans les régions bordant cette ligne était extrêmement élevée puisque 16 % des terres abritaient 40 % de la population et comptaient pour 68 % de la production industrielle du Japon. La longueur des itinéraires ferroviaires et le taux passagers/km représentaient respectivement 3 % et 26 % des totaux des chemins de fer nationaux japonais, révélant ainsi un retard marqué dans les services ferroviaires. Pour pallier ce déficit, l'électrification des lignes en 1956 renforça de manière significative

la capacité de transport. Après dix ans pourtant, la construction de deux nouvelles voies s'avéra nécessaire, dont l'investissement devait représenter un montant aussi élevé que 1,2 ans du total des recettes passagers des chemins de fer nationaux japonais.

Cependant, des projets de construction de voies express étaient à cette époque, également à l'étude au Japon et des controverses éclatèrent sur le déclin du chemin de fer, et le projet de nouvelles lignes souleva une vaste opposition.

Finalement, le comité d'étude des grandes lignes ferroviaires mis en place par le ministère des Transports (organisme administratif de tutelle des chemins de fer nationaux japonais) arbitra les débats et la construction du Shinkansen Tokaido fut finalement autorisée en 1959, principalement pour les raisons suivantes :

1. Même si on considérait que les prévisions de trafic total sur les voies express étaient un transfert de trafic sur la ligne Tokaido en provenance des chemins de fer nationaux, il restait que le niveau de trafic sur la ligne Tokaido était assez élevé pour nécessiter la construction d'une ligne à deux voies supplémentaires.
2. Le système du Shinkansen s'avérait plus performant en termes de vitesse, sécurité et coûts de construction.

Le Shinkansen Tokaido, ouvert en 1964 de Tokyo à Osaka, prouva dans un contexte de forte croissance économique, qu'il pouvait, en tant que mode de transport de masse pour seuls passagers, résorber l'engorgement des transports et, en même temps, équilibrer ses comptes. Le projet du Shinkansen fut ensuite agrandi par l'extension Osaka-Hakata du Shinkansen Tokaido, appelé le Shinkansen Sanyo, pour aboutir au plan d'un réseau de quelques 7 000 km de long dans le cadre du nouveau Plan national de développement général de 1969.

Ce plan établissait les nouvelles caractéristiques des futurs Shinkansen japonais. En particulier :

1. Dans l'hypothèse où le trafic ferroviaire augmenterait, la priorité pour construire les lignes se trouvait basée sur la nécessité de supprimer les insuffisances de capacité de transport, et aussi sur des jugements politiques.
2. Le concept d'une ligne séparée à voie standard réservée au seul transport des passagers se trouvait fermement établi. Sur ces nouvelles voies, on renforça les économies dans les coûts de construction et l'accroissement de la vitesse en allongeant les intervalles entre les gares desservies.
3. Parce que les investissements étaient réalisés sous la forme de voies supplémentaires, les dépenses et les recettes furent calculées comme faisant partie des comptes globaux des chemins de fer nationaux. Les bénéfices réalisés par les Shinkansen étaient utilisés de manière interne pour compenser le déficit du réseau général des chemins de fer nationaux.

Le trafic continuait à augmenter et au cours de l'année 1975, après la mise en service du Shinkansen Sanyo, la capacité de transport de la ligne traditionnelle Tokaido fit de nouveau apparaître des insuffisances. La capacité des lignes Tohoku et Joetsu était également menacée (cf. schéma 1).

La construction des Shinkansen Tokaido et Sanyo fit l'objet de projets distincts et émanait de la volonté directe des chemins de fer nationaux. Après que

le concept d'un réseau national de Shinkansen ait été établi, les investissements correspondants tombèrent sous l'administration de la loi pour la construction de trains à grande vitesse nationaux, en temps que projet national. Ceci veut dire que, sous certaines formes, un contrôle légal est exercé sur la construction et l'exploitation des Shinkansen. Après la mise en service des Shinkansen Tohoku et Joetsu, qui tombaient sous la juridiction de la Loi pour la construction des trains à grande vitesse nationaux, les caractéristiques des Shinkansen ont quelque peu changé.

## **II. Etude du profil des usagers des Shinkansen et prévisions de trafic**

Le concept d'origine des Shinkansen qui prévoyait de longs intervalles entre les gares desservies et un nombre aussi réduit que possible de gares, engendra des questions sur la capacité des Shinkansen à générer un maximum de trafic pour l'avenir. Les questions posées étaient les suivantes :

1. Dans quelle mesure le trafic sur les lignes traditionnelles a-t-il la possibilité de s'accroître ?
2. Quelle est la relation entre le nombre de gares desservies et le mouvement de trafic des lignes traditionnelles vers les Shinkansen ?
3. Quel est l'impact des décisions prises en ce qui concerne les gares d'arrêt sur la concurrence entre les chemins de fer et les autoroutes ou les transports aériens ?
4. En particulier, comment les questions 1 à 3 sont-elles influencées par l'accroissement de la vitesse des trains, par exemple dans le cas du trajet Tokyo-Osaka qui a vu sa durée diminuer de 6 h 30 à 3 h 10 ?

Le principe d'estimation du trafic sur les Shinkansen mis en place pour la première phase d'étude – et qui n'a pas été modifié de façon significative jusqu'à présent – est illustré au schéma 2. Selon ce principe, un avant-projet des gares desservies par le Shinkansen est tout d'abord établi. A partir de ce plan, la courbe de trafic des dix à quinze années à venir est projetée en se fondant sur les indices économiques tels que le PNB et les chiffres de trafic antérieurs. Ensuite, le trafic estimé est divisé entre le Shinkansen et les lignes traditionnelles. Pour le Shinkansen, le trafic induit par l'accroissement de la vitesse est ajouté et la baisse de trafic due à la construction parallèle d'autoroutes est soustraite. On obtient ainsi la prévision de trafic.

Parmi les principales villes longeant le parcours (en général des villes de plus de 200 000 habitants), il fut décidé que 13 gares seraient finalement desservies par le Shinkansen Tokaido. Il fut tenu compte des niveaux relatifs de trafic arrivant et en partance de chacune de ces villes. On prit également en considération la distance nécessaire entre les gares desservies pour atteindre la vitesse visée. Etant donné que la distance requise entre les gares desservies se situe entre 30 et 50 km, le premier partage des lignes entre les Shinkansen et les trains traditionnels fut envisagé de la manière suivante (suivant la longueur du trajet et compte tenu de l'expérience passée) :

- Sections avec accès direct au Shinkansen :  
tous les voyages de plus de 51 km seraient effectués par Shinkansen.

– Sections avec un changement de train entre le Shinkansen et le train traditionnel :

tous les voyages de plus de 101 km seraient effectués par Shinkansen.

Pour le trafic induit (y compris le trafic de transfert) cependant, il n'existait pas d'exemples passés adéquats, ce qui rendit les prévisions très difficiles. Par conséquent, dès le début, plusieurs essais de calcul furent conduits qui furent dans l'ordre chronologique :

	Taux de trafic induit
A. A partir d'exemples d'augmentation de la vitesse de trains traditionnels.....	30 %
B. A partir de questionnaires d'enquêtes auprès de passagers ferroviaires.....	46 %
C. Suivant des systèmes économiques.....	13 %
D. A partir d'incitation mesurée après le lancement de nouveaux produits de consommation.....	22 %

Lors de l'évaluation définitive, le pourcentage de 22 % (D) fut retenu. On considéra plus tard que l'incitation réelle était de 27 %, à la suite d'enquêtes menées pendant le voyage auprès de passagers empruntant les Shinkansen nouvellement mis en service.

Le mouvement de trafic vers le Shinkansen Tohoku et l'incitation nette ont été estimés à 31 % et 6 % respectivement. Dans le cas du Shinkansen Joetsu, ces chiffres furent estimés à 21 % et 4 % respectivement.

Comme il avait été prévu à l'origine, le trajet moyen des usagers du Shinkansen Tokaido s'éleva à environ 300 km et la majeure partie était des voyages de distance intermédiaire. Cette valeur n'a pas sensiblement varié avec la mise en service d'autres Shinkansen. Le trajet moyen sur les lignes expresses au Japon s'élève à 50 km à peu près et le trajet aérien moyen passager est de 700 km environ. Le chiffre correspondant pour les usagers des Shinkansen se situe juste à mi-chemin entre ces deux valeurs. On peut par conséquent dire que le Shinkansen au Japon joue un rôle qui lui est propre dans le domaine des transports à longue et moyenne distance.

### III. Prévisions et résultats du trafic sur les Shinkansen

Comme il a été remarqué plus haut, le Shinkansen a été construit au Japon pour renforcer la capacité des transports dans un contexte d'accroissement du trafic ferroviaire, et s'est transformé en un moyen de transport de masse pour des distances médianes à l'usage des passagers uniquement. Jusqu'à présent, quatre lignes de Shinkansen ont été construites, totalisant 1 800 km :

- Tokaido (Tokyo-Shin Osaka) mis en service en octobre 1964
- Sanyo (Shin Osaka-Okayama) mis en service en mars 1972
- et (Okayama-Hakata) mis en service en mars 1975

- Tohoku (Omiya-Morioka) mis en service en juin 1982
- Joetsu (Omiya-Niigata) mis en service en novembre 1982.

Actuellement, la section Omiya-Ueno est en cours de construction pour desservir les deux Shinkansen Tohoku et Joetsu.

Parmi ces différentes lignes cependant, seule la construction du Shinkansen Sanyo progressa favorablement selon le programme prévu. Pour les Shinkansen Tohoku et Joetsu, la longueur, initialement prévue des sections fut réduite et d'importants retards dans l'avancement des travaux se produisirent. Ceci s'explique principalement par l'incidence directe de la crise pétrolière qui gonfla les coûts de construction et par le fait que l'acquisition des terres demanda beaucoup plus de temps que prévu en raison de problèmes tels que la protection de l'environnement entre Ueno et Omiya. Naturellement, après l'ouverture de ces lignes, les conditions d'exploitation et l'accroissement du trafic évoluèrent tous deux de manière favorable.

Il va de soi que les prévisions de trafic furent revues au fur et à mesure des modifications qui intervenaient dans le programme de construction. Les révisions de prévisions lors des trois phases d'origine, intermédiaire et finale sont résumées au tableau 1.

Comme il est montré, la différence entre les prévisions de la phase finale et les résultats réels n'est heureusement pas très élevée. Elle est restée dans la fourchette de + ou - 8 %.

De plus, toutes les prévisions dépassaient les résultats, sauf dans le cas du Shinkansen Joetsu. Les différentes prévisions statistiques cependant varièrent radicalement (y compris les réajustements opérés pour suivre les écarts dans le programme de construction) par rapport à celles qui avaient été faites lors de la première phase. Elles suivirent le schéma suivant :

- Shinkansen Tokaido : Premières estimations < Prévisions définitives
  - Shinkansen Sanyo : Premières estimations  $\approx$  Prévisions définitives
  - Shinkansen Tohoku : Premières estimations > Prévisions définitives
- et Joetsu

De telles variations dans les prévisions reflètent les écarts entre les conditions réelles et les statistiques de base que sont la vue d'ensemble à long terme ou les perspectives économiques et d'autres conditions envisagées au moment de la première phase de planification. Ceci retient tout particulièrement notre attention.

#### **IV. Causes des différences constatées entre les prévisions et les valeurs réelles.**

Quelles sont les causes de telles variations dans la valeur des prévisions ? La première cause pourrait être les changements qui se produisent dans les perspectives de croissance économique.

Les chiffres du PNB à la base des prévisions de trafic pour le Shinkansen Tokaido apparaissent dans la colonne de l'exercice 1975 du tableau 2. Ces chiffres augmentèrent à chaque révision des prévisions, et le résultat réel de l'exercice 1975 ressorti à 149,8 trillions, une hausse d'environ 50 %. Ce

qui veut dire qu'au commencement de la planification du Shinkansen Tokaido, on estimait que le PNB allait croître au même rythme que précédemment, et personne ne songeait alors que l'économie du Japon devait en fait progresser aussi rapidement. Cependant, étant donné que l'économie commençait à redémarrer, les chiffres de croissance économique devenaient de plus en plus élevés au fur et à mesure que le temps passait, et les prévisions de trafic augmentaient à chaque révision.

Le laps de temps qui s'écoula entre la planification et la mise en service du Shinkansen Sanyo coïncida avec une période de forte croissance économique et il n'y eut pas d'écart important entre ces estimations de croissance et les résultats réels du PNB. En conséquence, il n'y eut pas non plus d'écart marqué dans les estimations de trafic.

En ce qui concerne les Shinkansen Tohoku et Joetsu, la situation s'avéra encore plus mauvaise du point de vue de la succession des statistiques de prévision. La construction de ces deux lignes démarra alors que la croissance économique était à son sommet. Deux ans plus tard, cependant, la croissance changea de cap sous l'influence directe de la crise pétrolière de 1973. Après cela, les perspectives économiques avancées par le gouvernement et les résultats réels ne cessèrent de dévier.

Par exemple, pendant la période 1970-1975 du « Nouveau plan national de croissance générale » (ligne 7 de l'additif au schéma 3), la croissance réelle du PNB était de 4,7 % contre une prévision de 8 %. Après l'expérience de l'impact de deux crises pétrolières sur les prévisions économiques, il apparaît maintenant que l'écart entre les prévisions et les résultats réels soit enfin éliminé (cf. ligne 12 de l'additif au schéma 3 « Perspectives et lignes directrices pour l'économie et la société des années 1980 »). Le taux de 4 % de croissance indiqué dans ces « perspectives et lignes directrices » n'est cependant qu'un chiffre à atteindre, pas une valeur officielle sur laquelle se fonder.

Un tel ralentissement de la croissance du PNB est dû à ce qu'on appelle « une inflation obligatoire élevée », à une soudaine stagnation de la consommation et à une réorientation de la consommation provenant de l'inflation. De tels changements dans la consommation influencèrent naturellement négativement le niveau de la demande de transport. De plus, étant donné que, entre 1978 et 1982, les chemins de fer nationaux eux-mêmes augmentèrent leurs tarifs à peu près tous les ans, la croissance de trafic sur les Shinkansen changea d'une manière importante.

Le taux d'élasticité du PNB par rapport au trafic sur les Shinkansen a été de 1,4 de 1966 à 1971. Il diminua cependant à 0,1 de 1978 à 1982 (on a estimé que s'il n'y avait pas eu ces hausses successives des tarifs, l'élasticité du PNB aurait été de 0,6). On peut expliquer ces variations prononcées de l'élasticité du PNB comme reflétant les caractéristiques propres des Shinkansen dont le rôle principal est le transport à longue et moyenne distance des hommes d'affaires. En conséquence, les écarts entre les prévisions à long terme de départ et les prévisions réajustées selon que la situation change sont naturellement élevés.

Nous ne considérons pourtant pas que l'écart entre les prévisions définitives de trafic et les résultats réels soit significatif parce qu'il existe de nombreux exemples d'une soudaine montée en flèche du trafic juste après la mise en service d'un Shinkansen.

## **V. Stabilité du trafic sur les Shinkansen au Japon et évolution du système**

Au cours des 25 dernières années donc, l'environnement économique et social des quatre lignes de Shinkansen a été marqué par de grands changements consécutifs à la période de redémarrage de l'économie japonaise, suivie de la période de forte croissance économique, puis de la période de faible croissance ou « stabilité ». Dans cette conjoncture, les Shinkansen Tokaido-Sanyo furent un modèle de bénéfices constants grâce à une vitesse et une fréquence de trains élevées (10 par heure). On peut dire que le Shinkansen s'est développé pour devenir un train qui aura sa place au XXI<sup>e</sup> siècle.

Actuellement, bien que la croissance de la population du Japon ait ralenti, la concentration des habitants dans les zones bordant le Shinkansen Tokaido a progressivement augmenté (cf. tableau 3). Ce taux de concentration devrait se maintenir. La population des zones couvertes par les quatre Shinkansen représente 70 % de la population totale du Japon et ce taux devrait augmenter progressivement dans l'avenir. Les régions des 30 % restants sont peu peuplées et la croissance du trafic devrait aussi rester faible.

Les lignes du Shinkansen à venir devraient donc transporter un trafic moins important que les lignes de Shinkansen existantes. De plus, comme on l'a vu pour les Shinkansen Tohoku et Joetsu, de nombreux facteurs tels que la hausse du prix des terres et les mouvements d'opposition des communautés locales grèvent les coûts de construction. Et pour finir, le bilan des chemins de fer nationaux s'est lui-même détérioré. Dans ces conditions, on peut dire que le concept traditionnel de base pour la construction des Shinkansen (servir des zones étendues, forte croissance du trafic) est maintenant à un tournant.

Plusieurs orientations nouvelles sont à l'étude. La première est la réduction des coûts de construction, les économies de main-d'œuvre et la rationalisation de l'exploitation dans les régions à faible trafic où la capacité devrait être de 20 à 40 allers-retours par jour. La seconde est de ne plus considérer les recettes des Shinkansen comme faisant partie des recettes des chemins de fer nationaux pour au contraire utiliser les bénéfices des Shinkansen desservant les régions à fort trafic pour compenser les pertes des autres lignes des Shinkansen. La troisième est de chercher les moyens d'incorporer le bénéfice des effets économiques externes des Shinkansen.

Cependant, les réductions d'effectif et la rationalisation de l'exploitation ont déjà été encouragées et des efforts ont été faits dans ce sens par les Shinkansen. Le traitement séparé des recettes des lignes de Shinkansen devrait s'avérer difficile étant donné la situation financière actuelle des chemins de fer nationaux japonais. En conséquence, la recherche de moyens pour obtenir le bénéfice des effets externes des Shinkansen sera notre tâche principale pour l'avenir.

**Tableau 1. Prévisions et résultats de trafic pour les lignes Shinkansen**

*(par 100 millions de passagers/km)*

Lignes Shinkansen	Valeurs	Prévisions			Réel (B)	$\frac{A - B}{B}$
		Première	Intermédiaire	Finale (A)		
Tokaido (pour l'exercice 1970) . . . . .	180,3	173,9	258,8	278,9	% - 7,3	
Sanyo (Shin Osaka-Hakata) (pour l'exercice 1975) . . . . .	172,2	192,7	166,7	180,9	- 7,9	
Tohoku (Omiya-Morioka) (pour l'exercice 1983) . . . . .	122,4	80,6	56,0	59,8	- 6,4	
Joetsu (Omiya-Niigata) (pour l'exercice 1983) . . . . .	53,4	42,2	24,0	22,6	6,1	

**Tableau 2. Valeurs du PNB utilisées pour les prévisions de trafic du Shinkansen Tokaido  
(converties pour le niveau des prix de 1975)**

*(en trillions de Yens)*

Année d'exercice								Croissance moyenne annuelle 1970/64				
	1956	-	1960	-	1964	1965	-			1970	-	1975
Valeurs du PNB												
Valeur réelle du PNB.....	30,6		43,8		65,8	70,2		119,1		149,8	% 10,4	
Premières prévisions de 1958	30,6		-		49,6	52,8		71,4		96,6	6,2	Fondées sur le nouveau programme à long terme
Prévisions intermédiaires (à la mise en chantier) de 1959 ...	30,6		-		53,3	56,7		77,4		105,4	6,4	Fondées sur le programme de doublement du revenu
Prévisions finales de 1963 ...	30,6		41,2		55,8	60,1		87,7		128,0	7,8	Fondées sur le plan national de développement général

**Tableau 3. Evolution de la distribution de la population  
sur les itinéraires actuels des Shinkansen**

Année	Population totale (milliers)	Pourcentage de population sur l'itinéraire du Shinkansen					Zones non desservies actuellement	Total
		Tokaido	Sanyo	Tohoku	Joetsu			
1955 .....	90 076	39,90	10,34	9,34	2,75	37,67	100,-	
1965 .....	99 209	46,24	9,52	8,34	2,42	33,48	100,-	
1980 .....	117 060	50,61	9,19	7,84	2,09	30,27	100,-	

Source : Recensements de la population japonaise.

Source : « Livre Blanc des Transports pour l'exercice 1975 » du ministère des Transports  
 NB : Les valeurs indiquées sont le nombre de trains par jour dans la direction descendante (en partance de Tokyo) de mars 1975. Ils comprennent les trains réguliers, saisonniers et supplémentaires.

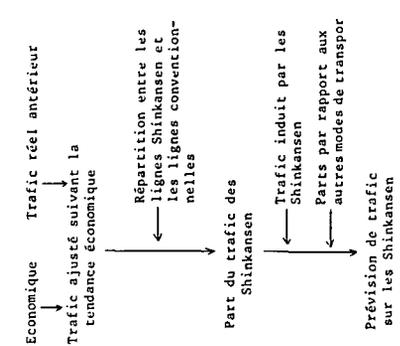


Schéma 2. Principe de l'estimation de trafic pour la première phase des Shinkansen

Schéma 2. Principe de l'estimation de trafic pour la première phase des Shinkansen.

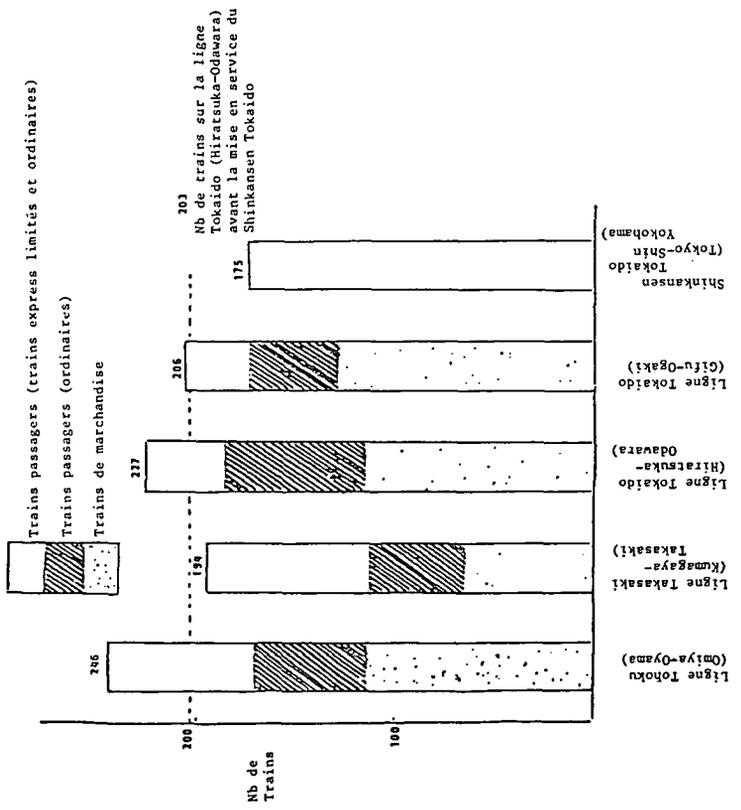


Schéma 1. Insuffisance de capacité des lignes principales.

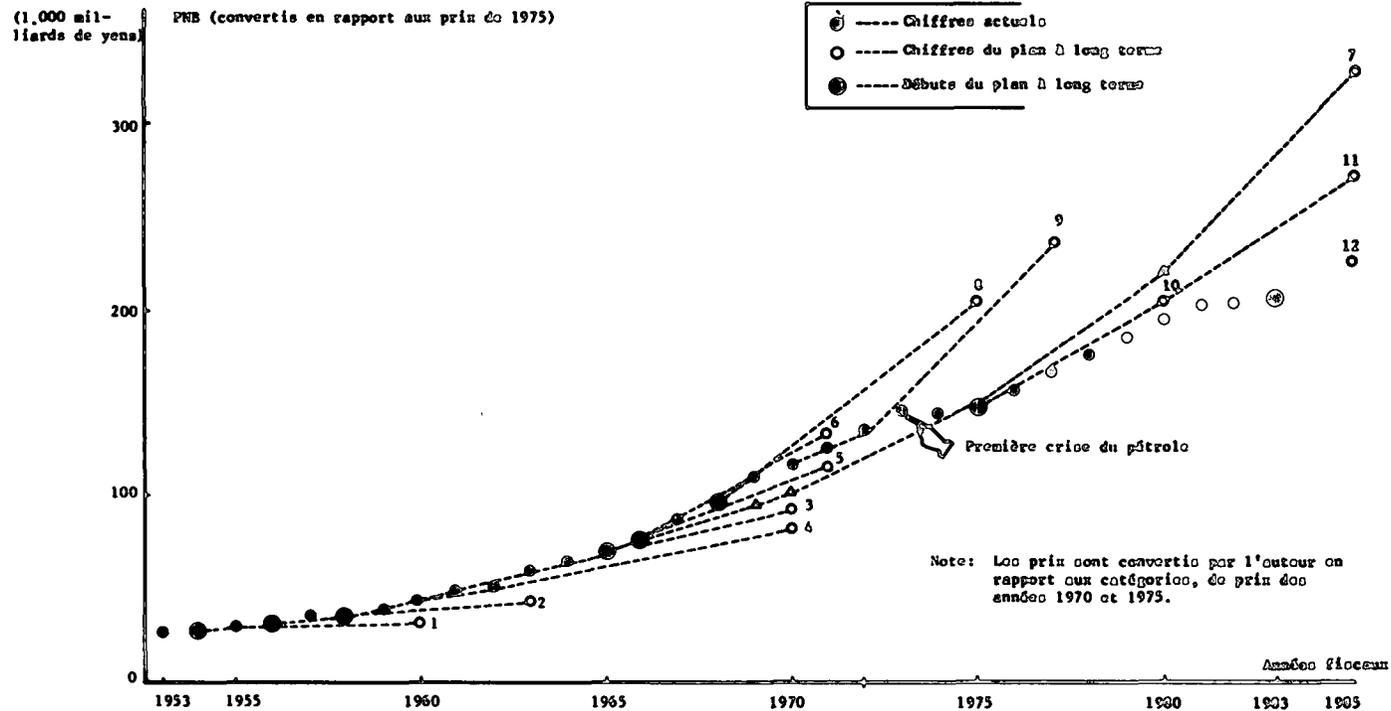


Schéma 3. Evolution du PNB au Japon  
(Ecart entre les prévisions à long terme et les résultats réels)

**Additif au schéma 3. Croissance moyenne annuelle du PNB  
(prévisions à long terme et résultats réels)**

Planification à long terme	Durée	Prévisions		Réel	
		%		%	
1. Plan quinquennal pour l'indépendance économique.....	1954-1960	4,9		9,0	
2. Nouveau programme à long terme.....	1956-1963	6,5		9,5	
3. Plan pour le doublement du revenu national.....	1958-1970	8,5		10,8	
4. Plan national de développement général	1958-1970	7,3		10,8	
5. Plan de développement économique et social.....	1965-1971	8,8		10,2	
6. Plan de développement économique et social (suite).....	1966-1971	11,1		9,9	
7. Nouveau plan national de développement général.....	1965-70, 1970-75 1975-80, 1980-85	8,0 8,0 8,0 7,8		11,1 4,7 5,1 3,5	1980-83
8. Nouveau plan de développement économique et social.....	1968-1975	11,0		6,2	
9. Plan économique et social de base....	1970-1977	9,4		3,8	
10. Plan économique pour la seconde moitié des années 1970.....	1975-1980	6,2		5,1	
11. Troisième plan de développement national général.....	1980-1985	6,0		4,5	1980-83
12. Perspectives et lignes directrices pour l'économie et la société des années 1980.....	1983-1990	environ 4 %		-	

# Effets sur le trafic d'un système de sustentation magnétique entre Francfort et Paris

---

M. Schmitt  
*Deutsche Forschungs  
und Versuchsanstalt für Luft  
und Raumfahrt  
DFVLR*

RFA

## Introduction

Depuis que le développement de la technologie de sustentation magnétique (Maglev) a débuté en 1969, des études soutiennent, contrôlent et orientent la recherche et le développement de cette technique, en analysant l'intégration de nouveaux réseaux ferroviaires à grande vitesse au sein d'un ensemble des réseaux de transport dans le futur.

La participation gouvernementale au financement du projet de développement de la technologie « Maglev » a été acquise à la suite de l'étude « HSB » (1) qui conclut que l'on pouvait prévoir une réelle amélioration des conditions du trafic sur grandes distances ; de même qu'un important bénéfice pouvait être espéré grâce à l'introduction d'un réseau « Maglev » entre, par exemple, le nord et le sud de l'Allemagne.

La majorité des investigations qui ont suivi, consistaient à déterminer les champs d'opération adaptés et à évaluer les possibilités d'un système « Maglev » à l'intérieur d'un réseau de transport (exemple 2). Il est clairement apparu que les principales caractéristiques du système « Maglev » auraient un effet percutant sur l'ensemble du réseau européen.

Après la décision en 1977, en faveur du système électromagnétique (EMS) en tant qu'orientation technologique à promouvoir en Allemagne et suite à la détermination en 1978 de construire une voie d'essai pour l'EMS, les études qui traitèrent les questions relatives aux toutes premières applications possibles de la technologie « Maglev » sont aujourd'hui du plus grand intérêt.

De plus, le débat au niveau national et international sur le système « Maglev » s'inscrit dans le cadre de discussions d'une plus grande portée encore au sujet de réseaux ferroviaires à grande vitesse.

En 1981/82, une investigation entreprise sur l'initiative du ministère allemand de la Recherche et de la Technologie a été achevée. Dans cette étude, les

---

(1) HSB : Hochleistungsschnellbahn.

caractéristiques, les coûts et les effets d'un système « Maglev » ont été analysés à partir de l'hypothèse d'une ligne fictive entre Francfort et Paris. Les résultats ont été évalués par la méthode de l'analyse des coûts développée pour le « Bundesverkehrswegeplanung » du ministère allemand des Transports.

Dans l'étude « Planungsstudie für ein Electromagnetisches Schnellebahnsystem » (3) les effets, entre autres, sur l'économie, l'environnement et la planification régionale ont été analysés. Dans ce qui suit, la partie de l'étude qui traite des effets directs sur le trafic (4) est présentée.

## I. Hypothèses, régions étudiées, méthodologie

Dans le « Planungsstudie », la mise en service d'une ligne de 535 km, entre l'aéroport de Francfort – via Kaiserslautern, Saarbrücken, Metz, Reims – Paris (aéroport de Charles-de-Gaulle) est proposée pour l'année 1990.

Selon cette étude, et pour une vitesse de 400 km/h, la durée du voyage serait de 2 heures – ce qui se situe bien en dessous de la durée actuelle des déplacements en trains ou en voiture (environ 6 heures pour les deux) de même, pour les avions, en comptant les temps d'enregistrement et de débarquement ; ce ne serait en aucun cas supérieur au temps mis par les lignes aériennes entre Francfort et Paris. Pour ce qu'il est convenu d'appeler le « cas de base », le tarif du « Maglev » est supposé égal au tarif de première classe du système ferroviaire existant.

La figure 1 présente une vue générale de la méthodologie. La première étape fut d'évaluer l'offre et la demande du transport sans la ligne « Maglev » et de prévoir l'évolution pour les années de référence, 1990 et 2000. Le cas « sans » a été comparé à la situation possible après la mise en service de la ligne « Maglev » entre Francfort et Paris (le cas « avec »).

Les hypothèses suivantes ont servi de base de calcul :

- à moyen terme, pas de réglementation plus astreignante dans le domaine des transports ;
- pas de modification profonde du comportement des voyageurs ;
- à moyen terme, pas de pénurie de pétrole mais une augmentation sensible du prix ;
- croissance économique modérée (2 à 2,5 % par an) jusqu'à l'an 2000.

## II. Méthodologie

A la suite de cette étude de planification, un autre objectif de cette investigation fut l'élaboration d'une méthode d'estimation adéquate, si possible transposable, de la demande actuelle de transport vers la demande pour le système « Maglev ».

A cause de la restriction de temps alloué à la recherche, des modèles et des méthodes disponibles aujourd'hui ont du être appliqués et adaptés aux problèmes réels.

Le tableau 1, présente les méthodes d'évaluation utilisées. L'innovation fut l'extension du modèle de répartition par mode à la prévision de l'effet du transfert par mode sur le réseau « Maglev » (modèle de logit multinomial basé sur les fonctions d'utilité).

La difficulté résidait dans l'impossibilité de pouvoir procéder à l'extension pure et simple de l'approche d'un  $n - \text{logit modal}$  (1), calibré par rapport aux données empiriques au cas modal  $n + 1$  sans donner de calibrage pour les nouveaux moyens de transport (mise en évidence par exemple de l'apparition de l'effet bus rouge - bus bleu comme conséquence de l'extension formelle).

L'hypothèse soutenant cette approche est que l'expérience tirée des données empiriques de la répartition par mode dans les domaines du transport routier et du transport ferroviaire pouvait être transposée, sans distorsion majeure à la situation de substitution, du réseau « Maglev » au réseau ferroviaire existant, ceci à condition que, pour la fonction d'utilité, les variables de la répartition par mode propres au réseau « Maglev » remplacent celles qui caractérisent le réseau ferroviaire.

Par conséquent, les prévisions de la répartition par mode du cas « avec » se sont effectuées en deux étapes :

1<sup>re</sup> étape : répartition bi-modale entre le transport automobile et le transport en commun ;

2<sup>e</sup> étape : répartition bi-modale des transports en commun entre les transports ferroviaires et le transport « Maglev ».

A la première étape, deux cas de figure ont été étudiés :

1<sup>er</sup> cas : les transports en commun sont représentés par le système « Maglev » (répartition par mode entre les automobiles et le réseau « Maglev ») ;

2<sup>e</sup> cas : le transport en commun est assuré par un train fictif à très grande vitesse, défini par un ensemble de figures les plus favorable quant aux variables de la répartition par mode caractérisant respectivement le réseau ferroviaire et le réseau « Maglev ».

A propos de la situation étudiée, c'est-à-dire la co-existence de réseaux automobiles, ferroviaires et « Maglev », et par rapport au premier cas de figure, la part de la demande calculée pour les transports en commun représente un minimum ; la présence supplémentaire d'un réseau ferroviaire (par rapport au 1<sup>er</sup> cas de figure) n'augmente pas la part de déplacements en automobile, mais, dans une certaine mesure tendrait à la réduire, suivant la qualité du service du réseau ferroviaire.

Les résultats de l'analyse du 2<sup>e</sup> cas de figure accordent une plus grande part aux transports en commun, dans une situation de concurrence entre l'automobile, les réseaux ferroviaires et le système « Maglev ».

Les valeurs maxi et mini étant très proches, la valeur moyenne a été appliquée aux calculs suivants.

---

(1) Exemple pour  $n = 2$  :  $V_1 (V_2) = F e^{N_1(N_2)} / e^{N_1 + N_2}$  ;  $F = V_1 + V_2$  avec  $V_1 (V_2) =$  la part du trafic assurée par le transport  $V_1 (V_2)$  et  $N = A_0 + A, X$ , comme fonction d'utilité en ce qui concerne les variables de la répartition modale à mode spécifié  $X$ .

Un modèle adéquat pour évaluer la stimulation de la demande suscitée par un nouveau système de transport fait encore défaut, et les possibilités de transposer des données empiriques établies en Angleterre, en France et au Japon pour des vitesses nettement supérieures, sont très limitées car elles ont été calculées à partir de vitesses plus lentes que celles de l'étude. La stimulation du trafic amenée par le réseau « Maglev » n'a donc pu être évaluée qu'approximativement. Pour l'an 2000, la stimulation du trafic premier suscitée par l'évolution du taux de mobilité des habitants de la région a été évaluée séparément de l'étude de quantification de la stimulation du trafic due à la croissance de la population et de l'offre accrue d'emploi suscitée par le réseau amélioré de transport que représenterait le réseau « Maglev ».

### **III. La demande de déplacement après la mise en service du réseau « Maglev »**

A partir des méthodes exposées au tableau 1, les aspects suivants sur la mise en service du réseau « Maglev » ont été examinés :

- volume et structure de la demande de déplacement pour le réseau « Maglev » ;
- effets de la mise en service d'un réseau « Maglev » sur les moyens existants de transport longue distance (voiture, train, avion) ;
- évolution du volume et de la structure de l'ensemble du trafic voyageurs à longue distance, dans la région de l'étude ;
- rapport entre « temps/déplacement », « coût/déplacement », et « kilomètres/déplacement » dans les cas de figure « avec » et « sans ».

Il a été procédé à des tests de réceptivité pour situer les variantes de l'offre.

#### *A. Le volume et la structure de la demande de déplacement pour le réseau « Maglev »*

Dans les conditions des cas de figure de base (tel que : tarif du réseau « Maglev » égal au tarif de première sur le réseau ferroviaire existant ; maintien d'un réseau ferroviaire compétitif) la ligne « Maglev » Francfort-Paris attirera vraisemblablement un total de 6,6 millions de voyageurs par an (dans les deux sens) en 1990. Pour 4 millions de ces voyageurs, le départ et la destination de leur déplacement se situent à l'intérieur de la région concernée.

Environ 60 % de la demande pour la ligne « Maglev » Francfort-Paris viendrait du trafic ferroviaire, 10 % environ du trafic aérien, et 15 % environ résulterait d'une part, du transfert modal du trafic aérien de type origine/destination sur le réseau « Maglev » et d'autre part, de la stimulation du trafic. Cependant, en ce qui concerne les kilomètres passagers, la part de la demande venant du trafic aérien est nettement plus élevée (30 %).

L'attrait que Paris exerce sur les touristes explique que les voyages entrepris pour raisons personnelles (voyages personnels de courte durée, voyages de vacances) l'emportent sur les voyages d'affaires (de 55 % à 45 %).

En établissant une moyenne d'environ 270 km parcourus pour chaque déplacement sur le réseau « Maglev » (ce qui correspond à la moitié de

la distance Francfort-Paris), un total d'environ 1,8 milliard de kilomètres/voyageurs par an (dans les deux sens) va au réseau « Maglev ».

Les deux sections de ligne Francfort-Paris et Paris-Metz sont d'une importance significative par rapport au nombre de voyages (environ 45 % de la demande totale sur le réseau « Maglev ») et surtout pas rapport aux kilomètres/voyageurs (environ 70 %).

La répartition de la charge qui en résulte montre une importante baisse de Paris vers Francfort.

Cependant, les voyages de vacances étant fortement liés aux saisons, l'inégalité de la charge entre les sections françaises et allemandes sur la ligne « Maglev » est bien moins significative.

Pour faire face à la demande des voyages en période de vacances, la capacité du train « Maglev » devra être plus du double sur la section française que sur la portion allemande pour la ligne Francfort-Paris.

La « densité dynamique », définie par le rapport des kilomètres/voyageurs réalisés par unité de temps aux kilomètres/voie, qui est un excellent indicateur de la rentabilité du réseau, atteint une moyenne d'environ 4 500 kilomètres/voyageurs par jour et direction par kilomètre/voie.

La prévision horaire annuelle et hebdomadaire de la demande sur le réseau « Maglev » a été évaluée approximativement : pendant les mois d'été, la demande est de 2,5 fois celle de janvier, mois où la demande est la plus faible. La demande en septembre se rapproche le plus de la demande moyenne. La plus forte demande serait de 50 000 voyageurs pour un seul jour et se situerait pendant les mois de vacances, un samedi.

En supposant que 15 à 20 % de la demande totale hebdomadaire puisse être affectée à l'heure de pointe, on peut évaluer le nombre de voyageurs par heure à environ 3 000 au maximum qu'il faudrait acheminer à la gare « Maglev » à Paris, terminus où se situerait la plus forte demande.

Une augmentation progressive de la demande de transport pour le réseau « Maglev » jusqu'à l'an 2000 a été évaluée à 8,4 millions de voyageurs par an (dans les deux sens) avec les conditions du cas de base ; augmentation que l'on impute à la croissance générale de demande de transport sur de longues distances, à l'amélioration accrue des conditions de concurrence en faveur du réseau « Maglev » (exemple : hausse du prix du pétrole) et à la stimulation du trafic secondaire (voir ci-dessus).

### *B. Effets de substitution du réseau « Maglev »*

La qualité et la quantité des effets du réseau « Maglev » sur les moyens de transport existants sont deux critères importants pour l'évaluation du réseau « Maglev ».

#### 1. Les répercussions sur le trafic ferroviaire

Le cas de base examine les répercussions d'un réseau « Maglev » dont la vitesse de pointe atteindrait 400 km/h et dont les tarifs s'aligneraient sur les tarifs de première d'un réseau ferroviaire qui n'aurait pas évolué.

Il convient également de prendre en compte l'hypothèse d'une concentration du trafic sur le réseau « Maglev » qui dépasserait l'hypothèse formulée pour

le flux origine/destination entre les villes du réseau ayant une correspondance sur le réseau et le flux du trafic dont l'origine/destination ne se situe pas sur la ligne mais qui utilise une portion de la ligne, ainsi que le flux de trafic de voisinage dont il faut diversifier les itinéraires en cas de forte attraction autour du réseau « Maglev ».

D'après les résultats du modèle qui sont dégagés, et du total du trafic ferroviaire concerné, 4 millions de voyageurs (soit environ 40 %) seront substitués (1). Dans l'étude prévisionnelle sur Francfort-Paris, la part de voyageurs de substitution, concurremment à la déviation des itinéraires atteint environ 45 % (1,8 million de voyageurs par an).

Si toutes les lignes du rail qui concurrencent directement le réseau « Maglev » sont présumées annulées, et ce, dans la mesure du possible sans préjudice au transport ferroviaire non-transférable, alors environ 0,5 million de voyageurs supplémentaires utiliseraient le réseau « Maglev ».

Si le réseau « Maglev » applique les mêmes tarifs que le réseau ferroviaire existant, tous les voyageurs du trafic origine/destination qui utilisent actuellement le réseau ferroviaire, adopteraient le réseau « Maglev ». De l'ensemble du transport ferroviaire étudié (qui comprend le flux du trafic de voisinage et de proximité) environ 55 % (soit 5,2 millions de voyageurs par an) seront attirés vers le réseau « Maglev ».

D'autres demandes arriveront sur le réseau ferroviaire grâce aux services provenant du réseau « Maglev » ; en comparant le cas « avec » et le cas « sans », la demande sur le réseau ferroviaire, exprimée en kilomètres/voyageurs, ne diminuerait que de 20 %.

Pour quelques connexions à la ligne « Maglev », entre Francfort et Paris, « des pertes primaires » (dues à l'attraction des voyageurs vers le réseau « Maglev ») et les « profits secondaires » (enregistrés par les services fournis par la ligne) s'annulent ; les profits sont même relativement en excédent.

Sur la ligne principale Francfort-Paris, l'ensemble de la demande en kilomètres/voyageurs (K/V) sur le réseau ferroviaire, dans le cas « sans » comme dans le cas « avec », est à peu près équivalente.

Dans la région traversée, et d'après les résultats du modèle, l'ensemble du transport en commun sur rail augmentera d'environ 90 % dans l'hypothèse d'une mise en service d'une ligne « Maglev » Francfort-Paris.

## 2. Répercussions sur le trafic automobile

En admettant que les tarifs du réseau « Maglev » s'alignent sur les tarifs de première du réseau ferroviaire et que le coût par K/V du transport automobile augmente entre 1977 et 1990 d'environ 25 % (en valeur constante), l'analyse prévoit (pour la moyenne des voyages toutes catégories confondues), une substitution à distance croissante, se situant entre 1 et 6 % de l'ensemble du transport automobile concerné. Avec 10 % environ, les taux de substitution les plus favorables seraient atteints pour les voyages d'affaires franchissant la frontière.

---

(1) Ce qui signifie qu'une partie au moins du voyage est effectuée sur le réseau « Maglev ».

D'après les tests de réceptivité effectués, une part plus importante du marché des déplacements automobile pourrait être captée par le réseau « Maglev », si des tarifs moins élevés, tels que ceux suggérés pour le cas de base, sont appliqués (exemple : tarif équivalent ou en-dessous de la 2<sup>e</sup> classe du réseau ferroviaire). Une hausse du coût du transport automobile aurait le même effet.

### 3. Répercussions sur le transport aérien

Dans les conditions du cas de base, avec des tarifs sur le réseau « Maglev » équivalents au tarif de première du réseau ferroviaire, un transfert quasi-total du transport aérien, avec départ et arrivée dans la région de la ligne Francfort-Paris, pourra être envisagé. Car pour toutes les correspondances, les variables applicables au mode de transport qu'est le réseau « Maglev » (sauf pour le critère assez mineur de la distance par voyage) sont égales ou supérieures à celles qui caractérisent le transport aérien.

Par exemple, compte tenu des tarifs avantageux appliqués dans le transport d'acheminement vers les aéroports, on considère comme non-transférable, le transport aérien dont ni l'origine, ni la destination du voyage se situe dans la région de l'étude (40 % de l'ensemble du transport aérien de la région). Cependant, puisque les coûts peu élevés des services annexes de correspondances ne reflètent guère le coût réel, mais qu'ils sont proposés en un système de tarification combinée pour éviter que les voyageurs n'empruntent, pour des déplacements de longues distances les lignes aériennes concurrentes, des ajustements bilatéraux entre les services offerts par le transport aérien et le réseau « Maglev » sont envisageables, impliquant au plus, la disparition des services annexes de correspondances du transport aérien.

En tout cas, le réseau « Maglev », avec une vitesse de pointe de 400 km/h pourrait assurer les services de liaison pour les longues distances, intégralement ou en partie, sans que la qualité du service en souffre (ceci par rapport aux services annexes du transport aérien actuel). Cependant, si le réseau « Maglev » fonctionnait à une vitesse de pointe de 300 km/h – ou moins – il serait désavantagé pour les distances de plus de 300 km. En effet, le critère « temps » est essentiel pour les voyageurs utilisant le transport aérien (avec un taux élevé de voyageurs « affaires »). Dans ce cas, le transfert des voyages ayant leur origine et leur destination dans la région, s'effectuerait également à un tarif moindre. Dans l'étude prévisionnelle, et dans ce cas seulement, un transfert de 50 % du transport aérien de type origine/destination a été supposé.

### 4. Effets de substitution sur les voyages à caractère spécifique

Pour la région étudiée, l'analyse prévoit par rapport à la moyenne des parcours et des moyens de transport, des taux de substitution plus importants (de 15 % à 20 %) pour les voyages de loisir (qui ont par ailleurs la valeur la moins élevée). Les voyages d'affaires et les voyages personnels de courte durée, tous deux relevant de ce type de trafic, sont substitués d'environ 10 % en moyenne.

*C. Evolution de l'ensemble de la demande en transport à longue distance, dans la région Francfort-Paris*

En conséquence, si le réseau « Maglev » était mis en service, l'effet produit sur l'ensemble de la demande serait une augmentation d'environ 0,8 million de voyageurs par an (dans les deux sens); ceci correspond à une augmentation d'environ 1,5 % du flux total du trafic examiné dans l'étude.

Le réseau « Maglev » captera une part de cette demande, se situant aux alentours de 12 %. En résumé, les modifications suivantes, dans la répartition par mode de transport, peuvent être constatées pour le cas « avec ».

	<b>Train</b>	<b>Automobile</b>	<b>Avion O/D seulement</b>	<b>Réseau « Maglev »</b>
Cas « sans » .....	17,8 %	80,3 %	1,9 %	-,
Cas « avec » .....	10,4 %	78,0 %	-,	11,6 %

La caractéristique principale de la technologie « Maglev » – par rapport à la rapidité des autres moyens de transport déjà existants – réside en une rapidité nettement plus élevée.

En ce qui concerne les conditions de transport (soit, par exemple, le temps de parcours mis pour relier d'autres réseaux de transport), après la mise en service d'un réseau « Maglev » Francfort-Paris et pour des parcours de porte à porte de 100 km et plus, un gain sur le temps de transport est possible en cas de substitution par mode.

En 1990, et pour la moyenne de tous les voyages de substitution, le gain sur le temps moyen de transport se situerait aux alentours de 45 minutes. Quoique le gain de temps puisse se faire aussi grâce à la substitution du mode aérien sur la ligne « Maglev », sa part dans le volume total de 4,4 millions d'heures par an, de gain transféré, serait bien entendu assez faible : environ 80 % du gain de temps/parcours proviendrait d'un transfert depuis le rail (gain par trajet transféré moyen, d'environ 50 minutes) et d'environ 15 % de l'automobile (gain moyen par trajet transféré d'environ 1 heure).

Pour l'ensemble des parcours transférés, la balance des coûts, entre le cas « avec » et le cas « sans », serait également excédentaire : environ 60 millions de DM par an peuvent être économisés par rapport au cas « sans ». Cependant, dans le cas de base, c'est le transfert par mode aérien qui seulement permet une économie élevée des coûts. Puisque, dans ce cas de base, le tarif du réseau « Maglev » équivaut au tarif de première classe du réseau ferroviaire, ceux qui voyageaient habituellement en deuxième classe, devront payer un tarif plus élevé s'ils empruntent le réseau « Maglev ». Le coût supplémentaire du trajet pour ce groupe de voyageurs se situerait aux alentours de 100 DM par an. Pour le transfert du mode automobile, et suivant les résultats de l'analyse, il n'y aurait pas de modification significative dans le coût du parcours.

Sur la moyenne de tous les trajets de transfert, la distance du trajet augmenterait d'environ 40 km par trajet. Cependant, 280 millions de kilomètres/voyageurs venant du mode automobile disparaîtraient dans le cas « avec ».

Au lieu des 425 km comme distance moyenne estimée pour un parcours de porte à porte pour les trajets transférés du mode automobile, seulement 215 km seraient parcourus sur le réseau « Maglev » et 245 km en annexe, sur le réseau ferroviaire.

### Conclusion et remarques

Dans les conditions définies ici et dans le cas de base de l'étude ainsi que pour les parcours « Maglev » allant jusqu'à 500 km, les systèmes suivants sont présumés transférables :

– le transport aérien de type origine/destination est presque entièrement transférable ;

– également, dans l'hypothèse d'un service du réseau ferroviaire constant, et d'un tarif « Maglev » équivalent au tarif de première du réseau ferroviaire, la moitié, à peu près, des voyageurs adopte le réseau « Maglev ». Ces voyageurs se déplacent, dans le cas « sans » par train entre des villes éloignées qui dans le cas « avec » auraient des gares « Maglev ». Qui plus est, le réseau « Maglev » suscite un effet de déviation considérable par rapport au trafic de voisinage. Compte tenu des conséquences sur la demande pour le réseau ferroviaire imputables au transport annexe destiné à desservir le réseau « Maglev », la baisse des K/V sur le réseau ferroviaire n'est pas sensible dans le cas « avec ».

– au coût prévisionnel escompté d'un voyage sur le réseau « Maglev » d'une part, et en voiture d'autre part, les trajets en voiture ne sont transférables que dans une moindre proportion (10 % au plus des trajets automobiles sont partiellement transférables, compte tenu des itinéraires).

Etant donné la qualité moyenne de ces données sur le trafic et le niveau théorique et pratique peu satisfaisant de l'analyse de la demande de transport, les résultats de l'étude présentent des incertitudes dont il n'est pas possible de cerner l'intensité.

La qualité de la collecte des données, en ce qui concerne le transfert du mode automobile en particulier, mais aussi du transfert ferroviaire doit être considérablement améliorée. De même le développement de modèles d'analyse de la demande – surtout en ce qui concerne l'induction du trafic par l'amélioration de l'offre de transport – doit être plus poussée, si les prévisions du « planungsstudie Francfort-Paris » entre autres, doivent atteindre un haut niveau de fiabilité.

De toute façon, une plus grande certitude dans l'appréciation du comportement « voyageurs » face à un trajet longue distance et face à des moyens de transport radicalement nouveaux, ne peut être acquise que sur la base d'expériences empiriques et avec des lignes de démonstration de la nouvelle technologie qui remplirait par ailleurs une mission de transport réelle. Avec un tel outil d'observation, l'outil de sondage des transports s'affinerait, et pourrait être appliqué avec une plus grande fiabilité.

### Références

1. Hochleistungs-Schnellbahn-Studiengesellschaft mbH, Studie über ein Schnellverkehrs-system. Im Auftrag des Bundesministers für Verkehr. Bonn, 1971-72.

2. Eberlein, D. ; Weber, P.J., Magnetbahnen und ihre Einsatzfelder in einem europäischen Netz. Bundesminister für Forschung und Technologie, BMFT, Bonn, 1978.
3. Several Institutes., Planungsstudie für ein Elektromagnetisches Schnellbahnsystem. Zusammenfassung. Bundesminister für Forschung und Technologie, BMFT. Bonn, Dezember 1980.
4. Schmitt, A. ; Keimel, H. ; Wüdermann, G. ; Halten, W. Verkehrliche Auswirkungen eines Elektromagnetischen Schnellbahnsystems Frankfurt-Paris. DFVLR-FB 82-13, Köln, Juni 1982.

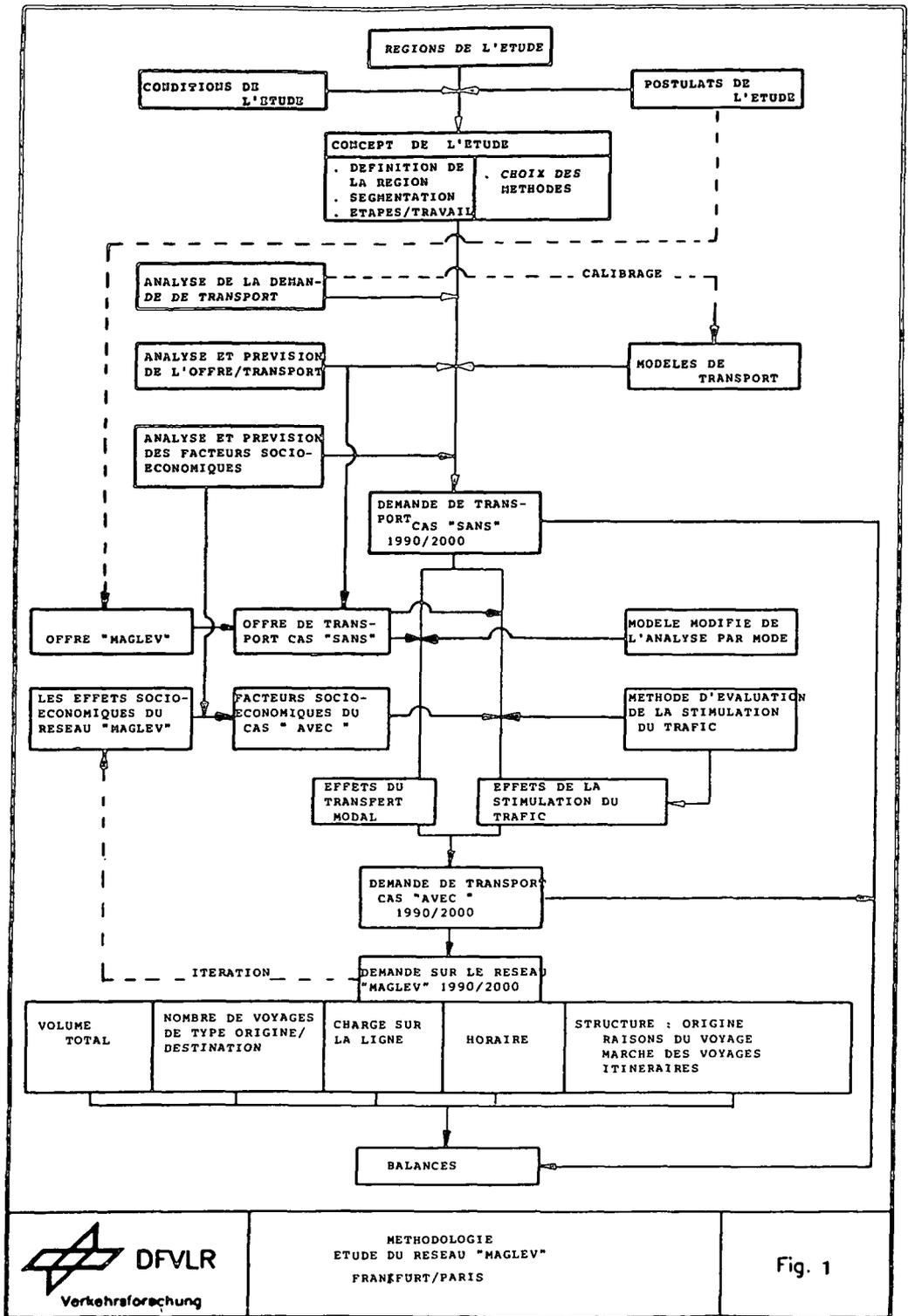


Fig. 1

Section allemande de la ligne :

PREVISIONS  
CAS " SANS "

Application d'un modèle à 3 étapes et à mode  
spécifié

Stimulation de voyage : "model conventionnel"

(ex. Hølsken et Ruske)

Répartition des voyages : modèle de gravité modifié

Transfert modal : modèle de répartition modale  
basé sur les fonctions  
d'utilité, développé par  
Prognos AG. Basel

Prévisions unimodal du transport aérien (1)

Autre moyens de transport  
"voyageurs" afférents aux  
grandes distances

Evaluation de l'évolution  
possible du transport par la  
méthode "mode/buts/facteurs de  
croissance spécifique, facteurs  
qui sont quantifiés en appli-  
quant les résultats de l'étude  
de l'OECD "L'avenir des  
transports voyageurs en Europe"  
et d'autres données du domaine  
de l'étude.

Transfert modal/  
substitution

PREVISIONS  
CAS " AVEC "

Modèle élargi de la répartition modale basé sur les fonctions  
d'utilité ;

Calibration séparée des transports en commun français et  
allemand ainsi que du transport avec un passage de frontière.

Modèle à 2 étapes : 1ère étape - répartition modale entre  
l'automobile et les transports en  
communs.

2ème étape - répartition modale entre le réseau  
ferroviaire et le réseau "Maglev"

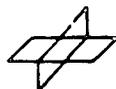
Etude séparée de la répartition modale entre le transport aérien du type origine/destination  
et le transport par réseau "Maglev". (En comparant les critères de l'offre, il est  
possible de parvenir à des conclusions bien définies). (2)

Stimulation du trafic: Evaluation sur la base des expériences anglaises, françaises et  
japonaises.

Méthodologie : les effets stimulants sont proportionnels aux effets  
de substitution.

(1) Les prévisions DFVLR du transport aérien pour le "Bundesverkehrswegeplanung" allemand

(2) Le transport aérien n'ayant pas son origine ou sa destination dans la région  
de l'étude n'a pas été prise en compte, car on a estimé que le caractère du  
transport de substitution ne pouvait lui être attribué.



DFVLR

METHODES D'EVALUATION DE LA DEMANDE DE TRANSPORT  
ETUDE DU RESEAU "MAGLEV" - FRANKFURT/PARIS

Tab. 1

## **Les effets de la mise en service d'une desserte ferroviaire à grande vitesse sur les caractéristiques du marché des déplacements et le partage de celui-ci entre les modes de transport**

---

MM. Morellet, Fourniau,

FRANCE

Lefol, Mme Leruez

*Institut de Recherche des Transports*

Les expériences passées en matière d'amélioration significative du niveau de service du chemin de fer sur une liaison ont été suivies pour la plupart d'un accroissement sensible du nombre des déplacements de personnes écoulés par le mode sur la liaison aménagée ; dans le même temps, le nombre total des déplacements effectués sur la liaison connaissait lui-même une certaine augmentation, et ceci malgré les diminutions qui pouvaient être observées en ce qui concerne le volume des déplacements aériens (dans le cas de liaisons desservies par avions), et, dans une moindre mesure, routiers.

Mais derrière le solde purement comptable des augmentations ou des diminutions de trafic par mode, se cachent des mécanismes très divers de modification des échanges de personnes et des modalités de déplacement des individus sur les liaisons considérées.

A la lumière des premières observations faites après la mise en service des dessertes par TGV sur l'axe Paris - Sud-Est et d'informations plus générales relatives aux déplacements à longue distance effectués par les Français, cette communication se propose de montrer en quoi la manifestation de phénomènes aussi complexes doit être prise en compte au stade de la modélisation, pour une bonne estimation a priori du trafic potentiel d'un projet de dessertes ferroviaires à grande vitesse.

### **I. Le bilan comptable de la première année de fonctionnement des dessertes par TGV sur l'axe Paris - Sud-Est en matière de trafic**

Parmi les informations disponibles à ce jour en ce qui concerne les effets des dessertes par TGV sur les trafics de l'axe Paris - Sud-Est, les plus riches (et néanmoins encore très fragmentaires) se rapportent à la première

phase de mise en service des dessertes (1) ; c'est en conséquence à cette période que nous nous référons, tout en sachant que les effets ainsi considérés restent évidemment en deçà de ce qu'a pu ou pourra encore provoquer la mise en service de la ligne nouvelle complète ou l'extension géographique des dessertes.

Les informations en question sont de deux sortes : celles qui touchent à l'activité des moyens de transport sur l'ensemble de l'axe, et celles qui permettent de caractériser le marché des déplacements sur une relation particulière.

#### *A. Les gains ou pertes de trafic selon les moyens de transport sur l'axe Paris - Sud-Est*

Au cours de l'année 1982, les trains rapides ou express ont transporté plus de 14 millions de personnes sur les lignes de l'axe Paris - Sud-Est, soit environ 2 millions de plus que n'en aurait connu le chemin de fer en l'absence des dessertes par TGV sur les mêmes lignes et pendant la même période.

Dans le même temps, le transport aérien connaissait sur les lignes de l'axe un manque à gagner correspondant à un trafic de 500 000 voyageurs et le nombre de personnes effectuant un parcours routier entre Paris et Lyon apparaissait comme légèrement inférieur à ce que celui-ci aurait dû être en l'absence des dessertes par TGV (la différence est difficile à évaluer précisément, mais ne doit pas excéder quelques centaines de milliers de voyageurs).

Au total, donc, il peut être imputé à la mise en service des dessertes par TGV, un accroissement du nombre annuel des déplacements effectués sur l'axe Paris - Sud-Est, tous moyens de transport confondus, qui correspond à plus de 1 million de voyageurs ; ce résultat est à comparer au chiffre de 6 millions de voyageurs écoulés par les TGV sur l'axe la même année.

#### *B. Les modifications apportées au volume et au partage du marché sur la relation entre la région parisienne et la région lyonnaise*

Mieux que les résultats globaux rappelés ci-dessus pour l'ensemble de l'axe, les observations faites à l'échelle de chaque relation particulière permettent d'apprécier dans quelle mesure la mise en service de dessertes ferroviaires

---

(1) Les caractéristiques des dessertes au cours de l'année 1982 sont rappelées brièvement ci-dessous :

- de septembre 1981 à mai 1982, desserte de Lyon, Saint-Etienne et Genève principalement, faisant passer le temps de parcours moyen sur Paris-Lyon de 4 h auparavant à 2 h 50 environ ;
- à partir de mai 1982, se rajoutent les dessertes des principales agglomérations du Midi de la France (Marseille, Avignon, Nîmes, Montpellier), permettant des gains de 1 h à 1 h 20 ;
- à partir de septembre 1982 renforcement de certaines des dessertes sur Genève et le midi et ouverture d'une desserte vers Chambéry et les Alpes.

Et ceci sur la base de tarifs de base par liaison égaux à ceux pratiqués antérieurement dans le cas des dessertes classiques ; à titre d'exemple, ces tarifs en 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> classe représentent respectivement 60 à 40 % du tarif aérien de base sur le parcours Paris-Lyon, et 75 à 50 % du tarif aérien sur Paris-Marseille. Par ailleurs, les services pour lesquels doit être acquitté un supplément tarifaire correspondent - de façon beaucoup plus systématique que cela n'était le cas auparavant - aux périodes de pointe journalière et hebdomadaire de la demande de trafic.

à grande vitesse modifie le volume et le partage modal du marché des trajets effectués entre deux zones origine et destination données.

En ce qui concerne la relation région parisienne – région lyonnaise (1), qui a tout particulièrement bénéficié des améliorations apportées aux dessertes dès fin septembre 1981, il semble acquis que ces améliorations sont à l'origine d'une augmentation significative du nombre de trajets effectués sur la relation, accompagnée d'un déplacement très net du partage de ce marché entre moyens de transport au profit du chemin de fer, et ceci en dépit de l'incertitude que font encore peser sur la connaissance des faits les limites inhérentes aux procédés utilisés pour le recueil des données.

Pour un jour ouvrable moyen de septembre 1982, le nombre total de trajets effectués serait supérieur de près de 15 % à ce que l'on estime devoir s'être produit en l'absence des dessertes par TGV ; par ailleurs, le chemin de fer verrait sa part de marché s'accroître de plus de 20 points au détriment principalement de la part de marché de l'avion.

**Parts de marché dans l'ensemble des trajets  
pour un jour ouvrable de septembre 1982 (1)**

	Sans TGV (reconstitution à partir des observations faites en septembre 81)	Avec TGV
Route .....	31 %	22 %
Air .....	36 %	22 %
Fer .....	33 %	56 %

(1) Source : enquêtes effectuées auprès des voyageurs routiers, ferroviaires et aériens de l'axe en septembre 1981 et septembre 1982, sous la coordination du SAEP.

Sur l'ensemble de la première année de fonctionnement des dessertes entre Paris et Lyon, le nombre des trajets effectués sur la relation par les seuls habitants des deux régions concernées serait supérieur de 15 % environ à ce que ces mêmes habitants faisaient en 1980 ; dans l'ensemble de ces trajets, la part de marché du fer augmente de 8 points d'une période à l'autre.

**Parts de marché dans l'ensemble des trajets  
effectués par les habitants des régions parisienne et lyonnaise (1)**

	En 1980	D'octobre 1981 à septembre 1982
Route .....	46 %	40 %
Air .....	16 %	14 %
Fer .....	38 %	46 %

(1) Source : enquêtes effectuées par la SNCF auprès d'un panel permanent de ménages.

(1) La région parisienne regroupe les départements de Paris, Val-d'Oise, Val-de-Marne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Yvelines, Essonne et Seine-et-Marne. La région lyonnaise regroupe, selon le cas, les départements du Rhône, de l'Ain, de la Loire et de la Haute-Loire (enquête voyageurs de septembre 1981 et 1982) ou ceux du Rhône, de l'Ain, de la Loire, de l'Isère, de la Haute-Savoie et de la Saône-et-Loire (enquêtes ménages de la SNCF) ; ces dernières zones, comparables en première approximation ont été choisies assez vastes pour renforcer la validité des données de trafic leur correspondant.

Au total, sur la relation considérée, le nombre des trajets effectués en chemin de fer semble avoir augmenté de plusieurs dizaines de % du fait des dessertes TGV ; et, sur l'ensemble des trajets effectués sur la relation, cette augmentation ne se trouve compensée que pour moitié environ par une diminution des trajets effectués sur un autre moyen de transport.

## **II. Les modifications apportées à la structure des déplacements effectués sur la relation Paris-Lyon après mise en service des dessertes par TGV**

Chaque trajet d'individu compté dans les bilans rappelés ci-dessus, avant et après mise en service des dessertes, peut être resitué dans un cadre plus vaste qui peut être :

- celui de l'ensemble des trajets effectués par des individus se déplaçant ensemble ;
- celui du voyage qui donne lieu au trajet en question et qui peut être caractérisé par un ou plusieurs motifs, une durée d'absence du domicile, les lieux de séjours concernés, etc. ;
- celui de l'échange de nature sociale ou économique au sens large entre deux zones origine et destination, qui motive le voyage lui-même.

Il est malheureusement trop tôt pour qu'un diagnostic détaillé et exhaustif puisse être fait de ce qui a pu ou continue de se produire en la matière depuis septembre 1981 sur l'axe Paris - Sud-Est ; les informations aujourd'hui disponibles ne s'y prêtent pas facilement, car encore incomplètes, inadaptées ou insuffisamment fiables.

On peut d'ailleurs penser qu'un tel diagnostic serait vraisemblablement prématuré, dans la mesure où toutes les premières années de fonctionnement des nouvelles dessertes ont dû donner lieu à certains phénomènes transitoires, certes similaires, mais non totalement identiques à ce qui pourra être observé dès que la situation se sera quelque peu stabilisée sur l'axe.

Il n'est pas inutile cependant d'indiquer ici les quelques renseignements qui peuvent être tirés des analyses déjà effectuées, qui concernent essentiellement la structure des trajets selon les motifs de voyage sur la relation entre région parisienne et région lyonnaise.

- En ce qui concerne le jour ouvrable moyen de septembre 1982 la proportion de trajets effectués sur la relation dans le cadre d'un voyage professionnel serait légèrement inférieure à ce qu'elle était juste avant la mise en service des dessertes par TGV.
- On observe un phénomène inverse si l'on compare les trajets effectués par les habitants des deux régions durant la première année de fonctionnement des nouvelles dessertes à ceux de l'année 1980 ; mais ceci ne contredit pas nécessairement l'assertion faite ci-dessus, puisque le léger accroissement de la part des trajets relevant d'un motif professionnel s'accompagne d'une augmentation plus importante des trajets effectués dans le cadre de voyages personnels à motif non touristique ; le tout se fait au détriment de la proportion de trajets effectués à des fins touristiques (vacances, week-end), qui se manifestent évidemment peu en jour ouvrable moyen de septembre.
- Différents du point de vue de la variation du nombre des trajets sur une période donnée, les phénomènes propres à chaque motif de voyage le sont

également du point de vue de l'évolution du partage du segment de marché correspondant entre les moyens de transport :

– la part du chemin de fer augmente de façon très nette en ce qui concerne les trajets effectués pour motif professionnel : de 10 à près de 30 points, selon les périodes et les sources considérées ;

– elle s'accroît également dans le cas des trajets à motif personnel (et tout spécialement en ce qui concerne les voyages à motif touristique), mais dans une moindre mesure : de quelques points à plus d'une dizaine de points, selon les périodes et les sources considérées.

Ces modifications apportées à la structure des trajets, des voyages et peut-être des échanges entre les deux régions ne sont pourtant pas ce qu'il est le plus intéressant à mettre en évidence dans le cas de la mise en service des dessertes ferroviaires à grande vitesse ; on sait en effet depuis longtemps qu'une bonne interprétation des effets d'un aménagement de transport passe par une analyse du comportement des individus propre à chaque motif de voyage.

Ce qui pose encore question, en revanche, c'est de savoir dans quelle mesure les individus a priori concernés sont amenés à modifier *l'ensemble des caractéristiques de leur mobilité* sur la relation, *ces caractéristiques* (parmi lesquelles on retrouve bien sûr, mais pas seulement, les nombres de trajets, motifs de voyages et moyens de transport principalement utilisés) *étant arrêtées simultanément* (1) compte tenu des possibilités nouvelles offertes par les dessertes ferroviaires.

Plus précisément, l'on peut s'interroger sur l'importance relative que prend, au sein des mécanismes mis en jeu par la mise en service de nouvelles dessertes, les phénomènes répertoriés ci-dessous, par référence à ce qui se passerait en l'absence des dessertes rapides :

- disparition de déplacements ayant certaines caractéristiques (en motifs de voyage, durée de celui-ci, taille du groupe en voyage, revenu et motorisation des voyageurs notamment), qui se seraient effectués sur la liaison par chemin de fer : on peut imaginer par exemple que des voyages d'une certaine durée (ou de personnes se déplaçant seules) se fassent en moins grand nombre, au profit de voyages plus brefs et plus fréquents (ou dans le cadre d'un groupe de plusieurs personnes) effectués par les mêmes individus ;

- disparition de déplacements ayant certaines caractéristiques, qui se seraient effectués sur la liaison par d'autres moyens de transport ; à ce sujet, on ne peut exclure que des voyages de courte durée effectués par avion, par exemple, se trouvent remplacés par des voyages avec utilisation du chemin de fer, de plus longue durée et éventuellement en moins grand nombre ; le phénomène inverse est d'ailleurs tout aussi imaginable ;

- disparition de déplacements ayant certaines caractéristiques, qui se seraient effectués sur d'autres liaisons par l'un ou l'autre moyen de transport, au profit d'une intensification des déplacements liés à un certain type d'échange ou du développement de nouveaux types d'échanges sur la relation aménagée

---

(1) C'est en effet une représentation aussi simplifiée des choses de supposer que le moyen de transport découle de façon quasi automatique d'un choix supposé fait en amont des autres caractéristiques du déplacement que de dire qu'un individu effectue un « choix » de moyen de transport entre solutions alternatives contrastées.

(suite à une modification dans le choix des lieux de séjour de week-end, par exemple) ;

- apparition de déplacements nouveaux de caractéristiques adaptées aux nouvelles dessertes, et empruntant logiquement ces dessertes ; et ceci de façon concomitante (le cas échéant liée) aux disparitions évoquées ci-dessus, ou bien traduisant simplement une plus grande intensité ou un renouvellement des échanges sur la relation ;
- enfin, simple changement du mode de transport utilisé principalement pour des trajets qui voient le reste de leurs caractéristiques inchangées.

### **III. La variabilité de la structure des déplacements effectués sur une relation en fonction de l'offre de transport existant sur celle-ci**

Ce qui ne peut encore être véritablement bien étudié à propos des dessertes par TGV sur l'axe Paris - Sud-Est, peut être pressenti à l'échelle de la population de l'ensemble des déplacements effectués à longue distance par les résidents français.

En effet, en renonçant à mettre en évidence la dimension dynamique des phénomènes (quels liens existent entre disparitions et apparitions de déplacements de certains types ?), il peut être au moins constaté ce à quoi conduit, in fine, l'ensemble des mécanismes imaginables, du point de vue de la structure des déplacements effectués sur une relation caractérisée par une certaine offre plurimodale de transport.

Et, au contraire de ce qui a pu être présenté plus haut à propos de l'axe Paris - Sud-Est, les situations considérées maintenant sont pour l'essentiel le résultat d'évolutions à long terme, couvrant plusieurs années (ou même dizaines d'années) depuis l'avènement du niveau d'offre plurimodale considéré.

A partir des résultats de l'enquête Transports 1981, l'IRT a construit une base de données (1), qui permet de mettre en rapport les modalités des déplacements effectués par les français en 1981-1982 avec le niveau de service pluri-modal offert à l'époque par le système de transport interrégional sur le territoire national.

De façon beaucoup plus sommaire que ce que pourront donner dans les mois qui viennent les analyses de données approfondies et détaillées, il est intéressant de présenter sans attendre les remarques que suggère un premier examen de la base en rapport avec les questions traitées ici.

Ainsi, est-il très instructif de comparer les modalités des trajets d'individus recensés en 1981-82, selon que

- ceux-ci sont effectués entre deux départements français qui sont reliés à la fois par une ligne aérienne (directe ou avec une correspondance facile entre deux vols successifs) et par des trains directs rapides (TEE ou TGV),
- ou au contraire ceux-ci se font entre deux départements toujours reliés par une ligne aérienne, mais sans desserte ferroviaire très attractive (parcours comprenant deux correspondances ou plus).

---

(1) Pour plus de détail sur le contenu de la base, voir l'annexe 1.

Du fait du critère de bonne desserte aérienne retenu pour leur sélection les deux populations de trajets correspondent à des distances assez longues entre commune origine et commune destination à vol d'oiseau (pour la plupart, dépassant 400 km) ; pour chacune de ces populations, le tableau ci-après précise :

- la structure des trajets selon le nombre de personnes accompagnant l'individu dans son trajet, par motif de voyages,
- la part de marché du fer dans chaque segment correspondant à une taille de groupe et un motif donnés.

Si il se confirme que la part du fer tend à s'accroître pour la grande majorité des segments de marché quand s'améliore le niveau de service du mode, il apparaît que ce phénomène s'accompagne d'une augmentation significative du poids relatif des segments correspondant à des personnes se déplaçant seules dans le marché total.

Une explication plausible à cet état de fait est que, sur les relations considérées, l'absence de possibilités de transport attractives en chemin de fer laisse plutôt la place à la réalisation des déplacements de groupe, particulièrement adaptés à l'usage de la voiture particulière (ou de l'autocar) ; cependant, l'on ne sait pas très bien si l'apparition en plus grand nombre de trajets d'individus isolés dans le cas de dessertes ferroviaires rapides correspond à des déplacements qui ne se réaliseraient pas - même selon d'autres modalités - en l'absence de ces dessertes, ou se substitue au contraire à des déplacements qui se feraient, autrement, avec des tailles de groupe plus importantes.

Quoi qu'il en soit, cet exemple vient renforcer l'hypothèse selon laquelle, en cas d'amélioration du niveau de service ferroviaire, l'augmentation du trafic du mode sur la liaison aménagée provient aussi bien de l'adaptation de l'ensemble des modalités de certains des déplacements effectués sur cette liaison, que de la simple modification du choix du mode de transport principal pour des trajets à autres caractéristiques inchangées : appliquées à la structure des trajets constatées en situation d'offre ferroviaire médiocre, les augmentations de part de marché du fer constatées par type de trajet en présence de dessertes rapides font conclure à une augmentation du trafic ferroviaire (à volume de marché total donné) de 35 % environ ; si l'on tient compte en outre de l'effet supposé de l'existence des dessertes rapides sur la structure des trajets (toujours en partant de la structure observée en situation ferroviaire médiocre et en raisonnant à volume de marché total donné), le calcul conduit à un accroissement du nombre de trajets ferroviaires de près de 50 %.

Bien entendu, les considérations faites ci-dessus devront être vérifiées (il convient notamment de s'assurer que des caractéristiques des relations  $O \times D$ , non prises en considération ici, n'interfèrent pas trop avec le rôle joué par les caractéristiques d'offre ferroviaire et aérienne), complétées (pour ce qui est des autres modalités des déplacements, et des autres situations d'offre) et, si possible, formalisées d'un point de vue mathématique par l'analyse de l'ensemble de la base de données et des autres sources d'information utiles ; à cet égard, on trouvera dans le paragraphe suivant quelques réflexions méthodologiques sur ce que devrait être une démarche de modélisation appropriée.

**Modalités de déplacements effectués par les résidents français en 1981-82  
sur deux types de relations entre départements à offre ferroviaire contrastée**

Voyages professionnels	Part de marché du fer (en % de trajets)	43 % / 44 %	31 % / 27 %
	Proportion de trajets dans le marché du motif	0,67 / 0,80	0,33 / 0,20
Voyages personnels de moins de 4 jours	Part de marché du fer (en % de trajets)	66 % / 75 %	15 % / 25 %
	Proportion de trajets dans le marché du motif	0,13 / 0,24	0,87 / 0,76
Voyages personnels de plus de 4 jours	Part de marché du fer (en % de trajets)	59 % / 60 %	14 % / 23 %
	Proportion de trajets dans le marché du motif	0,11 / 0,17	0,89 / 0,83
Desserte ferroviaire médiocre (1 581 observations)	Desserte ferroviaire rapide directe (1 030 observations)	Personnes se déplaçant seules	Personnes se déplaçant en groupe

**IV. Les enseignements à tirer des constatations ou hypothèses faites pour l'évaluation des projets de dessertes ferroviaires à grande vitesse**

Il peut paraître superflu, voire non souhaitable d'un point de vue opérationnel, d'insister sur la complexité des phénomènes qui font qu'au total, après mise en service de dessertes ferroviaires rapides, l'activité de chaque moyen de transport s'accroît ou diminue dans telle ou telle proportion.

Mais il nous paraît à tout le moins nécessaire, au seuil de chaque exercice de prévision de trafic ou d'évaluation relatif à un projet de dessertes, de poser la question de l'enjeu que représente la prise en considération plus ou moins fidèle de ces phénomènes quant à la qualité des résultats recherchés, compte tenu des délais et des moyens d'étude disponibles.

Nous ne mentionnons ici les questions d'évaluation que pour signaler que tout choix de critère touchant à la réalité des avantages retirés par les individus ou les collectivités des nouvelles dessertes implique que l'on sache en quoi exactement les modalités d'échanges, de voyages ou de trajets se modifient par rapport à une situation de non réalisation du projet.

En matière de prévision de trafic, en revanche, l'on peut assez facilement montrer de quelle façon la prise en compte des phénomènes, au stade de la modélisation des mouvements de trafic en relation avec l'évolution de l'offre, influe sur la fiabilité ou le champ de validité des méthodes employées.

L'annexe 2 met en évidence, dans le cas d'un exemple fictif, le biais que peut introduire le recours aux techniques de modélisation les plus courantes pour l'estimation du trafic ferroviaire supplémentaire imputable à un projet de dessertes à grande vitesse.

On y voit comment l'effort que l'on peut faire pour segmenter l'ensemble des déplacements en types aussi homogènes que possible (notamment du point de vue des conditions de partage entre les différents moyens de transport) reste vain, tant que ne sont pas connues les lois qui régissent, après mise en service d'une desserte à grande vitesse, l'adaptation des modalités de chaque déplacement dans leur ensemble.

Bien entendu, il ne s'agit pas de tirer un enseignement à valeur générale d'un résultat chiffré qui dépend, évidemment, directement de la façon dont ont été définis les exemples utilisés dans l'annexe.

Mais l'intérêt d'un tel exemple, nous semble-t-il, est de bien montrer en quoi l'existence éventuelle de phénomènes analogues à ceux répertoriés au paragraphe III fait peser un doute sur la validité de la transposition de méthodes éprouvées sur certaines relations au cas d'autres relations, même si le soin a été pris de prévoir un certain niveau de désagrégation selon des types homogènes de déplacements.

Et si le recours à une représentation simplifiée (et même dans certains cas fautive) des phénomènes réels peut se justifier pour des raisons de délais ou de moyens d'étude (1), la vraie solution consiste à plus long terme à tenir compte explicitement des interactions qui existent entre les divers mécanismes mis en jeu par la mise en service des dessertes.

A cet égard, il est assez facile de concevoir sur le plan mathématique un modèle fondé sur des lois de probabilité *liées*, relatives chacune aux conditions de manifestation sur une relation donnée d'un certain volume de trajets correspondant à des modalités de déplacement données (et parmi celles-ci, le mode de transport utilisé principalement) en relation avec le niveau de service des divers moyens de transport.

Les véritables difficultés commencent au stade de l'ajustement d'un tel modèle.

Ainsi comment résoudre, dans l'hypothèse d'un ajustement fondé sur la base de données décrite en annexe 1, les problèmes soulevés par le fait :

- que les différences observées spatialement sont le résultat d'effets de long terme,
- qu'historiquement, l'existence d'un bon niveau est autant la conséquence que la cause de l'importance particulière des courants de trafic sur une liaison,
- qu'en favorisant les échanges sur la liaison concernée, la qualité de desserte d'un moyen de transport donné peut être à l'origine, sur longue période, de déplacements effectués par d'autres moyens de transport ?

Certes, une base aussi fournie et aussi détaillée se prête tout naturellement à des analyses de données particulièrement fines et satisfaisantes d'un point de vue statistique ; mais, à notre sens, il ne pourra être fondé, sur la base de ces analyses, un modèle de prévision des effets de dessertes à grande vitesse à court terme sans qu'il soit tiré parti également :

---

(1) Voir à ce sujet le paragraphe II-4-2 de la communication de MM. Huart et Morellet, « Les progrès méthodologiques nécessaires à une meilleure évaluation a priori d'un projet de dessertes ferroviaires à grande vitesse en Europe ».

- de la mesure des phénomènes dynamiques observés à l'occasion de la mise en service de dessertes rapides réelles,
- de l'investigation directe auprès des individus, visant à révéler les modifications potentielles des pratiques de ces derniers dans l'hypothèse de telles dessertes sur telle ou telle liaison.

Or, force est de constater qu'en la matière l'expérience acquise est encore loin d'être satisfaisante, tant sur le plan méthodologique que sur celui de la richesse des informations aujourd'hui disponibles.

## Annexe 1

### Description de la base de données construite à partir de l'enquête Transports 1981

---

Le principe de la base consiste à décrire, pour chaque unité d'un échantillon de trajets d'individu supposés représentatifs des déplacements à longue distance effectués par les résidents français pendant un an,

- les principales caractéristiques du trajet, du voyage ayant donné lieu à celui-ci, du voyageur lui-même ou du ménage au sein duquel vit ce dernier,
- les principales caractéristiques du niveau de service permis par l'utilisation principale de trois moyens de transport (voiture particulière, train et avion) pour aller du lieu d'origine au lieu de destination de chaque trajet, et ceci pour différentes dates ou heures de départ ou d'arrivée encadrant les dates ou heures effectivement retenues pour le trajet.

#### I. Description des trajets

Les trajets considérés sont ceux effectués sur le territoire français par les membres des quelques 7 000 ménages français interrogés à l'occasion de l'enquête Transport 1981, dans le cadre de voyages effectués à plus de 80 km du domicile à vol d'oiseau et s'achevant au cours d'une période de trois mois consécutifs donnés, ces périodes étant distribuées sur l'ensemble des ménages de façon à couvrir la totalité de l'année s'écoulant de mars 1981 à février 1982 (1); au total, 19 000 trajets distincts (2) ont été recensés, associant un ou plusieurs membres d'un même ménage de l'échantillon d'enquête.

La liste des caractéristiques relatives à ces trajets est dressée ci-dessous, l'unité statistique considérée étant le trajet effectué par chaque individu.

---

(1) On remarquera que la période d'enquête couvre les cinq premiers mois d'exploitation des dessertes par TGV entre Paris et Lyon (en première phase); mais l'échantillon d'enquête n'est pas assez fourni et la période trop courte et vraisemblablement trop transitoire pour que des enseignements spécifiques aux effets de la mise en service des TGV sur le comportement des individus puissent être vraiment tirés de la base de données.

(2) Les distances parcourues à l'occasion de ces trajets sont pour 60 % d'entre elles comprises entre 100 et 250 km, et pour 40 % supérieures à 250 km.

### *A. Caractéristiques du trajet*

- Poids du trajet du point de vue de la représentativité à l'échelle nationale, compte tenu de la structure de l'échantillon de ménages et des biais inhérents au mode de recensement des trajets auprès de chaque ménage ;
- dates et heures de départ du lieu d'origine et d'arrivée au lieu de destination ;
- type de commune à l'origine et à la destination ;
- nombre de personnes participant au même trajet (avec identification des membres du ménage auquel appartient l'individu) ;
- moyen de transport utilisé principalement au cours du trajet ;
- moyen de transport secondaire éventuel, utilisé sur une distance de plus de 50 km.

### *B. Caractéristiques du voyage (1)*

- Durée d'absence du domicile, type d'hébergement aux destinations atteintes, éventualité d'un voyage organisé.

### *C. Caractéristiques de l'individu (2)*

- Statut au sein du ménage, âge, sexe, niveau de scolarisation, disposition de permis de conduire, pratique de la conduite, état professionnel, disposition d'abonnements sur les transports publics, lieu de résidence pendant l'enquête (si différent de celui du ménage).

### *D. Caractéristiques du ménage (3)*

- Taille et structure du ménage, CSP du chef de ménage, revenu, type de lieu de résidence, nombre de voitures ou de deux roues à disposition, disposition d'une résidence secondaire.

## **II. Description de l'offre pluri-modale**

Pour les 6 500 couples différents de communes constituant respectivement l'origine et la destination d'un trajet recensé à l'occasion de l'enquête Transports 1981, sont décrites les conditions de parcours offertes par l'utilisation principale de la voiture particulière, du train ou de l'avion (4), tout au long de l'année d'enquête ; ainsi, peuvent être reconstituées à loisir

---

(1) Il est également possible de décrire chaque voyage par la suite de trajets auxquels il a donné lieu.

(2) Inversement, l'on peut décrire l'ensemble des trajets ou voyages effectués pendant la période d'enquête par un individu donné ou par tout ou partie des membres d'un ménage.

(3) Les distances correspondantes entre communes se trouvent pour moitié environ comprises entre 100 et 250 km pour la route, et pour moitié supérieures à 250 km.

(4) Faute d'informations précises sur les possibilités d'existence et les conditions d'utilisation des services d'autocar à longue distance (qui ne constituent pas pour la plupart d'entre eux, une offre « permanente », indépendante de la demande qui se manifeste à un instant donné), les seules indications fournies par la base en ce qui concerne le transport collectif routier se réduisent à la description des itinéraires routiers eux-mêmes.

les conditions de transport correspondant ou bien aux dates et heures effectivement retenues pour le trajet, ou bien sur toute période choisie selon des critères donnés au voisinage de ces dates et heures effectives.

#### *A. Caractéristiques de l'offre « voiture particulière »*

Une recherche automatique sur la base d'une représentation informatisée du réseau français a permis de décrire

- l'itinéraire le plus rapide, en temps de parcours, de la commune origine à la commune destination,
- l'itinéraire le moins long, en distance, entre les mêmes communes,
- l'itinéraire le plus rapide, mais sans utilisation des autoroutes à péage (1).

Pour chacun de ces itinéraires, on connaît le kilométrage correspondant décomposé selon différents types de routes empruntées (les autoroutes à péage étant distinguées selon leur nom), ce qui permet de calculer les temps de parcours, dépenses monétaires et divers indicateurs de « confort » de conduite sur l'itinéraire en fonction de vitesses, prix unitaires et caractéristiques de confort attribués à chaque type de route pour chaque période de l'année.

#### *B. Caractéristiques de l'offre « train »*

Sur la base d'une description « manuelle » des itinéraires ferroviaires envisageables entre gares proches des communes origine et destination, et d'un fichier informatisé des indicateurs horaires de la SNCF, une recherche et une description automatiques sont faites

- de l'ensemble des trains qui peuvent être empruntés sur chaque itinéraire, en tenant compte des possibilités de correspondance et des jours de circulation des trains (une sélection entre ces différents trains par itinéraire, puis entre itinéraires eux-mêmes, pouvant ensuite être faite sur la base de critères concernant les horaires de départ ou d'arrivée, le temps de parcours, le prix payé, les modalités de correspondance, ou les types de trains empruntés),
- des trajets terminaux entre gares extrêmes et communes origine ou destination, supposés faits par la route et traités de la même façon que les itinéraires routiers entre communes origine et destination (voir ci-dessus).

#### *C. Caractéristiques de l'offre aérienne*

En ce qui concerne l'avion, la recherche automatique comporte simultanément le choix d'un (ou de plusieurs) itinéraires entre aéroports accessibles au départ des communes origine et destination et la reconstitution des possibilités de vols sur cet (ou ces) itinéraire(s), à partir d'un fichier informatisé des indicateurs horaires et tarifaires des compagnies aériennes intérieures ; à l'image de ce qui est fait pour le train, on connaît pour chaque itinéraire :

- les horaires et tarifs des vols possibles, avec correspondances éventuelles ;
- les trajets terminaux entre aéroports et communes origine ou destination, supposés faits par la route.

---

(1) Ou encore tout itinéraire minimisant une fonction donnée du prix et du temps de parcours.

**Les biais introduits par les techniques habituelles de modélisation du comportement des individus**

---

Habituellement, les techniques de modélisation utilisées pour estimer le trafic potentiel d'une desserte ferroviaire à grande vitesse consistent à appliquer à l'ensemble des trajets en situation initiale (supposé connu par ailleurs, avec distinction éventuelle selon différents types de trajets) des règles mathématiques plus ou moins sophistiquées, ajustées sur la base d'observations faites à l'occasion de mises en service d'aménagements réelles ou de comparaisons spatiales entre situations d'offre contrastées.

Le mode opératoire retenu le plus couramment comporte :

- ou bien l'application de simples valeurs d'élasticité directe du nombre de trajets ferroviaires au niveau de service plurimodal ;
- ou bien les calculs simultanés et indépendants du nombre des trajets existant initialement qui sont « transférés » sur les nouvelles dessertes (en provenance notamment d'autres moyens de transport que le fer) et du nombre de trajets « nouveaux » générés par les dessertes et empruntant par définition ces dernières ;
- ou enfin, l'estimation séquentielle de la variation du nombre total des trajets en fonction de la modification du niveau de service plurimodal, puis du déplacement du partage modal de l'ensemble des trajets consécutif à la plus grande attractivité du mode ferroviaire.

Quelle que soit la méthode retenue, l'application des règles se fait de façon plus ou moins agrégée, c'est-à-dire en considérant un plus ou moins grand nombre de types de trajets (selon le motif du voyage, ou selon tout autre caractéristique) ; mais, presque toujours, le cas de chaque population correspondant à un type de trajet est traité indépendamment de ce qui peut se passer en ce qui concerne les autres types.

Afin de montrer quel biais peut être introduit par le fait de ne pas tenir compte des éventuelles interférences qui peuvent exister entre les effets des dessertes à grande vitesse par type de trajets, il est proposé d'examiner ce que donnent les techniques habituelles, appliquées à un cas concret d'amélioration de l'offre ferroviaire après avoir été ajustées sur les observations

faites à l'occasion d'un autre cas concret, connaissant la même amélioration d'offre, mais dans un contexte de structure des trajets différent.

Le cas utilisé pour l'ajustement des règles prévues par le modèle (cas n° 1) est un exemple fictif de modification des pratiques de déplacement sur une relation, qui s'inspire pour ce qui est de certains ordres de grandeur (partage du marché entre les moyens de transport, et augmentation du nombre total des trajets à la suite de la mise en service des dessertes étudiées) de ce qui a été effectivement observé en septembre 1982 sur la relation Paris-Lyon en ce qui concerne les voyages professionnels.

Les modifications que l'on suppose avoir été observées peuvent être résumées comme suit, en nombre de trajets par moyen de transport, en supposant que le nombre total des trajets est de 100 en l'absence de dessertes à grande vitesse.

Cas n° 1	Voyages sans nuit passée à la destination	Voyages comprenant au moins une nuit passée à la destination
Personnes voyageant seules	sans / avec desserte	sans / avec desserte
	Route ..... 2/2 Fer..... 1/8 Air..... 7/4	Route ..... 5/3 Fer..... 7/10 Air..... 8/4
	Total ..... 10/14	Total ..... 20/17
	TRAJETS DE TYPE A	TRAJETS DE TYPE B
Personnes voyageant en groupe	ENSEMBLE DES TRAJETS sans / avec desserte	
	TRAJETS DE TYPE C	TRAJETS DE TYPE D
	Route ..... 26/19 Fer..... 32/66 Air..... 42/25	Route ..... 14/9 Fer..... 15/26 Air..... 11/5
	Total ..... 100/110	Total ..... 40/40
	Route ..... 5/5 Fer..... 9/22 Air..... 16/12	Route ..... 14/9 Fer..... 15/26 Air..... 11/5
	Total ..... 30/39	Total ..... 40/40

Les mécanismes qui ont conduit à de telles modifications sont par hypothèses les suivants :

- 2 trajets de type a effectués par avion disparaissent, au profit de 4 trajets de type c par fer ;
- 2 trajets de type b par avion se dédoublent en 4 trajets de type a par fer ;
- 2 trajets de type d par avion se dédoublent en 4 trajets de type c par fer ;
- 11 trajets par avion se reportent simplement sur le fer, dont 1 de type a, 2 de type b, 4 de type c et 4 de type d ;
- 1 trajet de type b par la route se transforme en un trajet de type a par le fer ;
- 2 trajets de type d par la route se réduisent à un trajet de type c par le fer ;
- 4 trajets par la route se reportent simplement sur le fer, dont 1 de type b et 3 de type d ;
- 5 trajets apparaissent sans que leur existence n'implique la disparition de trajets effectués anciennement, dont 1 de type a et 4 de type d.

L'autre cas (cas n° 2), auquel seront appliqués les modèles ajustés sur le cas n° 1, est construit en appliquant de façon strictement proportionnelle les modifications décrites ci-dessus pour les types a, b, c ou d, à des effectifs différents de trajets par type ; c'est donc le résultat produit par les mêmes mécanismes fondamentaux de modification du comportement des individus que dans le cas n° 1, mais jouant sur une structure de trajets différente au départ.

Le résultat en question est le suivant, toujours en partant de 100 trajets en l'absence de dessertes rapides.

Cas n° 2	Voyages sans nuit passée à la destination	Voyages comprenant au moins une nuit passée à la destination	
Personnes voyageant seules	sans / avec desserte	sans / avec desserte	
	Route ..... 10/10 Fer..... 5/15 Air..... 35/20 Total ..... 50/45	Route ..... -/- Fer..... -/- Air..... -/- Total ..... -/-	
Personnes voyageant en groupe	TRAJETS DE TYPE A	ENSEMBLE DES TRAJETS sans / avec desserte	TRAJETS DE TYPE B
	TRAJETS DE TYPE C	Route ..... 22 /19,5 Fer..... 21,5/63,5 Air..... 56,5/34,5 Total ..... 100/117,5	TRAJETS DE TYPE D
	Route ..... 5/5 Fer..... 9/35,5 Air..... 16/12 Total ..... 30/52,5	Route ..... 7/4,5 Fer..... 7,5/13 Air..... 5,5/2,5 Total ..... 20/20	

Ajustées par type de trajet sur une même et unique observation, les trois techniques de modélisation évoquées ci-dessus conduisent évidemment au même résultat lors de l'application au cas n° 2 ; dans le cas de la plus simple de ces techniques (celle fondée sur des valeurs d'élasticité du trafic ferroviaire au niveau de service plurimodal), l'exercice se décompose de la façon suivante :

	Variation relative du nombre de trajets ferroviaires dans le cas n° 1	Nombre de trajets ferroviaires après mise en service des dessertes dans le cas n° 2
Trajets de type « a ».....	+ 700 %	5 × 8,00 = 40
Trajets de type « b ».....	+ 43 %	-
Trajets de type « c ».....	+ 144 %	9 × 2,44 = 22
Trajets de type « d ».....	+ 73 %	7,5 × 1,73 = 13
Ensemble des trajets .....		75

L'utilisation des modèles conduit donc, dans ce cas, à surestimer de près de 30 % le trafic ferroviaire supplémentaire imputable aux nouvelles dessertes.

On notera que l'usage de modèles de même nature, mais ajustés et appliqués sans distinction entre les types de trajets, aurait conduit à une sous-estimation de près de 50 % du trafic ferroviaire nouveau.

# Règles empiriques en vue de la planification de services ferroviaires rapides

---

M. Metcalf  
*Transmark*

ROYAUME-UNI

## Introduction

On a assisté au cours des dernières années à l'implantation d'un nombre croissant de réseaux ferrés rapides en Europe, au Japon et en Australie et l'intérêt qu'il suscitent semble désormais avoir gagné le reste du monde. Le nombre d'études entreprises à ce sujet est en nette augmentation. British Railways qui a, à son actif, une vingtaine d'études de projets de trains rapides, participe actuellement à cinq nouvelles études aux Etats-Unis, au Canada, en Thaïlande et en Australie, lesquelles pourraient déboucher d'ici quelques années sur des programmes d'exécution.

Fort de cette expérience, BR a mis au point une série de règles en vue de l'évaluation des conditions d'offre et de demande nécessaires dans le cadre de l'introduction de services ferroviaires rapides. Ce document décrit ces règles empiriques déterminant en termes généraux les variations des caractéristiques de la demande et de l'offre pour un couloir donné. Sur la base des résultats de ces évaluations, des règles relatives à l'investissement et aux avantages associés au projet ont été formulées qui permettent d'identifier la rentabilité potentielle de différentes technologies dans des circonstances différentes.

## I. Estimation de la demande

### A. Introduction

L'estimation de la demande dont bénéficiera un réseau ferroviaire rapide, et partant, des recettes, est probablement la tâche la plus complexe et la plus sensible aux risques d'erreur. Pour réduire ces risques, BR a assumé d'importants travaux de recherche portant sur les « élasticités de la demande » que l'on définira comme des mesures de la sensibilité du public aux éléments de temps, coût, fréquence, confort, commodité etc., associés aux déplacements. Ces mesures tiennent compte de la valeur du voyage et donc du niveau de demande dans tout contexte donné. Deux types

d'ajustement de la demande peuvent intervenir : demande induite, attribuable à une augmentation du nombre total des voyages, et demande dirigée, se produisant au détriment des autres modes.

Un élément-clé de tout programme d'introduction de services rapides : les élasticités de la demande doivent être considérées à long terme (1) plutôt qu'à court terme, du fait que l'introduction et l'exploitation de services ferroviaires rapides représentent dans la majorité des cas un changement total des services, qualité du service, et profils d'exploitation existants. Qui plus est, les « élasticités de la demande » diffèrent en fonction des buts de voyage – les déplacements d'affaires notamment ne pourraient être assimilés aux migrations alternantes ou aux voyages d'agrément.

### B. Les élasticités

Au terme d'un vaste programme de recherche, BR a, ainsi qu'on le décrit dans les modèles de la demande en vue de la planification de services rapides en GB, calculé les élasticités de la demande à court et à long termes. Les résultats globaux suggéraient les estimations figurant au tableau 1.

**Tableau 1. Elasticités globales chemins de fer britanniques**

	Temps	Coût
Court terme .....	0,5 ± 0,3	0,6 ± 0,3
Long terme.....	0,8 ± 0,3	0,9 ± 0,3

Le tableau 2 présente une ventilation de ces élasticités globales par but de voyage et type de demande. Ces résultats ont été obtenus en utilisant les estimations de la valeur du temps (c'est-à-dire la valeur accordée par différentes personnes à la durée du voyage) du ministère britannique des Transports. On constatera que la demande induite est l'élément-clé des déplacements d'agrément, et que les élasticités de partage modal ne sont appréciables que dans le cas des voyages d'affaires. Ceci met en valeur l'importance de la qualité du service pour les déplacements d'affaires en train.

**Tableau 2. Ventilation des élasticités – chemins de fer**

	Temps	Coût	Coût total
Voyages d'affaires			
Induits .....	0,2	0,09	0,29
Scission modale .....	1,5	0,60	2,10
Autres déplacements			
Induits .....	0,39	0,52	0,91
Scission modale .....	–	–	–
TOTAL			
Induits .....	0,34	0,45	0,76
Scission modale .....	0,50	0,35	0,82

(1) Noter que la définition du concept économique de long terme fait référence à un changement de l'échelle de production ou d'exploitation plutôt que d'ordre purement chronologique.

Le tableau 3 fournit les élasticités correspondantes pour le transport routier, basées de nouveau sur les valeurs du temps du ministère britannique des Transports. Cette fois encore, les élasticités de la demande induite sont appréciables tant pour les voyages d'affaires que les autres, mais les chiffres de partage modal sont faibles, même pour les voyages d'affaires. Ceci traduit l'attrait intrinsèque de la voiture pour les automobilistes.

**Tableau 3. Ventilation des élasticités - route**

	Temps	Coût	Coût total
<b>Voyages d'affaires</b>			
Induits .....	0,66	0,28	0,94
Scission modale .....	0,08	0,04	0,12
<b>Autres déplacements</b>			
Induits .....	0,53	0,55	1,08
Scission modale .....	-	-	-
<b>TOTAL</b>			
Induits .....	0,58	0,46	1,04
Scission modale .....	0,03	0,01	0,06

**Tableau 4. Elasticités internationales temps et coût à long terme - chemins de fer**

Pays	El.-temps	El.-coût	PNB/tête \$ 1980
GB .....	0,8	0,9	7 920
France .....	1,5	0,8	11 730
Norvège .....	-	0,9	10 500
Pays-Bas .....	-	0,7	11 470
Irlande .....	0,5	0,7	4 880
Suède .....	-	1	13 520
Grèce .....	0,7	0,95	4 520
Pakistan .....	0,4	0,8	2 000*
Australie .....	1,7	0,6	9 820
Etats-Unis .....	1,9	0,5	11 360
Canada .....	1,75	0,6	10 320

\* Classe supérieure + classe ouvrière abstraction faite des chômeurs.

### C. Elasticités internationales

Transmark, l'organisme de Conseil international de British Railways, a au cours des six dernières années réuni les données internationales disponibles concernant les élasticités de la demande de transport ferroviaire, et a effectué des études de services rapides dans près de douze pays différents à l'aide de son modèle de planification plurimodal Signals (voir annexe 1).

Ces travaux de recherche ont permis de déterminer les élasticités globales à la durée et au coût des déplacements, lesquelles apparaissent au tableau 4. Une constatation préliminaire intéressante : la possibilité d'un rapport étroit entre les élasticités et le PIB. Comme l'indiquent les graphiques 1 et 2, il semble exister une forte corrélation positive entre PIB et élasticité-temps globale et un rapport négatif entre PIB et élasticité-coût globales. Ces résultats suggèrent, comme on pouvait s'y attendre, que les pays plus riches sont

plus préoccupés par le temps que par l'argent, alors que c'est le contraire dans les pays pauvres.

Enfin, sur la base des résultats d'études spécifiques, il est possible de ventiler les élasticités globales en fonction des buts de voyage, des sources et des modes. Les tableaux 5 et 6 présentent les résultats obtenus en Alberta, pour l'étude Edmonton-Calgary.

**Tableau 5. Elasticités à long terme – déplacements interurbains Alberta**

Mode	Affaires		Autres	
	Prix	Temps	Prix	Temps
Voiture .....	0,50	1,10	0,20	0,10
Avion .....	0,35	1,26	–	–
Autobus .....	–	–	0,91	0,52
Rail .....	0,43	1,07	0,82	0,58

**Tableau 6. Valeurs du temps – déplacements interurbains Alberta**

Mode	Affaires		Autres	
	\$/heure	% revenu	\$/heure	% revenu
Air .....	55	2,60	12	0,55
Voiture .....	35	1,70	10	0,50
Autobus .....	–	–	10	0,53
Rail .....	42	2,10	9	0,47

On constatera avant tout les différences d'élasticités et valeurs du temps d'après les modes, résultat courant dans les études de transport interurbain de Transmark. Il n'y a aucun doute que les personnes voyageant pour affaires en avion ou en train présentent des valeurs-temps plus élevées que les automobilistes. Il apparaît également qu'en général, la valeur du temps pour les voyageurs d'affaires est près de deux fois le revenu moyen tandis que pour les autres voyageurs, elle représente environ la moitié/le tiers du revenu. On peut donc conclure que, si le chiffre obtenu pour les autres déplacements est légèrement plus élevé mais conforme dans ses grandes lignes aux conclusions des études urbaines, la valeur d'affaires du temps est près du double du chiffre actuellement utilisé dans les études urbaines en Grande-Bretagne.

#### *D. Généralisation*

Bien que la collecte de données locales soit préférable lorsqu'il s'agit d'établir des élasticités spécifiques, les résultats de ces études internationales permettent à Transmark de calculer dans leurs grandes lignes les niveaux les plus probables de déplacements et voyageurs pour un couloir donné. En se

basant sur les chiffres de la population et des revenus relatifs à un couloir, ainsi que sur les données relatives au service et aux niveaux des tarifs des modes de déplacement actuels et futurs, on pourra établir des estimations des usagers de différentes formes de services ferroviaires rapides, et partant, des recettes.

**Tableau 7. Recettes de la première année - couloirs US  
12 trains par jour, \$ 1982**

	Pop. (million)	Dist. (km)	Vitesse km à l'heure				
			actuelle	160	200	240	« Maglev »
<i>Couloir court</i>							
Los Angeles/San Diego . . . . .	11,4	208	20	66	95	120	200
<i>Couloirs moyens</i>							
Chicago-Detroit . . . . .	13,4	480	6	53	65	90	160
Philadelphie-Pittsburgh . . . . .	8,5	560	9	41	58	75	125
<i>Couloirs longs</i>							
Miami-Jacksonville . . . . .	4,8	655	3	21	36	50	90
Couloir du N-E . . . . .	23,4	344	—	99*	—	—	—

\* 24 trains par jour.

Le tableau 7 présente les résultats obtenus lorsqu'on adopte cette approche en vue d'estimer la capacité de génération de recettes d'une série de technologies ferroviaires dans quatre des principaux couloirs actuellement à l'étude aux Etats-Unis. Le tableau compare également les résultats estimés et les niveaux de recettes engendrés par Amtrak dans le couloir du N-E. Ce sont les couloirs urbains courts (Los Angeles-San Diego par exemple) qui produisent les revenus les plus importants, suivis par les couloirs de 300 milles assez densément peuplés du Mid West. Les moins intéressants (si l'on ne tient compte que des voyages locaux abstraction faite des touristes) sont les couloirs de 400 milles des Etats du Sud.

Pour calculer le potentiel-recettes de chaque couloir, on a adopté pour base les deux-tiers du billet d'avion pour chaque couloir rapide. Bien que les circonstances régionales puissent différer, tout particulièrement dans le couloir du N-E même, où la concurrence est forte, il semble que ce soit là une indication raisonnable de ce qu'on pourrait réaliser dans un nouveau couloir rapide.

## II. Conditions de l'offre

### A. Introduction

Par rapport à l'évaluation des niveaux de recettes probables associés à l'introduction d'un train rapide, la question de l'évaluation des coûts apparaît comme relativement peu complexe. Elle n'est cependant pas sans ses points délicats : frais d'aménagement de tunnels, de traversées des montagnes, etc. Comme ceux-ci viendraient gonfler les coûts moyens au kilomètre, nous avons choisi de les exclure et les estimations sont donc données au bas

mot. Ces estimations pourraient doubler ou même tripler si des travaux d'excavation de tunnels ou d'autres opérations de grande envergure s'imposaient.

### B. Règles applicables aux coûts

A partir des projets de services rapides auxquels Transmark a participé, les règles suivantes ont été mises au point en ce qui concerne les coûts.

*Règle 1 :* Lors de l'exécution d'un projet de couloir ferroviaire rapide, les frais d'équipement risquent d'être dominés par les frais de génie civil. Le tableau 8 fait apparaître la règle des 70 %.

**Tableau 8. Composition des frais d'équipement d'un projet de service ferroviaire rapide**

1. Génie civil .....	65-75 %
2. Signalisation .....	10-15 %
3. Matériel roulant .....	10-15 %

Il est donc clair que les principaux frais affèrent aux travaux de génie civil et qu'une part relativement modeste seulement est associée à la mise en place des véhicules et au dispositif de signalisation.

*Règle 2 :* Les coûts des différentes technologies applicables aux projets de services rapides s'établiront probablement ainsi que l'indique le tableau 9. Celui-ci présente des coûts totaux et des coûts au kilomètre, en dollars, typiques pour un couloir rapide de 500 kilomètres. Les couloirs rapides de cette longueur comptent ceux de Paris-Lyon, Détroit-Chicago, Londres-Newcastle.

**Tableau 9. Frais d'équipement pour différents types de technologie dans un couloir de 500 kilomètres**

		Coût M\$/km	Coût total M\$
1. Ligne existante	Diesel à 200 km/h	2	1 000
2. Ligne existante	Electrique à 240 km/h	3	1 500
3. Nouvelle ligne	Diesel à 240 km/h	3,5	1 750
4. Nouvelle ligne	Electrique à 240 km/h	4	2 000
5. Nouvelle ligne	Electrique à 260 km/h	5	2 500
6. Nouvelle ligne	Maglev à 400 km/h	8	4 000

On constatera que le coût à payer pour l'électrification est considérable et qu'il est plus important encore pour les technologies ultra-rapides.

*Règle 3 :* En Amérique du Nord et en Europe, on estime que le niveau de trafic auquel l'électrification devient rentable dans un couloir de 500 km se situe entre 18 et 22 trains par jour dans les deux directions. Le tableau 10 fait apparaître le seuil de rentabilité pour l'exploitation diesel et électrique aux Etats-Unis.

**Tableau 10. Besoins de traction aux EU - couloir de 500 kilomètres**

- i) Moins de 14 trains par jour dans les deux directions
  - \* Parcours actuel/diesel à 200 km/h
- ii) 14-20 trains par jour dans les deux directions
  - \* Parcours actuel/électrique à 200 km/h
  - \* Parcours actuel/diesel à 200 km/h
- iii) Plus de 20 trains par jour dans les deux directions
  - \* Nouveau parcours/électrique à 250 km/h

Le seuil de rentabilité est déterminé par l'aptitude des recettes générées par des trains chargés à 65 % de leur capacité, le billet coûtant les deux-tiers du billet d'avion, à rembourser l'investissement à un taux d'intérêt réel de 6 % (c'est-à-dire 10-14 % de taux nominal).

*Règle 4 :* Etant donné des pratiques d'équipement en hommes modernes et efficaces, le coût annuel d'exploitation du service, pour un parcours de 500 km, représentera les pourcentages suivants des frais d'équipement.

**Tableau 11. Frais d'exploitation annuels exprimés en % des frais d'équipement annualisés pour 12 et 24 trains par jour dans les deux directions**

	12 trains	24 trains
i) Parcours 200 km/h .....	40	60
ii) Parcours 240 km/h .....	35	40
iii) Parcours 400 km/h .....	25	28

On remarquera que l'augmentation des frais d'équipement en fonction de la vitesse du service entraîne parallèlement une nette réduction de l'importance des frais d'exploitation, alors que les frais d'exploitation associés aux trains supplémentaires sont marginaux, particulièrement en ce qui concerne les plus rapides quoique cela soit également dû à l'augmentation des frais d'équipement qui accompagne la mise en place de services supplémentaires.

### C. Généralisation

En se servant des rapports entre frais d'équipement et frais d'exploitation, il est possible de mettre au point des frais d'équipement et d'exploitation annualisés pour les services rapides. Le tableau 12 présente les frais annualisés estimés pour les quatre couloirs des EU pour lesquels on avait obtenu des estimations des recettes.

**Tableau 12. Frais annualisés pour les couloirs EU (m\$, prix de 1982)**

	km/h 12 trains par jour			
	160	200	240	« Maglev »
Los Angeles-San Diego .....	37	39	127	111/246
Chicago-Detroit .....	84	89	287	250/555
Philadelphie-Pittsburgh .....	105	111	348	303/674
Miami-Jacksonville .....	123	131	409	357/793
New York-Washington .....	245 (1)			

(1) 24 trains par jour, pratiques actuelles d'équipement en personnel, double voie, interaction marchandises.

**Tableau 13. Rapports recettes de 1<sup>re</sup> année/frais pour les couloirs EU  
12 trains par jour**

Couloir	Vitesse en km/h			
	160	200	240	« Maglev »
Los Angeles-San Diego .....	1,78	2,21	1,71	1,80
Chicago-Detroit .....	0,63	0,73	0,58	0,64
Philadelphie-Pittsburgh .....	0,39	0,52	0,39	0,41
Miami-Jacksonville .....	0,17	0,27	0,22	0,25

## Conclusions

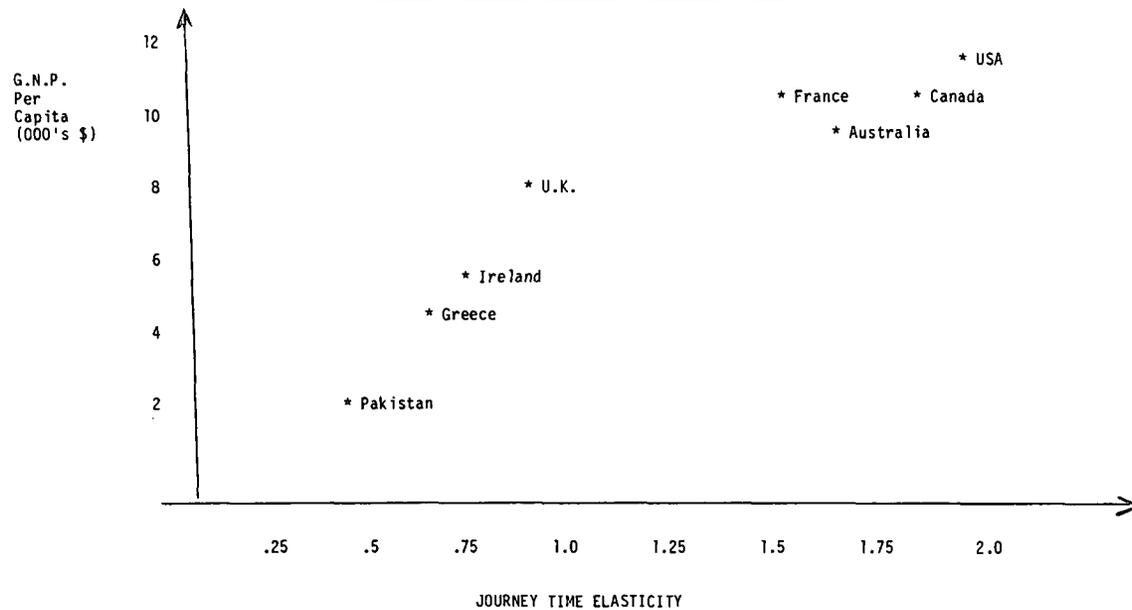
Bien qu'elles doivent être prises dans leur contexte et traitées avec circonspection, les règles empiriques esquissées dans ce document fournissent un mécanisme d'évaluation du potentiel général de développement de services ferroviaires rapides. Dans l'ensemble, les coûts étant établis au bas mot et les recettes pouvant être exagérées, les règles ont tendance à fournir une évaluation relativement optimiste du potentiel.

Une fonction utile des règles aux fins de l'évaluation est qu'elles permettent d'établir le rapport entre les recettes de la première année et les coûts annualisés. Le tableau 13 présente ces rapports pour les cinq couloirs déjà analysés aux EU en termes de recettes et coûts.

Ces résultats font apparaître le rang potentiel des couloirs et il est clair que le court tronçon urbain Los Angeles-San Diego présente les meilleurs résultats. Il ressort également que, pour un service de 12 trains par jour dans les deux sens, la vitesse optimale est de 200 km/h. A des niveaux de service supérieurs, à savoir 24 trains par jour dans les deux sens, elle passe à 240 km/h.

Enfin, il ne faut pas perdre de vue que les rapports présentés au tableau 13 sont établis sur la base des recettes de la première année par rapport aux coûts annualisés, et que s'il faut donc viser un chiffre supérieur à 1, ces rapports ne resteront pas statiques puisqu'ils seront influencés, avec le temps, par la croissance économique, la croissance démographique et l'encombrement croissant des routes et des parcours aériens. Transmark a pu constater que, pour autant que les deux villes entre lesquelles le couloir est compris présentent une croissance raisonnable, des rapports de première année aussi faibles que 0,5 pouvaient dénoter un projet rentable sur la totalité de sa durée de vie. Ainsi des études détaillées ont révélé que le taux de rentabilité sur le couloir Chicago-Detroit atteignait 14 à 20 % en prix du marché ou 8 à 14 % en termes réels, alors que le rapport recettes de la première année/coûts n'est que de 0,73 pour la technologie permettant 200 km/h.

GRAPH 1 : INTERNATIONAL RAIL TIME ELASTICITIES



GRAPH 2 : INTERNATIONAL RAIL FARE ELASTICITIES

