

***Une mesure de l'impact du TGV-Nord
sur les comportements de mobilité:
bilan de trois années du panel et résultats méthodologiques***

J.F. LEFOL (SOFRES)

Depuis octobre 1992, un après la mise en place du TGV Nord entre Paris et Lille; jusqu'à septembre 1995, un après le début de la phase commerciale du Tunnel sous la Manche, le comportement des clients potentiels du TGV a été continûment observé, aussi bien pour les résidants de l'Île de France que du Nord-Pas-de-Calais.

Les déplacements corridor ont été recueillis y compris pour les destinations ne relevant pas de la grande vitesse, pour les trajets internationaux à plus de 50 km, quel que soit le mode emprunté ou le motif du trajet, pour tous les membres des ménages sélectionnés.

Ainsi chaque évolution de la mobilité a pu être analysée au regard des modifications de l'offre de transport: mise en place de services à grande vitesse entre Paris et Lille en septembre 1993 et entre Paris et Londres à la fin de l'année 1994.

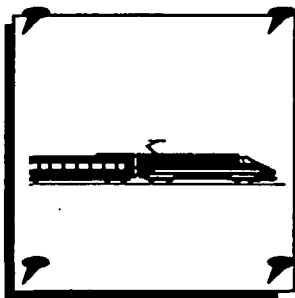
Dès lors deux grands types de résultats seront abordés: une analyse en considérant le panel comme la succession d'enquêtes indépendantes en coupe instantanée pour chaque zone de résidence, l'autre analysant les comportements de mobilité et les opportunités de contact associées au sein du corridor sur la base du panel constant.

Ces résultats seront commentés au regard à la fois, de l'expérience de ces trois années de panel et en ce qui concerne les questions méthodologiques largement discutées dès le lancement du projet: rythme d'attrition et biais consécutifs éventuels, pertinence du choix de la sur-représentation des très mobiles sur la base d'un recrutement direct dans les gares et salles d'embarquements, redressement-segmentation sur la base d'une enquête dite de référence utilisée comme vivier du panel.

Ensuite sur la base du panel constant, les résultats d'une enquête complémentaire sur les déterminants d'évolution de la mobilité sur l'axe Île-de-France/Nord-Pas-de-Calais seront commentés; cette démarche vise à un approfondissement des types de ruptures de comportement pour des populations cibles dans chacune des deux zones de résidence.

IMPACT DU TGV NORD-EUROPÉEN SUR LA MOBILITÉ*

Michel HOUÉE, Christian CALZADA



Afin de saisir l'impact de la mise en place du TGV-NE sur la mobilité, le choix a été fait de recourir à un panel à l'issue d'un séminaire international réunissant les parties prenantes majeures des cinq pays concernés (cf. Notes de synthèse de l'OEST, n° 55 de décembre 1991). La note qui suit apporte un premier éclairage sur la méthode employée et sur les résultats. Ces derniers mettent notamment en évidence un impact du TGV fortement contrasté en fonction de la zone de résidence (plus important en Nord-Pas-de-Calais qu'en Ile-de-France) et du motif (avec une sensibilité particulière du domicile-travail).

Le panel

En septembre 1993, la ligne TGV Paris-Lille était ouverte, mise en service qui s'est effectuée en deux étapes : ouverture de la ligne Paris-Arras en mai 1993 et prolongement de celle-ci jusqu'à Lille fin septembre 1993. C'était le début de la mise en place du réseau TGV Nord-Européen, qui devrait relier Bruxelles, Amsterdam, Cologne, Londres et Paris à l'aube du troisième millénaire. C'est dans ce contexte que se situe l'étude d'impact du réseau TGV, dont les objectifs généraux sont :

- ◆ améliorer la connaissance des comportements de mobilité sous l'effet d'une grande réalisation d'infrastructure pour l'ensemble des motifs de déplacements (privés aussi bien que professionnels);
- ◆ renforcer l'approche multimodale de l'impact sur la mobilité de façon à progresser dans la mise en évidence des effets de transfert (notamment route-rail), d'induction (provient-elle de nouveaux voyageurs ou d'un surcroît de déplacements des anciens ?) et de combinaison de modes (interface TGV/transport aérien notamment);
- ◆ mettre si possible en évidence, au delà de l'impact de la grande vitesse, les effets plus spécifiques liés au TGV Nord-Européen et relatifs à «l'effet frontière», à l'émergence d'un «effet réseau» propre à la grande vitesse et à la suppression des ruptures pénalisantes de la chaîne de déplacement.

Cette étude nécessitait la mise en place d'un dispositif de collecte de données homogènes très spécifique. Un panel a été conçu (voir schéma général) pour suivre les modifications de la mobilité concernant le corridor Nord-Européen en relation avec les différentes étapes de mise en place du TGV. Sa mise en oeuvre, faute d'avoir pu réussir l'extension internationale souhaitée, est effective dans les deux régions françaises Ile-de-France et Nord-Pas-de-Calais depuis octobre 1992.

L'analyse qui suit a été effectuée en considérant les deux premières années du panel pour lesquelles les résultats sont disponibles comme la succession de deux enquêtes indépendantes en coupe instantanée, autrement dit en travaillant sur deux échantillons indépendants se rapportant respectivement aux années avant et après, pondérés séparément et extrapolés à 10 000 ménages.

* Les résultats présentés sont tirés des premiers rapports d'analyse établis par SOFRES, institut de sondage qui a en charge la gestion du panel. La présente note de synthèse traite des aspects généraux de la mobilité suivant une approche en coupe instantanée ; une prochaine note de synthèse s'attachera à l'analyse des comportements de mobilité à partir du panel constant.

Cette opération a bénéficié du concours des trois modes concernés, à travers les administrations de tutelle (DTT, DR, DGAC), et les opérateurs (SNCF, USAP, AdP), ainsi que du SES, de la DRAST, de l'INRETS et du STP.

SYSTEME D'OBSERVATION

Une croissance moyenne des flux de 4,6% mais contrastée

On observe une croissance des déplacements due essentiellement à ceux ayant pour origine le Nord-Pas de Calais (NPC) (+10%), zone déjà nettement plus émettrice que l'Ile-de-France (IDF) avant la mise en place du TGV ; elle masque une très légère régression pour l'IDF (-1%). (tableau n°1).

Tableau n°1 : Trafic corridor par flux en nombre de déplacements (échantillons indépendants) Contributions* en % à la croissance entre les années avant-après par zone de résidence

Zone de résidence	IDF	NPC	Toutes Zones
Total des flux émis corridor	-0,9%	10,4%	4,6%
fer	-2,8%	7,9%	2,5%
professionnel classique	-1,8%	0,9%	-0,5%
domicile-travail-études	1,3%	6,6%	3,9%
privé	-2,4%	0,5%	-0,9%
route	1,7%	2,5%	2,1%
professionnel classique	1,0%	1,0%	1,0%
domicile-travail-études	1,4%	4,6%	3,0%
privé	-0,8%	-3,2%	-1,9%
avion	0,2%	ns	ns
professionnel classique	0,7%	ns	ns
domicile-travail-études	-0,1%	ns	ns
privé	-0,4%	ns	ns

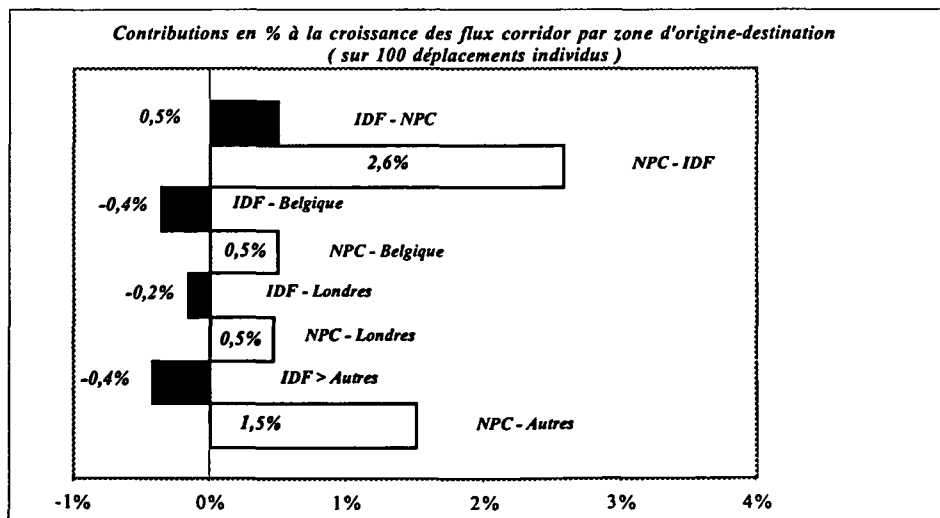
ns: non significatif

* taux de croissance spécifique de la composante à la croissance de l'agrégat en t, pondéré par la part de cette composante dans l'agrégat en t-1.

La part du trafic fer corridor** émis par le NPC croît de +30% en raison notamment de l'augmentation importante de la part des déplacements pour motif domicile/travail-études (+43%), provenant de l'augmentation sensible de la fréquence de déplacements d'un faible nombre d'usagers. On assiste parallèlement à une baisse des déplacements privés, quelle que soit la zone d'émission.

En termes de répartition du trafic corridor par origine/destination (graphique n°1), la croissance la plus sensible en nombre de déplacements individus** est apportée par les flux émis par le NPC à destination de l'IDF (effet maximal de l'offre, +8,5%). Le doublement du flux NPC/Londres, d'importance bien moindre, est quant à lui imputable à l'anticipation de l'ouverture du Tunnel par les compagnies de ferries qui ont engagé dès 1994 une offensive tarifaire.

Graphique n°1



■ : Flux émis de la zone de résidence Ile de France (IDF)
□ : Flux émis de la zone de résidence Nord-Pas-de-Calais (NPC)

** Consulter la terminologie en fin d'article.

SYSTEME D'OBSERVATION

Une augmentation en moyenne de 5% du trafic sur l'axe IDF/NPC

Si l'on s'intéresse maintenant au seul axe** IDF/ NPC, les déplacements augmentent de 5% toutes zones d'émission confondues avec une croissance nettement plus élevée pour les déplacements issus du NPC (+8,5%).

La consommation ferroviaire intensive du NPC croît fortement avec l'apparition du TGV (+34%) et s'accompagne d'une certaine baisse du trafic route (-8%). Là encore, les déplacements individus pour motif domicile/travail-études augmentent fortement notamment en NPC (+31%, augmentation qui profite essentiellement au fer), le professionnel au sens strict augmentant seulement dans le NPC (+10%).

Stabilité du taux de ménages mobiles

A l'intérieur d'une grande stabilité du taux de ménages mobiles** corridor (33 %) et IDF/NPC (22, 5%), le nombre de ménages mobiles fer de NPC augmente légèrement (+1,5 points).

L'augmentation du trafic issu du NPC provient donc de l'augmentation sensible de la fréquence fer des déplacements des mobiles NPC (tableau n°2).

Tableau n°2 : Nombre moyen de déplacements (selon la zone de résidence de l'axe)

	<i>par ménage</i>		<i>par ménage mobile</i>	
	<i>1992-1993</i>	<i>1993-1994</i>	<i>1992-1993</i>	<i>1993-1994</i>
	CORRIDOR			
<i>Total</i>	<i>4,2</i>	<i>4,4</i>	<i>12,8</i>	<i>13,2</i>
<i>Résidents IDF</i>	<i>2,8</i>	<i>2,8</i>	<i>10,3</i>	<i>10</i>
<i>Résidents NPC</i>	<i>8,5</i>	<i>9,3</i>	<i>16,9</i>	<i>18,4</i>
	Axe IDF / NPC			
<i>Total</i>	<i>2,6</i>	<i>2,7</i>	<i>11,7</i>	<i>12,3</i>
<i>Résidents IDF</i>	<i>1,8</i>	<i>1,8</i>	<i>10,7</i>	<i>10,9</i>
<i>Résidents NPC</i>	<i>5,2</i>	<i>5,6</i>	<i>13,1</i>	<i>14,1</i>
<i>Fer (Résidents IDF)</i>	<i>0,5</i>	<i>0,5</i>		
<i>Route (Résidents IDF)</i>	<i>1,3</i>	<i>1,3</i>		
<i>Fer (Résidents NPC)</i>	<i>2</i>	<i>2,8</i>		
<i>Route (Résidents NPC)</i>	<i>3,1</i>	<i>3,9</i>		

Disparités des évolutions de mobilité selon les clientèles des modes sur l'axe

C'est sur la clientèle fer que les modifications en termes de mobilité sont les plus fortes. La part des cadres et professions libérales, qui constituaient le gros bataillon des voyageurs trains augmente d'une année sur l'autre (42% à 47% pour l'IDF, 24% à 32% pour le NPC).

La part des personnes âgées de 35 à 44 ans diminue.

Sur la route, le seul phénomène sensible est l'augmentation de la part prise par la classe d'âge 15-24 ans, particulièrement chez les résidents du NPC.

Enfin c'est parmi les groupes de deux personnes que la sensibilité à l'offre de transport par train est la plus grande.

La part des exclusifs avion de l'IDF progresse au détriment des modes concurrents. Pour les ménages du NPC, la diminution des exclusifs route est compensée par celle des exclusifs fer (tableau n°3).

SYSTEME D'OBSERVATION

Tableau n°3 : Évolution du partage modal sur le corridor

	<i>résidents IDF</i>		<i>résidents NPC</i>	
	<i>1992-1993</i>	<i>1993-1994</i>	<i>1992-1993</i>	<i>1993-1994</i>
Monomodaux				
<i>Exclusifs Avion</i>	9,5%	12,0%	0,0%	0,0%
<i>Exclusifs Fer</i>	17,0%	16,0%	10,5%	13,5%
<i>Exclusifs Route</i>	47,5%	47,0%	67,0%	65,0%
Bimodaux				
<i>Avion + Fer</i>	3,0%	3,0%	0,0%	0,0%
<i>Avion + Route</i>	6,0%	6,0%	0,0%	0,0%
<i>Fer + Route</i>	14,0%	12,0%	22,0%	21,0%
Trimodaux				
	3,0%	4,0%	0,5%	0,5%

sur une base pondérée :

pour IDF : de 2030 ménages (1992-1993) / 1225 ménages (1993-1994)

pour NPC : de 2080 ménages (1992-1993) / 1230 ménages (1993-1994)

MÉTHODOLOGIE DU PANEL

Les étapes préalables constitutives du panel

L'unité statistique retenue est le ménage.

Trois enquêtes initiales ont permis de mettre en place le panel considéré (voir schéma) :

- une enquête téléphonique de référence principale,
- une enquête téléphonique de référence complémentaire (ERC),
- des enquêtes complémentaires en points d'embarquement (gares, aéroports).

L'enquête de référence principale constitue le support de base pour constituer le panel (10 000 ménages)

Elle a pour objectifs de :

- donner un cadre général de la mobilité des ménages, représentatif en volume et en structure du marché des déplacements à longue distance sur l'axe Nord-Européen, par zone de destination et par catégorie de population (le panel a été constitué puis géré et contrôlé sur la base de cette enquête),
- réaliser une segmentation explicative de la mobilité (et présentant une assez grande stabilité dans ses modalités) qui servira à maintenir représentatif dans le temps l'échantillon panel,
- créer un vivier pour le recrutement des panélistes.

L'enquête filtre ERC 600 interviews téléphoniques

Elle sert à sélectionner des ménages mobiles spécifiquement en IDF sur le corridor en vue de renforcer leur proportion dans le panel.

Les enquêtes aux points d'embarquement

Il s'agit ici de :

- repérer des ménages fortement mobiles par mode collectif, rares dans la population générale, afin d'assurer leur représentation au sein du panel.
- évaluer le taux de non-résidents parmi les voyageurs au sein du corridor.

SYSTEME D'OBSERVATION

Le panel

L'univers de référence est celui des ménages résidant en IDF et dans le NPC et dont le chef de famille est âgé de moins de 75 ans. L'enquête mesure les flux émis par les résidents des deux zones françaises et uniquement de ces zones.

La période d'observation du panel est découpée en vagues annuelles, la première vague couvrant la période d'octobre 1992 à septembre 1993.

L'objectif est d'effectuer des analyses sur un échantillon constant le plus important possible, ce qui est essentiel pour mettre en évidence les modifications de comportements de mobilité. Il s'agissait dès lors de conserver le plus grand nombre possible de panélistes recrutés au début de la période d'observation afin de permettre une meilleure observation des modifications de comportement.

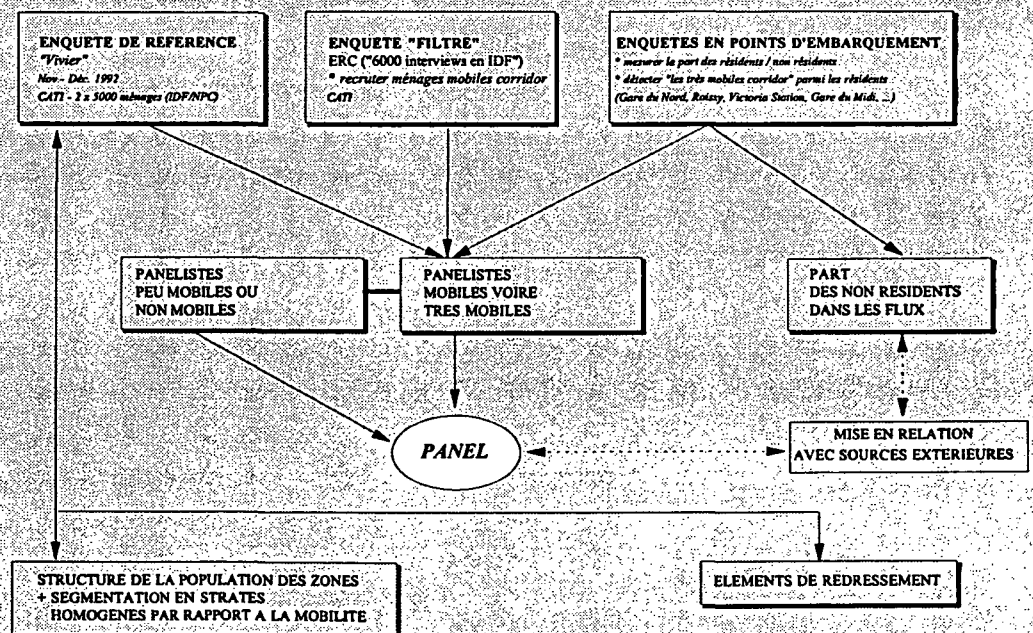
L'enquête de référence ne suffisait pas à fournir tout le vivier de gens mobiles nécessaires à la constitution du panel selon la stratification optimale définie. L'enquête complémentaire et celle aux points d'embarquement ont constitué les deux autres sources de recrutement des panélistes mobiles.

Le dimensionnement et l'origine du recrutement (c'est-à-dire le nombre de panélistes recrutés à partir de chacune des 3 enquêtes en fonction de la strate de mobilité) sont définis en fonction :

- ♦ des calculs de répartition optimale de l'échantillon : les strates de mobiles sur le corridor sont sur-représentées, ce qui permet, à taille de l'échantillon donnée, d'avoir une précision accrue;
- ♦ des résultats de l'enquête de référence en termes de mobilité sur le corridor et de mobilité totale.

Fréquence d'interrogation et mode de recueil : à la fin de chaque trimestre et par questionnaire postal (pour les ménages mobiles) ; semestrielle, par interview téléphonique (pour les ménages non mobiles).

Schéma général



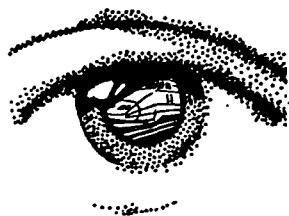
TERMINOLOGIE

- ◆ **par corridor** : on entend l'ensemble des origines-destinations possibles entre deux zones géographiques considérées comme constitutives de la notion même de corridor TGV Nord-Européen, à savoir : Londres et sa région, la Belgique, les Pays-Bas, la région de Bonn, Cologne, Düsseldorf, Essen en Allemagne, le Nord-Pas-de-Calais, l'Ile-de-France.
- ◆ **par axe** : on entend la liaison entre deux zones constitutives du corridor TGV Nord-Européen : par exemple, l'axe Ile-de-France/Nord-Pas-de-Calais, souvent désigné comme l'axe IDF/NPC.
- ◆ **déplacement individu** : mouvement d'un individu du ménage d'un point d'origine à un point de destination pour un motif spécifique.
- ◆ **déplacement ménage** : regroupement de l'ensemble des déplacements individus de mêmes caractéristiques (destination, mode, motif).
- ◆ **ménage mobile** (dans le corridor) : un ménage est considéré comme mobile (dans le corridor) dès l'instant où au moins une personne du ménage a voyagé (dans le corridor) au cours des douze mois (ou du trimestre selon le cas) précédents.
- ◆ **mobilité corridor totale** : la mobilité corridor totale d'un ménage habitant dans l'une des zones est égale au nombre total de déplacements ménages (ou voyages-ménages selon le cas) déclarés sur l'année (ou sur le trimestre) vers les autres destinations du corridor, quel que soit le motif.
- ◆ **mobilité corridor professionnelle** (privée respect.) : mobilité corridor mais pour les déplacements (ou voyages) pour motif professionnel (privé respect.) uniquement.



Pour en savoir plus :

- * « Suivi du TGV-Nord Européen, C'est parti ! », M. HOUEE, P. SALINI, Notes de Synthèse de l'OEST, N°55 - décembre 1991.
- * « Studying the impact of the north-european high speed train on mobility behaviour : an original methodological approach », J.F. LEFOL, V. SALVY (SOFRES FRANCE), M. HOUEE (METT FRANCE) - PTRC proceedings of seminar A, Pan-european transport issues, pp 101-112, 12-16/09/1994.
- * « Evaluation de l'impact du TGV Nord-Européen sur la mobilité, Etude France 1992-1996, les déplacements des résidents de l'Ile-de-France et du Nord-Pas-de-Calais au sein du corridor TGV Nord-Européen, Comparaison avant-après mise en place du TGV Paris-Lille (Année 1 - Année 2) », novembre 1995, SOFRES. ■



IMPACT DU TGV NORD-EUROPÉEN SUR LA MOBILITÉ* (II)

Michel HOUÉE, Christian CALZADA
et Corinne FLEURANCE

Après avoir présenté la méthodologie du panel TGV Nord et les évolutions de structure un an après la mise en oeuvre du tronçon Paris-Lille [cf. Notes de Synthèse du SES, N°102 - Mai 1996], on aborde ici ce qui fait la spécificité du panel, à savoir le suivi du comportement des ménages sur plusieurs périodes successives [octobre 1992-septembre 1993 (année 1) ; octobre 1993-septembre 1994 (année 2)]. On traitera successivement du passage d'un niveau de mobilité à un autre en liaison avec l'évolution des occasions de déplacement, puis de l'évolution du niveau relatif des deux modes de transport -fer et route- en concurrence sur l'axe Ile-de-France/Nord-Pas-de-Calais, et enfin du lien entre les évolutions du niveau relatif des modes de transport et de la mobilité.

Un fort renouvellement des mobiles

Parmi les ménages franciliens mobiles au cours de l'année 2, la proportion de ceux qui n'étaient pas mobiles l'année 1 est de 41 %. Cette proportion n'est que de 30 % chez les résidents du Nord-Pas-de-Calais, ce qui traduit une plus grande stabilité des pratiques de mobilité (tableau n°1).

Pour chaque motif et pour chaque zone de résidence, on trouve un taux de renouvellement des ménages mobiles compris entre 40 et 50 %. Ce taux de renouvellement est plus faible chez les résidents du Nord-Pas-de-Calais, pour les motifs «affaires» et «privé» (entre 40 et 45 % contre environ 50% pour l'un et l'autre motif chez les résidents d'Ile-de-France).

Il reste que, malgré ce taux de renouvellement important, plus la mobilité est importante une année, plus l'on a de chances d'être mobile et d'avoir une mobilité importante l'année suivante.

C'est pour le motif domicile-travail que cette corrélation est la moins forte. On peut rapprocher cette volatilité de la mobilité domicile-travail, d'une part de la concentration très forte de ce type de déplacements chez un petit nombre d'individus, d'autre part de la nature même de ce motif : à partir du moment où l'éloignement du domicile au lieu de travail persiste sur une longue période, on envisagera plus volontiers une modification du lieu de résidence ou du lieu de travail qui éteindra le besoin de déplacement domicile-travail sur l'axe. N'oublions pas non plus que ce motif inclut des déplacements domicile-études qui peuvent naître ou s'arrêter d'une année sur l'autre.

Pour les deux autres motifs, on constate un taux de «fidélité» à la mobilité (défini comme la proportion de ceux parmi les mobiles d'une année, qui étaient déjà mobiles l'année précédente) qui devient important à partir de cinq déplacements-ménage effectués dans l'année.

Une corrélation positive entre évolution de la mobilité corridor et évolution des occasions de déplacement

Il apparaît, dans l'une et l'autre enquête, une forte corrélation entre occasions de se déplacer et déplacement, les segments (cf terminologie) correspondant aux occasions de déplacement les plus nombreuses étant en même temps ceux pour lesquels la mobilité est en moyenne la plus élevée. Ce constat portant sur une analyse en coupe instantanée est également vérifié en évolution : ainsi, la mobilité sur le corridor s'est accrue pour 30 % des panélistes ayant plus d'occasions de se déplacer la deuxième année et pour 20 % de ceux ayant moins

SYSTÈME D'OBSERVATION

d'occasions de se déplacer. Les occurrences d'évolution en plus ou en moins chez les ménages ayant gardé les mêmes occasions de se déplacer sont notablement plus faibles autour de 16 % dans chacun des deux cas (tableau n°2).

L'effet de la modification de place dans la segmentation est moins marqué sur les variables relatives au flux IDF-NPC que sur les variables de mobilité corridor, ce qui est logique puisqu'il ne s'agit pas nécessairement d'occasions de se déplacer entre l'Ile-de-France et le Nord-Pas-de-Calais.

Une corrélation plus marquée pour la mobilité professionnelle des résidents du Nord-Pas-de-Calais

Si l'on considère la mobilité des résidents du Nord-Pas-de-Calais pour raison d'affaires, on constate un accroissement de la mobilité chez 25 % de ceux qui ont plus d'occasions de se déplacer contre 9 % chez ceux qui ont moins d'occasions de se déplacer. Les proportions correspondantes de résidents du Nord-Pas-de-Calais qui diminuent leur mobilité professionnelle vers l'Ile-de-France sont respectivement de 13 % et 19 % (graphique n°2).

Des transitions modales progressives

Il y a *très peu de passages d'une utilisation exclusive d'un mode à une utilisation exclusive d'un autre mode*. Ainsi, l'année 2, parmi les utilisateurs exclusifs du mode ferroviaire (« exclusifs fer ») 7 % seulement étaient des utilisateurs exclusifs du mode routier (« exclusifs route ») l'année précédente et, parmi les « exclusifs route », 3 % étaient « exclusifs fer » l'année précédente en Ile-de-France, 4 % dans le Nord-Pas-de-Calais (tableau n°3).

Les *utilisateurs exclusifs d'un mode lors de la deuxième année* étaient plus souvent non mobiles l'année 1 que la moyenne des mobiles de l'année 2. En outre, ils étaient exclusifs du même mode dans moins de la moitié des cas : entre 23 % en Ile-de-France et 38 % dans le Nord-Pas-de-Calais dans le cas des « exclusifs fer » ; 45 % pour les deux zones de résidence dans le cas des « exclusifs route », soit un « taux de fidélité » plus important dans le cas de la route. Cette différence avec les utilisateurs du fer provient mécaniquement de la plus forte proportion, une année donnée, d'utilisateurs exclusifs du mode route que d'utilisateurs exclusifs du mode fer (deux fois plus environ). Il en résulte que les « exclusifs route » sont trois fois plus nombreux que les « exclusifs fer » sur les deux années, l'exclusivité fer sur longue période s'avérant un phénomène relativement rare.

Par voie de conséquence, *les utilisateurs mixtes* de la seconde année ont une origine plus diversifiée : de 15 à 19 % (selon la zone de résidence) étaient non mobiles, 46 % (en Ile-de-France) et 33 % (dans le Nord-Pas-de-Calais) étaient déjà utilisateurs mixtes, et respectivement 36 et 45 % étaient utilisateurs exclusifs de l'un des deux modes.

Enfin, si l'on se restreint *aux panélistes mobiles au cours de chacune des deux années*, on constate que près des deux tiers d'entre eux sont stables quant à leur choix modal d'une année sur l'autre, la majorité étant constituée des exclusifs route stables. En outre le changement d'une année à l'autre de « niveau relatif » (cf. tableau n°3) des modes de transport ne varie pas sensiblement par motif.

Renforcement de la part des « exclusifs »

Pour les ménages dont la mobilité s'accroît, on constate un renforcement de la part des « exclusifs » de l'un ou l'autre des modes de transport (tableau n°4). A mobilité égale d'une année sur l'autre, 70 % des ménages sont stables dans leur choix modal, dont la majorité composée d'exclusifs route. Les autres se partagent à peu près également entre ceux dont la part relative du fer croît et ceux dont la part relative du fer décroît.

Chez les ménages dont la mobilité baisse, les modifications de part relative des modes sont négligeables.

SYSTÈME D'OBSERVATION

Toutes zones de résidence confondues, les ménages « exclusifs fer » sont responsables de 60% de l'ensemble des déplacements fer de l'année 2 : 32% pour les « toujours exclusifs fer », 28% pour les « nouveaux exclusifs fer » (tableau n°5).

A l'opposé, environ 6 % des déplacements fer proviennent de ménages qui étaient des « exclusifs route » l'année précédente, ces ménages étant maintenant en majorité des utilisateurs mixtes du fer et de la route.

TERMINOLOGIE

Déplacement-individu

Mouvement d'un individu du ménage d'un point d'origine à un point de destination pour un motif spécifique

Déplacement-ménages

Regroupement de l'ensemble des déplacements individuels de mêmes caractéristiques (destination, mode, motif).

Segmentation

Une procédure de segmentation (algorithme Automatic Interaction Detection) a été entreprise, sur la base des données recueillies lors de l'enquête de référence, afin d'étudier la population au regard de variables qui soient à la fois les plus explicatives possibles de la mobilité actuelle ou à venir, stables dans le temps et mesurables avec le maximum de fiabilité.

Elle a été construite distinctement sur les zones de résidence Ile-de-France et Nord-Pas-de-Calais en utilisant comme variable à expliquer la mobilité corridor et comme variables explicatives : les occasions de déplacement dans le corridor (existence ou non de relations « télécom » professionnelles, présence ou non de famille ou d'amis proches, connaissance ou non d'une langue parlée, ...), ainsi que des variables de statut socio-économique (nombre d'actifs, catégorie socioprofessionnelle, nombre de voitures).

Ainsi 11 segments ont été constitués en Ile-de-France et 12 dans le Nord-Pas-de-Calais. Ces deux ensembles sont ordonnés selon leur mobilité moyenne sur ce corridor, relevée dans l'enquête de référence. Le contenu de la segmentation est invariable (la segmentation a été définie une fois pour toutes) mais l'affectation d'un ménage à un segment est effectuée chaque année.

Les occasions de déplacement et leur modification

Chaque ménage peut être caractérisé par le fait :

- * qu'il reste dans le même segment,
- * qu'il « monte » dans un segment en moyenne plus mobile,
- * qu'il « rétrograde » dans un segment en moyenne moins mobile.

Un nombre identique de ménages « monte » et « descend » dans la segmentation : environ 10% dans chaque sens, près de 80 % des ménages restant dans le segment. Parmi eux figurent notamment la majeure partie des ménages appartenant à des segments de non mobiles. Les résultats sont pratiquement identiques sur l'Ile-de-France et le Nord-Pas-de-Calais (graphique n°1).

Exclusifs d'un mode

Ménages dont chacun des membres n'a utilisé que ce mode de transport pour ses déplacements au sein du corridor (ou sur l'axe IDF-NPC) au cours de la période considérée.

La mobilité et son évolution

A partir des variables de mobilité du ménage définies en tranches de déplacements, on construit la variable d'évolution :

- * mobilité *accrue* : au moins 1 tranche au-dessus,
- * mobilité *égale* : même tranche,
- * mobilité *en baisse* : 1 et plus tranches au-dessous,
- * *non mobiles* années 1 et 2 : aucun déplacement sur l'axe ni en année 1, ni en année 2.

La décomposition en tranches de déplacements ménages retenue au niveau le plus fin est : 0, 1 à 2, 3 à 4, 5 à 10, 11 à 20, 21 à 40, 41 à 60, 61 à 100, 101 à 149, 150 à 199, 200 à 249, 250 à 299, 300 à 399, 400 et plus déplacements ménages.

C'est cette décomposition en 14 branches qui est utilisée pour analyser la mobilité globale corridor (cf. tableau n°2). Lorsqu'il s'agit de la mobilité par mode ou sur l'axe IDF/NPC (cf. tableau n°4), une nomenclature simplifiée en 7 tranches, regroupant dans une classe supérieure « 41 et plus » déplacements ménages, est appliquée.

SYSTÈME D'OBSERVATION

Graphique n°1 : Occasions de déplacement
en % des ménages de chaque zone

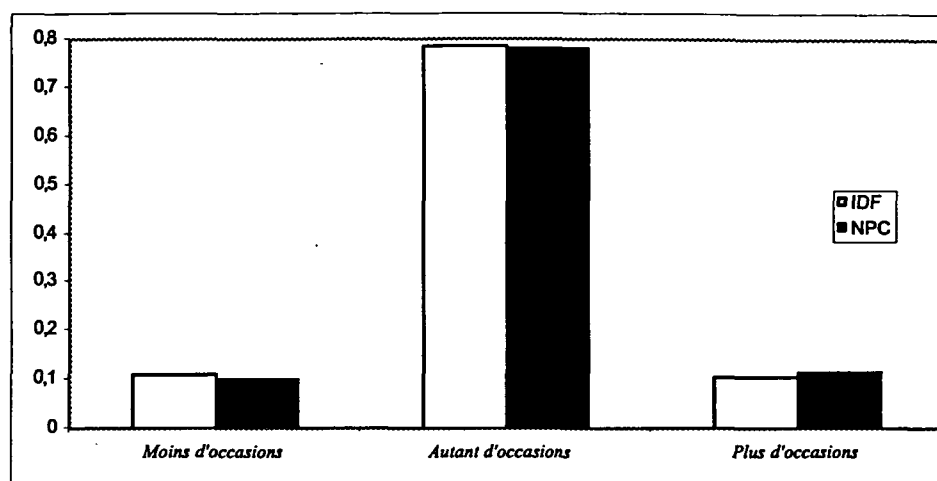


Tableau n°1 : "Fidélité" à la mobilité et taux de renouvellement sur l'axe IDF/NPC

Zone de résidence	Motif	Mobiles perdus	Nouveaux mobiles
Ile-de-France	<i>Professionnel classique</i>	49%	51%
	<i>Domicile-Travail</i>	44%	49%
	<i>Privé</i>	50%	49%
	<i>Tous motifs confondus</i>	46%	41%
Nord-Pas-de-Calais	<i>Professionnel classique</i>	43%	45%
	<i>Domicile-Travail</i>	53%	43%
	<i>Privé</i>	41%	43%
	<i>Tous motifs confondus</i>	33%	30%
Toutes zones de résidence	<i>Professionnel classique</i>	47%	48%
	<i>Domicile-Travail</i>	52%	47%
	<i>Privé</i>	46%	46%
	<i>Tous motifs confondus</i>	41%	37%

En italique résultats peu significatifs

Mobiles perdus = $\frac{\text{Mobiles (1)} \rightarrow \text{Non Mobiles (2)}}{\text{Total mobiles (1)}}$

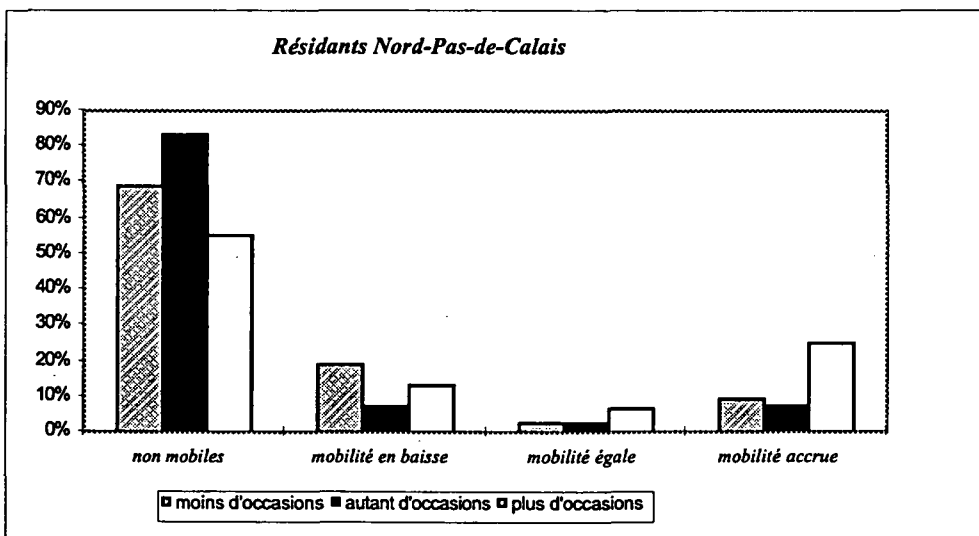
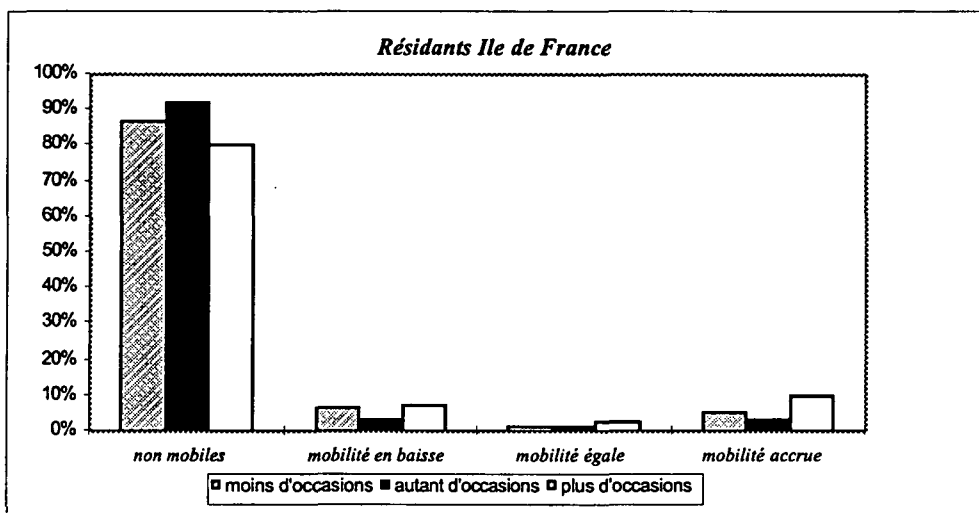
Nouveaux mobiles = $\frac{\text{Non Mobiles (1)} \rightarrow \text{Mobiles (2)}}{\text{Total mobiles (2)}}$

SYSTÈME D'OBSERVATION

Tableau n°2 : Corrélation entre évolution de la mobilité corridor et évolution des occasions de déplacement sur le corridor
 en % des ménages ayant un type d'évolution d'occasions de déplacement

	<i>moins d'occasions</i>	<i>autant d'occasions</i>	<i>plus d'occasions</i>
<i>non mobiles (années 1 et 2)</i>	42%	61%	31%
<i>mobilité en baisse</i>	27%	16%	25%
<i>mobilité égale</i>	11%	7%	14%
<i>mobilité accrue</i>	20%	16%	30%
	100%	100%	100%

Graphique n°2 : Mobilité professionnelle et occasions de déplacement
 en % des ménages de chaque type d'évolution d'occasions de déplacement



SYSTÈME D'OBSERVATION

Tableau n°3 : Transferts entre modes à occasions constantes
Evolution 92-93 / 93-94 (année 1/année 2)
En % des ménages appartenant à chaque niveau relatif des modes de l'année 2

Année 2	Année 1						
	Exclusifs Fer	Fer > Route	Fer = Route	Route > Fer	Exclusifs Route	Non mobiles	
Exclusifs Fer	28%	2%	14%	0%	7%	49%	100%
Fer > Route	15%	22%	48%	0%	15%	0%	100%
Fer = Route	17%	2%	40%	1%	23%	17%	100%
Route > Fer	0%	0%	38%	25%	38%	0%	100%
Exclusifs Route	3%	0%	7%	0%	45%	43%	100%
Non mobiles	2%	0%	1%	0%	7%	91%	100%

Construction d'une variable de niveau relatif, distinguant pour une année donnée :

- * les exclusifs de l'un ou l'autre mode,
- * l'égalité (ou à peu près) entre l'un et l'autre mode définie par : nombre de déplacements-ménage effectués par l'un ou l'autre mode appartenant à la même tranche de déplacements ou à une tranche immédiatement supérieure ou inférieure,
- * "fer supérieur à route" ou "route supérieure à fer", ces deux modalités ayant un effectif très faible et les résultats étant peu interprétables
- * les "non mobiles sur l'axe"

Tableau n°4 : Lien entre évolution de la mobilité et niveau relatif des modes sur l'axe IDF/NPC
Evolution 92-93 / 93-94 (année 1/année 2)
En % de la catégorie d'évolution de mobilité du ménage

	Mobilité accrue	Mobilité égale	Mobilité en baisse
Toujours exclusifs Fer	2,7%	13%	3%
Nouveaux exclusifs Fer	27,2%	10%	3%
Mixte avec fer croissant	8,8%	6%	1%
Mixte avec Fer égal	1,4%	10%	2%
Fer décroissant	3,1%	14%	29%
Toujours exclusifs Route	5,4%	47%	10%
Nouveaux exclusifs Route	51,4%	0%	0%
Exc. Route devenus non mobiles	0,0%	0%	53%
	100,0%	100%	100%

Construction de la variable d'évolution du niveau relatif des modes de transport.

Il s'agit d'évolution du niveau relatif des modes l'un par rapport à l'autre et non de niveau absolu.

(Ainsi, le "mixte avec fer croissant" ne signifie pas obligatoirement que le fer croisse en niveau absolu, cela signifie que la part relative du fer dans l'ensemble des déplacements de ces ménages a augmenté)

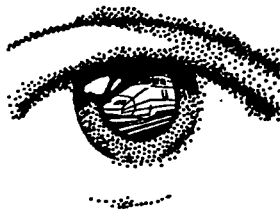
Les cinq premières modalités sont des modalités où le fer est présent au moins l'une des deux années et où l'on distingue les cas d'exclusivité ou de croissance relative du fer.

Les trois dernières modalités représentent des situations où le fer est absent,

en distinguant différents cas de mobilité ou d'absence de mobilité pour chaque année.

Tableau n°5 : Répartition des déplacements fer effectués l'année 2 selon le profil de mobilité initial et son évolution
Evolution 92-93 / 93-94 (année 1/année 2)
En % des déplacements individuels Fer de l'année 2

Année 2	Année 1						Total
	Exclusifs Fer	Fer > Route	Fer = Route	Route > Fer	Exclusifs Route	Non mobiles	
Exclusifs Fer	31,9%	7,3%	6,2%	0,4%	1,4%	12,6%	59,9%
Fer > Route	6,1%	7,1%	7,5%	0%	1,1%	0%	21,8%
Fer = Route	4,1%	1,2%	7,2%	1,1%	3,0%	1,2%	17,8%
Route > Fer	0%	0%	0,2%	0,1%	0,2%	0%	0,5%
Total	42,1%	15,6%	21,2%	1,6%	5,7%	13,8%	100%



IMPACT DU TGV NORD-EUROPÉEN SUR LA MOBILITÉ (III)

*Michel HOUÉE, Christian CALZADA,
Jean-François LEFOL (SOFRES)*

Suite aux parutions successives sur la méthodologie du panel TGV Nord et les évolutions de structure un an après la mise en service du tronçon Paris-Lille [cf. Notes de Synthèse du SES, N°102 - Mai 1996] puis sur les modifications de comportement des ménages sur le même axe et au cours de la période de deux ans [cf. Notes de Synthèse du SES, N°109 - Janvier-Février 1997], le présent article met à profit la disponibilité des résultats de la troisième année du panel pour traiter de l'impact du lien fixe Transmanche à travers l'étude en coupe instantanée des deuxième et troisième années et expliquer l'analyse sur panel constant au corridor Ile-de-France/Nord - Pas-de-Calais sur l'ensemble des trois années*.

**L'analyse
par comparaison
de vagues
indépendantes :
l'évolution du flux
Ile-de-France/Nord
Pas-de-Calais
sur trois ans**

La comparaison entre avant et après la mise en place du TGV (tableau 1) (deux premières vagues annuelles) sur l'axe Ile-de-France/Nord-Pas-de-Calais révèle une évolution de comportement très contrastée d'une zone de résidence à l'autre. D'une part on constate l'absence presque totale de modification des comportements chez les franciliens au cours de l'année suivant la mise en service, qui se traduit par une stabilité du taux de ménages mobiles, du nombre moyen de voyages par ménage et par ménage mobile, ainsi que du partage modal ; d'autre part, l'impact de l'amélioration de l'offre train est nettement plus sensible chez les résidents du Nord-Pas-de-Calais, impact qui se manifeste toutefois exclusivement à travers une mobilité plus intensive des ménages mobiles, l'effectif de la population des ménages mobiles restant globalement stable. L'augmentation du trafic fer l'année de mise en service résulte avant tout d'une augmentation des déplacements et non d'un transfert massif de la route.

La croissance du nombre de déplacements sur le même axe entre la deuxième et la troisième année est principalement le fait des franciliens. Le nombre des déplacements effectués par des usagers résidant en Ile-de-France dépasse ainsi à nouveau la moitié du nombre total de déplacements soit, compte tenu du fait que la région Ile-de-France est de loin la plus peuplée, un taux de mobilité des ménages sur l'axe beaucoup plus élevé chez les résidents du Nord-Pas-de-Calais : 40% contre 17% pour les résidents d'Ile-de-France.

En termes de motif de déplacement (tableau 2), l'évolution est essentiellement marquée par la hausse du nombre de déplacements domicile-travail, en particulier pour les résidents du Nord-Pas-de-Calais. On observe pour ce motif une croissance globale de moitié du flux sur trois ans, alors que le volume des déplacements pour motif personnel stagne sur la même période.

En termes de mode de transport utilisé (tableau 3), l'impact est très contrasté entre les deux zones de résidence : en Nord-Pas-de-Calais, la part de marché du train croît de près de dix points dès la première année de mise en service puis se stabilise au cours de la troisième année du panel ; en Ile-de-France, paradoxalement, la part du train baisse légèrement l'année de mise en service, alors qu'elle se situait à l'origine à un niveau inférieur de douze points à celui du Nord-Pas-de-Calais, pour ensuite stagner la troisième année.

*L'analyse sur
panel constant :
l'impact du lien
fixe transmanche*

L'analyse par comparaison des années 2 et 3 considérées comme échantillons indépendants, de l'évolution du flux IDF/Londres révèle une augmentation très forte du trafic, profitant plus particulièrement aux voyages effectués pour motif privé et s'accompagnant d'une montée en puissance des modes « Tunnel », l'Eurostar et le Shuttle, ce qui est logique, mais aussi d'une résistance forte des modes traditionnels : baisse modérée de l'avion, progression importante du ferry (tableau 4).

L'analyse restreinte aux seules personnes qui se sont déplacées au cours des trois années (panel constant) permet quant à elle de constater qu'en 1994-1995 (année 3 du panel), environ deux tiers des ménages mobiles sur l'axe ne l'étaient pas une année auparavant, quelle que soit la zone que l'on considère. Toutefois ce chiffre ne reflète pas uniquement une augmentation importante du nombre de ménages franciliens mobiles sur l'axe mais aussi, sans doute, une certaine volatilité de la mobilité sur cet axe. On en veut pour preuve le fait que, si l'on examine le comportement des ménages résidant en Ile-de-France mobiles sur l'axe durant l'année 2, 51 % d'entre eux ne sont pas mobiles l'année suivante malgré la mise en service du tunnel entre les deux années.

Ce renouvellement très important des ménages mobiles sur l'axe entre les deux années est supérieur à celui que l'on a pu observer sur l'axe Ile-de-France/Nord-Pas-de-Calais : sur cet axe, le taux de renouvellement chez les résidents franciliens était de 40 %, contre à peine plus de 30 % chez les ménages résidant dans le Nord-Pas de Calais.

Sans doute ce résultat est-il parfaitement compatible avec le taux de mobilité sur l'axe une année donnée : plus ce taux est faible et plus l'on a de chances, toutes choses égales par ailleurs, de trouver un taux de renouvellement important. La persistance de la mobilité sur deux années successives est liée, en effet, aux occasions de se déplacer sur l'axe et donc, par voie de conséquence, à l'intensité de la mobilité : on a d'autant plus de chances d'être mobile au cours de l'année 3, que l'on a fait beaucoup de voyages durant l'année 2 (et réciproquement). Ainsi, les ménages franciliens ayant fait au moins trois voyages vers Londres au cours de l'année 3 étaient déjà, pour 70 % d'entre eux, mobiles sur l'axe durant l'année 2 et, pour près de 50 % d'entre eux, avaient déjà fait au moins deux voyages durant cette année 2.

Lorsque l'on s'intéresse aux transitions modales (tableau 5), on constate parmi les mobiles de l'année 2 une permanence plus forte de la mobilité chez les voyageurs aériens que chez les voyageurs routiers, en raison du caractère moins occasionnel des motifs de déplacement de la première catégorie. Parmi les ménages mobiles sur l'axe durant les deux années, les voyageurs aériens de l'année 2 restent fidèles à l'avion dans une grande proportion : la moitié prennent toujours exclusivement l'avion, un quart prennent de temps en temps l'avion et de temps en temps un autre mode, un quart prennent exclusivement un autre moyen de transport, le fer pour la grande majorité. La fidélité est moindre chez les voyageurs route de l'année 2, chez lesquels on constate un choix équilibré entre fer et route en année 3.

Parmi les voyageurs utilisant exclusivement, au cours de l'année 3, l'un ou l'autre des deux modes de transport nouveaux (Shuttle ou Eurostar), près des trois quarts sont des « nouveaux mobiles », contre 60% chez les utilisateurs exclusifs de l'avion. Le taux de « nouveaux mobiles » est naturellement moins fort chez les utilisateurs de plusieurs modes de transport, tout simplement parce que ces derniers voyagent plus fréquemment et que, donc, leur probabilité de voyager pendant l'année est plus forte. Enfin, à l'intérieur du mode route, c'est chez les voyageurs du Shuttle que l'on rencontre la plus forte proportion de « nouveaux mobiles » sur l'axe.

SYSTÈME D'OBSERVATION

Enfin, parmi les voyageurs de l'année 3 précédemment mobiles (tableau 6), les voyageurs aériens utilisaient ce même mode dans une très forte proportion au cours de l'année 2, alors que l'origine des utilisateurs de l'Eurostar et de la route est plus diversifiée.

En termes de motif, le taux de renouvellement est étonnamment identique entre motif professionnel et privé, de l'ordre de 60 % dans les deux cas : compensation probable entre deux effets de sens contraire, la moindre proportion de mobiles professionnels et leur plus grande fidélité à la mobilité sur l'axe.

Un autre résultat intéressant en termes de motif est la mise en évidence d'une corrélation entre mobilité professionnelle et mobilité privée sur l'axe. En effet, alors que le taux global de ménages mobiles pour raison professionnelle sur l'axe est de 4% contre 8% pour raison privée, 10 % de la population des mobiles pour des motifs privés l'est également pour des raisons professionnelles et 21 % de la population des mobiles pour des motifs professionnels l'est également pour raison privée.

Cette corrélation apparaît plus fortement encore lorsque l'on élargit la période à deux années successives, c'est-à-dire lorsqu'on étend la notion de mobilité au fait d'avoir effectué au moins un voyage durant ces deux années : les taux de mobilité professionnelle et privée sont alors respectivement égaux à 6 % et 11,5 %, alors que les taux conditionnels de mobilité professionnelle et privée (c'est-à-dire les mobiles professionnels et privés sur les deux ans rapportés respectivement à la population des mobiles pour raison privée et des mobiles pour raison professionnelle) sont égaux à 18 % et 34 %, soit des taux trois fois plus forts que les taux marginaux.

Tableau 1 : Répartition et évolution du trafic IDF/NPC entre les deux zones d'émission françaises (en proportion du nombre de déplacements¹)

Zone de résidence	Répartition des ménages	Répartition du flux IDF/NPC			Evolution du trafic ²
		Année 1	Année 2	Année 3	
Ile-de-France	75,5%	51,5%	49,5%	51,0%	+ 8,5 %
Nord-Pas-de-Calais	24,5%	48,5%	50,5%	49,0%	+ 33 %
Toutes zones	100%	100%	100%	100%	+ 6 %
Nombre de déplacements ¹		26 204	27 461	29 069	

Tableau 2 : Répartition et évolution du trafic IDF/NPC par motif (en proportion du nombre de déplacements¹)

Zone de résidence	Motif	Année 1	Année 2	Année 3	Evolution du trafic ²
Ile-de-France	Professionnel classique	20,0%	19,5%	20,0%	+ 11 %
	Domicile-Travail-Etudes	11,5%	14,0%	14,5%	+ 13 %
	Privé	68,5%	65,0%	65,5%	+ 8,5 %
	Tous motifs	100%	100%	100%	+ 8,5 %
	Nombre de déplacements	13 491	13 661	14 814	
Nord-Pas-de-Calais	Professionnel classique	20,0%	20,5%	18,0%	- 8 %
	Domicile-Travail-Etudes	30,5%	36,5%	41,5%	+ 17 %
	Privé	49,5%	43,0%	40,5%	- 2 %
	Tous motifs	100%	100%	100%	+ 3,5 %
	Nombre de déplacements	12 713	13 800	14 255	
Toutes zones	Professionnel classique	20,0%	20,0%	19,0%	+ 1 %
	Domicile-Travail-Etudes	20,5%	25,0%	27,5%	+ 15,5 %
	Privé	59,0%	54,0%	53,0%	+ 4,5 %
	Tous motifs	100%	100%	100%	+ 6 %
	Nombre de déplacements	26 704	27 461	29 069	

SYSTÈME D'OBSERVATION

Tableau 3 : Répartition et évolution du trafic IDF/NPC par mode de transport
(en proportion du nombre de déplacements¹)

Zone de résidence	Mode de transport	Année 1	Année 2	Année 3	Evolution du trafic ²
Ile-de-France	Train	27,50%	26,00%	26,00%	+ 7 %
	Route	72,50%	73,50%	74,00%	+ 9 %
	Tous modes	100%	100%	100%	+ 1,5 %
Nord-Pas-de-Calais	Train	39,50%	49,00%	49,00%	+ 3 %
	Route	60,00%	51,00%	51,00%	+ 4 %
	Tous modes	100%	100%	100%	+ 3,5 %
Toutes zones	Train	33,50%	37,50%	37,00%	+ 4,5 %
	Route	66,50%	62,00%	63,00%	+ 7 %
	Tous modes	100%	100%	100%	+ 6 %

Tableau 4 : Répartition et évolution du trafic vers Londres par motif
(en proportion du nombre de individus¹)

Zone de résidence	Motif	Année 2	Année 3	Evolution du trafic ²
Ile-de-France	Professionnel classique	48,0%	40,0%	+ 46 %
	Privé	52,0%	60,0%	+ 104 %
	Tous motifs	100%	100%	+ 76 %
Nord-Pas-de-Calais	Professionnel classique	7,0%	8,0%	+ 31 %
	Privé	93,0%	92,0%	+ 14 %
	Tous motifs	100%	100%	+ 15 %
Toutes zones	Professionnel classique	33,0%	31,0%	+ 45 %
	Privé	67,0%	69,0%	+ 58 %
	Tous motifs	100%	100%	+ 53 %

1 : Ensemble des déplacements effectués par les individus du ménage panéalisé

2 : Evolution du trafic en nombre de voyageurs année 3/année 2

Tableau 5 : Devenir des mobiles de chacun des modes de l'année 2

Mobiles de l'année 2 pour le mode ...	Mobilité par mode de l'année 3				
	Avion exclusif	Fer exclusif	Route exclusif	Multimode	Non mobiles
Avion exclusif	27%	11%	3%	14%	45%
Route exclusif	4%	16%	13%	2%	65%
Tous mobiles	19%	13%	7%	10%	51%

Tableau 6 : Provenance des mobiles de chacun des modes de l'année 3

Mobiles de l'année 3 pour le mode ...	Mobilité par mode de l'année 2			
	Avion exclusif	Route exclusif	Autres mobiles	Non mobiles
Avion exclusif	37%	2%	2%	59%
Fer exclusif	15%	9%	4%	72%
Route exclusif	8%	12%	3%	77%
Multimodes comprenant l'avion	66%		4%	30%
Multimodes comprenant le fer	48%		13%	39%
Multimodes comprenant la route	26%		16%	58%
Tous mobiles	25%	7%	3%	65%

Les pourcentages se lisent horizontalement, par exemple : sur 100 ménages monomodes avion de l'année 3, 37 étaient monomodes avion durant l'année 2 et 59 étaient non mobiles.

Les trois modalités multimodes ne sont pas disjointes : ainsi un mobile « avion et route » dans l'année 3 figurera chez les multimodes « avion » et chez les multimodes « route » et les trimodaux sont comptés dans les trois catégories de multimodes.

Questions relatives à l'exposé de J.F. Lefol (SOFRES) :

M. Houée

Je retiens deux éléments principaux des vertus de ce panel : tout d'abord, sa double capacité de résolution à la fois spatiale et temporelle. Il y avait deux zones d'étude, l'Île de France et le Nord-Pas-de-Calais, et on constate de très grandes différences en termes de réactivité, chose que l'on ne peut voir lorsque l'on n'a pas la même capacité à distinguer des sous-populations. Du point de vue temporel, si l'enquête avait traditionnellement été conduite un an avant la mise en service de la ligne nouvelle Paris-Lille, puis un an après l'ouverture du lien fixe Transmanche, nous n'aurions pas pu constater au cours de l'année intermédiaire l'induction de mobilité Transmanche des résidents du Nord-Pas-de-Calais due au positionnement tarifaire des ferries. C'est l'avantage d'un suivi en continu.

A. Gaudefroy

Y a-t-il dans les deux enquêtes TGV Atlantique et TGV Nord également des éléments qualitatifs permettant d'apprécier le degré de satisfaction des usagers ?

O. Klein

Pour le TGV Atlantique, ce n'était pas le but de l'enquête, on s'est davantage préoccupé de connaître de façon détaillée le type de relation professionnelle ou familiale sous-jacente au déplacement.

J.F. Lefol

Le panel TGV Nord s'est également cantonné aux questions factuelles, par contre une enquête complémentaire vient d'être réalisée auprès d'une sélection de panélistes présentant des caractéristiques intéressantes au niveau de l'évolution de leur comportement de mobilité et de choix modal, pour essayer d'identifier les déterminants de cette évolution.

MODELISATION DES EFFETS DES GRANDS PROJETS : L'EXPERIENCE DE LA SNCF

Exposé de Y. Chopinet (SNCF-Grandes lignes) :

Y. Chopinet

Je vais tout d'abord re-situer dans quel cadre la SNCF fait des évaluations de grands projets d'infrastructure ferroviaire : celles-ci sont aujourd'hui effectuées par les gens de Réseau Ferré de France, mais on n'efface pas 30 ans d'études, et les méthodes sont encore les nôtres.

Le problème est assez simple, comparativement à ce qui a déjà été évoqué; on nous demande d'évaluer un projet ferroviaire et en particulier un grand projet d'infrastructure. A cette fin, il faut considérer les avantages pour la SNCF et ses clients d'une part, pour les collectivités d'autre part. Le point principal sur lequel la SNCF est interrogée, concerne les méthodes de prévision de trafic, mais également les méthodes de calcul de bilan. J'expliquerai pourquoi nous travaillons à partir de nos propres données qui sont de type billetterie, et quels sont les avantages et les inconvénients de cette approche.

Pour ce qui est des méthodes de calcul de bilan, je souhaite rappeler l'existence de certaines contraintes externes à la SNCF. Au surplus le respect des règles économiques n'est pas toujours simple, d'autant plus qu'elles doivent être conformes aux instructions en vigueur : par exemple nous sommes en cours de discussion afin de réaliser une instruction d'évaluation des grands projets dérivée de l'instruction officielle qui sera appliquée à ce cas particulier notamment pour ce qui est des TGV, ainsi que d'autres projets plus urbains.

Nous avons deux objectifs très concrets en matière de prévision de trafic, qui sont malheureusement contradictoires : d'une part être le plus simple possible, d'autre part être le plus précis possible. Nous sommes en permanence tirillés entre ces deux objectifs, et cela explique la démarche que nous avons suivi, qui par rapport à des objectifs plus ambitieux de matrices de données multimodales au niveau national ou européen, peut paraître terre à terre, mais répond à l'objectif initial d'évaluation des grands projets d'infrastructure ferroviaire. Ce que j'entends par simplicité se résume à l'emploi d'un minimum de paramètres, en les hiérarchisant. Les modèles conçus à la SNCF étant souvent utilisés de manière dérivée ou indirecte, il est assez important de bien définir chaque terme utilisé, en particulier dans les questionnaires.

Notre modélisation est basée sur l'évaluation de l'impact d'un projet, et l'effet qui nous intéresse ne concerne que celui du projet lui même et non les effets externes, de type environnementaux par exemple. Nous mesurons l'effet direct du projet, le point entre le 2 et le 3 du schéma représentant le cas du basculement d'un train classique vers un TGV. Nous procédons à partir du système classique qui consiste à travailler sur les données de l'année de base, qui est la dernière année connue. Nous extrapolons ensuite à l'année du projet, afin de savoir ce qui se passerait si on ne faisait aucun changement. Tout ramener à l'année de lancement a évidemment un caractère un peu théorique, et il convient également de suivre l'évolution du projet au cours du temps. Par exemple si on considère le cas du TGV Paris-Bordeaux en 1990, le « juste avant - juste après » n'avait pas beaucoup de signification du fait de la guerre du golfe, et les effets étaient surtout externes. C'est l'un des points les plus importants de nos modèles, et il explique en partie la réussite de nos modélisations.

Notre modèle d'évaluation de grands projets, PIANO, est un modèle prix-temps pour la concurrence air-fer, et il est couplé à un modèle gravitaire qui représente tout ce qui n'est pas pris en compte dans le modèle prix-temps, comme l'induction de trafic et le détourné de la route. J'insiste sur le fait qu'il s'agit d'un suivi, et le calibrage de l'enchaînement de ces deux modèles a été difficile; nous l'avons plusieurs fois repris, notamment après le TGV Sud-est puis après le TGV Atlantique. Si nous nous reportons au schéma de ce modèle prix-temps, il est clair que si on diminue le temps de parcours en inclinant la courbe vers le bas, on déplace la valeur d'indifférence, c'est à dire qu'un certain nombre de gens qui autrement auraient pris l'avion vont finalement prendre le train. Sur ce second graphique, avec en

abscisse le log de la valeur d'indifférence et en ordonnée la part de marché de l'air, tout repose sur une règle assez connue de répartition de la valeur du temps qui est liée aux revenus. On peut ainsi calculer la part du trafic aérien qui bascule vers le TGV.

Le modèle gravitaire répond quant à lui à la loi suivante : le trafic est proportionnel à la population élevée à une certaine puissance, à la richesse élevée à une autre puissance, et au coût généralisé élevé à une troisième puissance. Comme on travaille sur une même année, la richesse et la population sont les mêmes, on fait donc simplement le rapport des coûts généralisés et on obtient le rapport des trafics avant/après, sans avoir eu à faire aucune hypothèse sur la population desservie ni sur la richesse. Il s'agit donc d'un modèle assez standard qui est calibré globalement, opération qui représente l'essentiel de nos modèles. Ce modèle nous satisfait, car le nombre de données est relativement limité: il y en a une vingtaine au maximum et ce sont des données physiques, comme le temps de parcours, le prix...qui expriment généralement correctement la réalité de l'année suivant l'estimation.

Comme exemple, je vous propose de regarder ces trois courbes de trafic à évolution dans le temps portant sur le TGV Atlantique. La courbe bleue est celle qui a été établie pour la DUP en 82 qui partait de 15,5 millions de voyageurs, arrivait en 90, juste avant le projet, à 18,8 millions, et prévoyait de monter à 24,2. La courbe verte représente le trafic observé, et la rouge est celle qui a été tracée juste avant la mise en service, avec le changement de tarification en 88. Ce calcul a été fait aujourd'hui, et j'ai été rechercher dans les archives le calcul officiel qui avait été présenté au Ministère, et qui prévoyait d'attendre 3 ans afin de mesurer le plein effet de mise en service du TGV Atlantique. Nous avions alors une projection de 17,6 à l'année 92, si on ne faisait rien, qui passait à 21,4 si on faisait le TGV atlantique avec les tarifs proposés.

Plus précisément, nous travaillons par O/D, et la courbe verte du bas concerne La Rochelle, dont la ligne électrifiée a été mise en service en 93. La deuxième courbe la plus haute est celle de Bordeaux, puis en bleu celle de Toulouse et d'Agen, rapidement contrecarrée par l'aérien, etc... La courbe Royan-Saintes étant particulière, je ne l'ai pas ajoutée: elle monte, puis redescend, du fait d'une concurrence intra-TGV. Pour ce qui est du TGV Nord, nous avons considéré deux cas: d'une part le cas d'une nouvelle tarification, et d'autre part le cas d'une réservation un peu plus chère, comme pour le TGV Atlantique. On voit que l'erreur du modèle par rapport à la réalité est de 2%, et que l'impact de la tarification sur cet axe est important.

Actuellement nous travaillons sur l'évolution au fil de l'eau hors grand projet, ainsi que sur la prise en compte des tarifications variées, qui font que les vérifications ne sont plus aussi simples que dans le passé, car il y a parfois des problèmes d'auto-concurrence. Sur cette carte, vous pouvez voir tous les projets en cours d'étude: le TGV Méditerranée (jusqu'à Montpellier), tous les axes vers l'Italie et l'Espagne, le TGV-Aquitaine vers Bordeaux, les deux TGV dits Bretagne et Pays de la Loire, le TGV Rhin-Rhône, et le TGV-Est. Notre objectif est donc d'évaluer un projet en faisant un bilan très orienté du point de vue de l'entreprise, sachant que nous avons toutes les données nécessaires pour faire un bilan pour la collectivité avec ce genre d'analyse.

Evaluation des grands projets ferroviaires

L'estimation des avantages :

- pour l'**entreprise SNCF** et ses **clients**
- pour la **Collectivité**

SNCF Direction Grandes Lignes



Evaluation des grands projets ferroviaires

L'estimation des avantages nécessite :

- des méthodes de **prévisions de trafics**
- des méthodes de **calculs de bilans**

Evaluation des grands projets ferroviaires

Les méthodes de calcul des bilans :

- doivent respecter les **règles économiques**
- doivent être conformes aux **instructions** en vigueur

SNCF Direction Grandes Lignes



Evaluation des grands projets ferroviaires

Les méthodes de prévisions de trafics ont deux objectifs contradictoires :

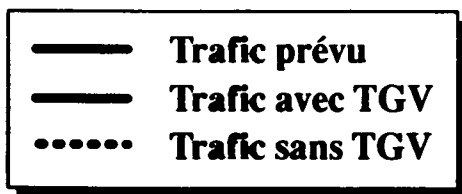
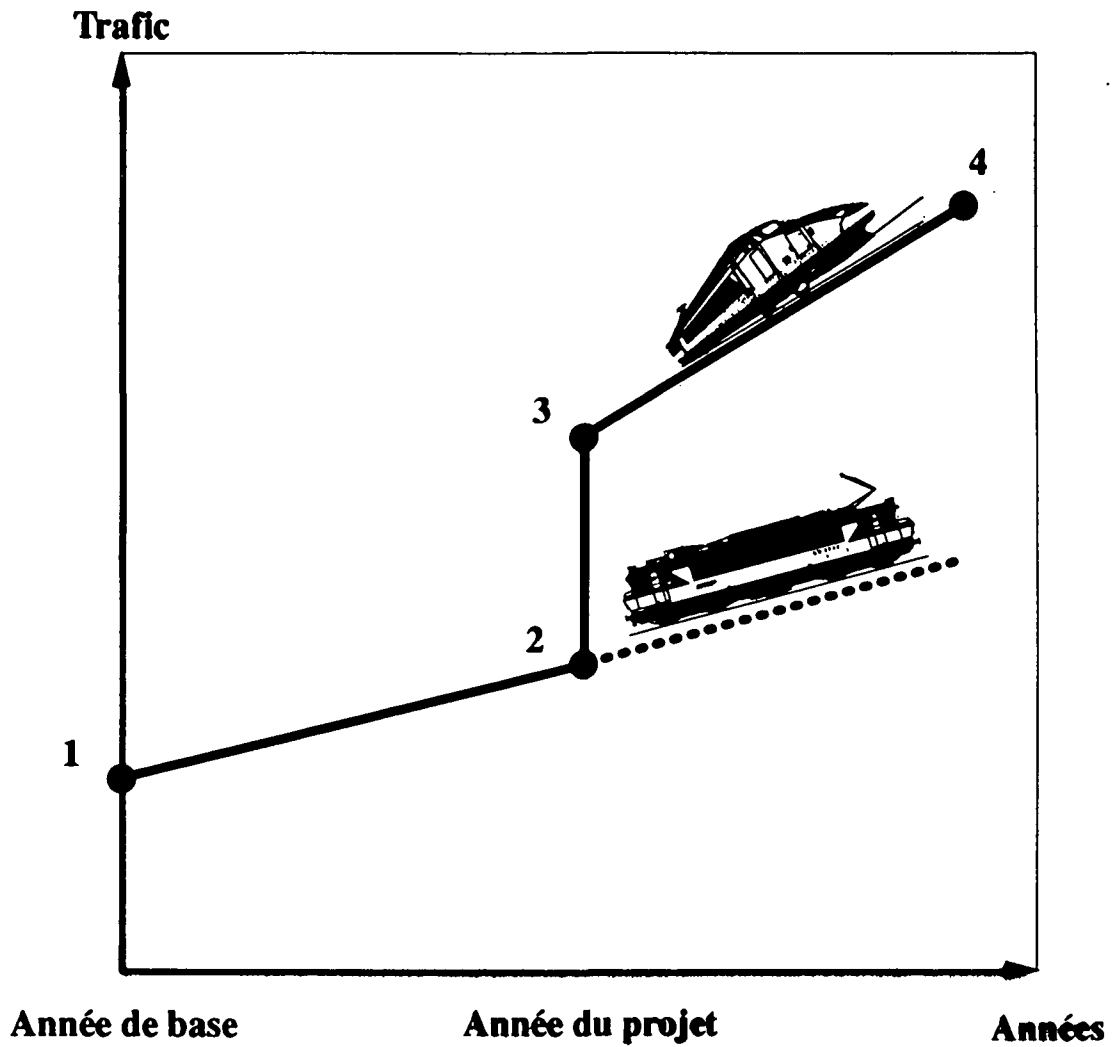
- être les plus **simples** possibles
- être les plus **précises** possibles

Evaluation des grands projets ferroviaires

Pour être les plus simples possibles, il est nécessaire :

- avoir le **minimum de paramètres**
(analyse de données)
- que ces paramètres soient **clairement définis**

DESCRIPTION DES ÉTAPES



Evaluation des grands projets ferroviaires

La Direction Grandes Lignes de la SNCF utilise un modèle "PIANO" double :

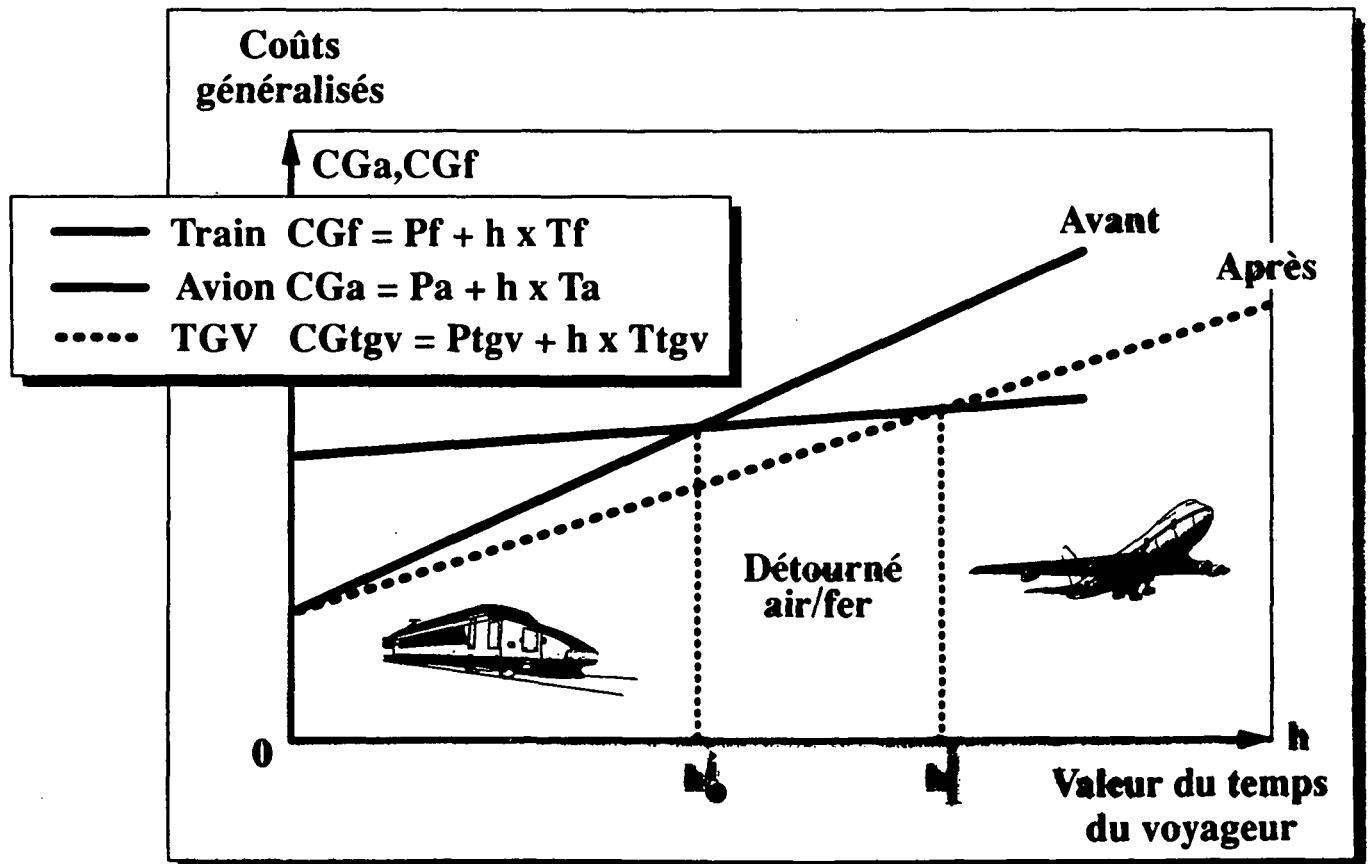
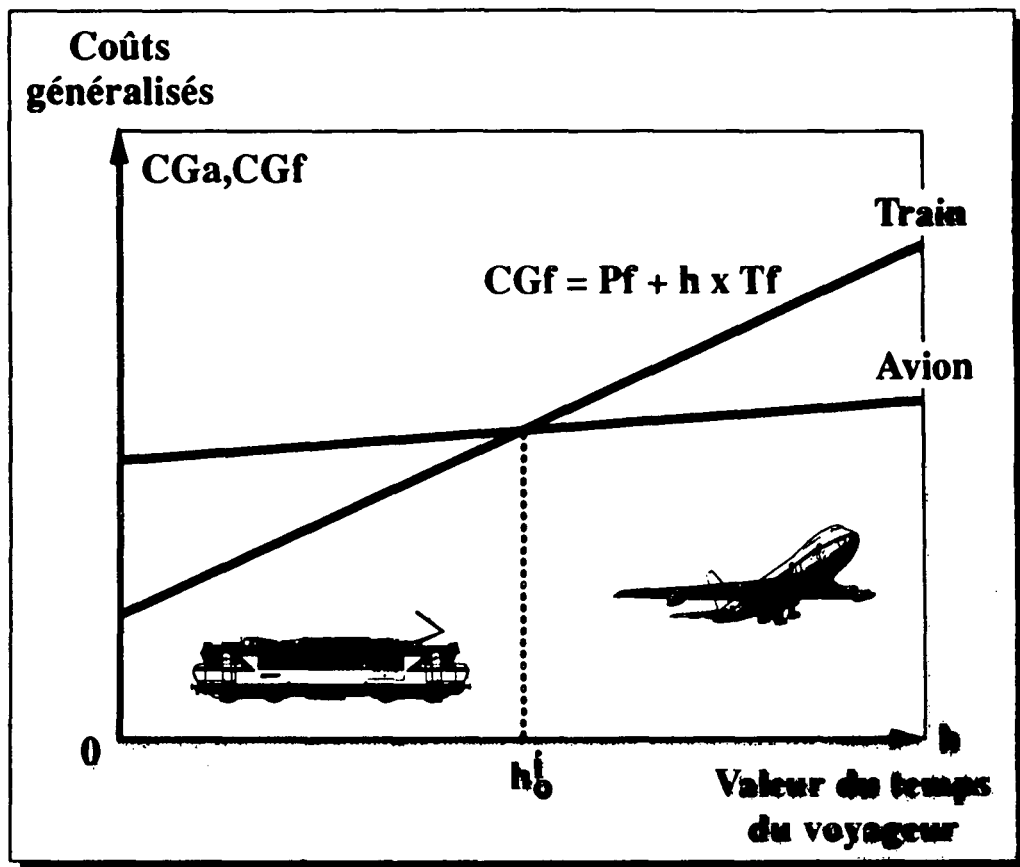
- un modèle **prix-temps** pour la concurrence air / fer
- un modèle **gravitaire** pour l'induction ferroviaire et la concurrence route / fer

SNCF Direction Grandes Lignes

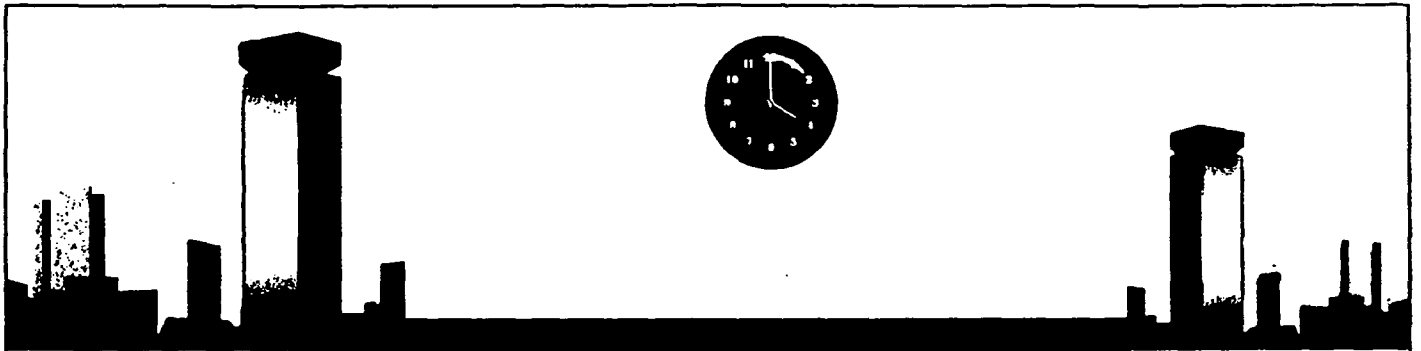


204

MODÈLE PRIX-TEMPS CHOIX MODAL



INDUCTION DE TRAFIC



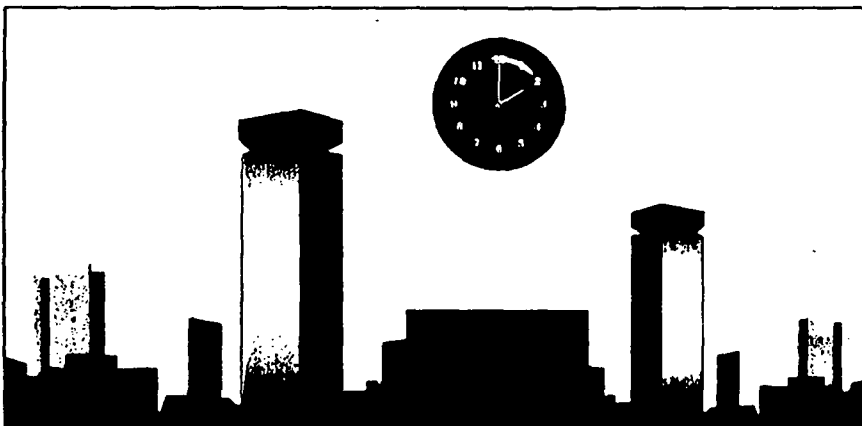
Ville A

CG₀

Ville B



$$T_0 = K \frac{(\text{Pop A} \times \text{Pop B})^\alpha \times (\text{Rich A} \times \text{Rich B})^\beta}{CG_0^2}$$

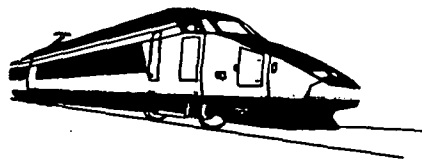


Ville A

CG₁

Ville B

Trafic



$$T_1 = K \frac{(\text{Pop A} \times \text{Pop B})^\alpha \times (\text{Rich A} \times \text{Rich B})^\beta}{CG_1^2}$$

Evaluation des grands projets ferroviaires

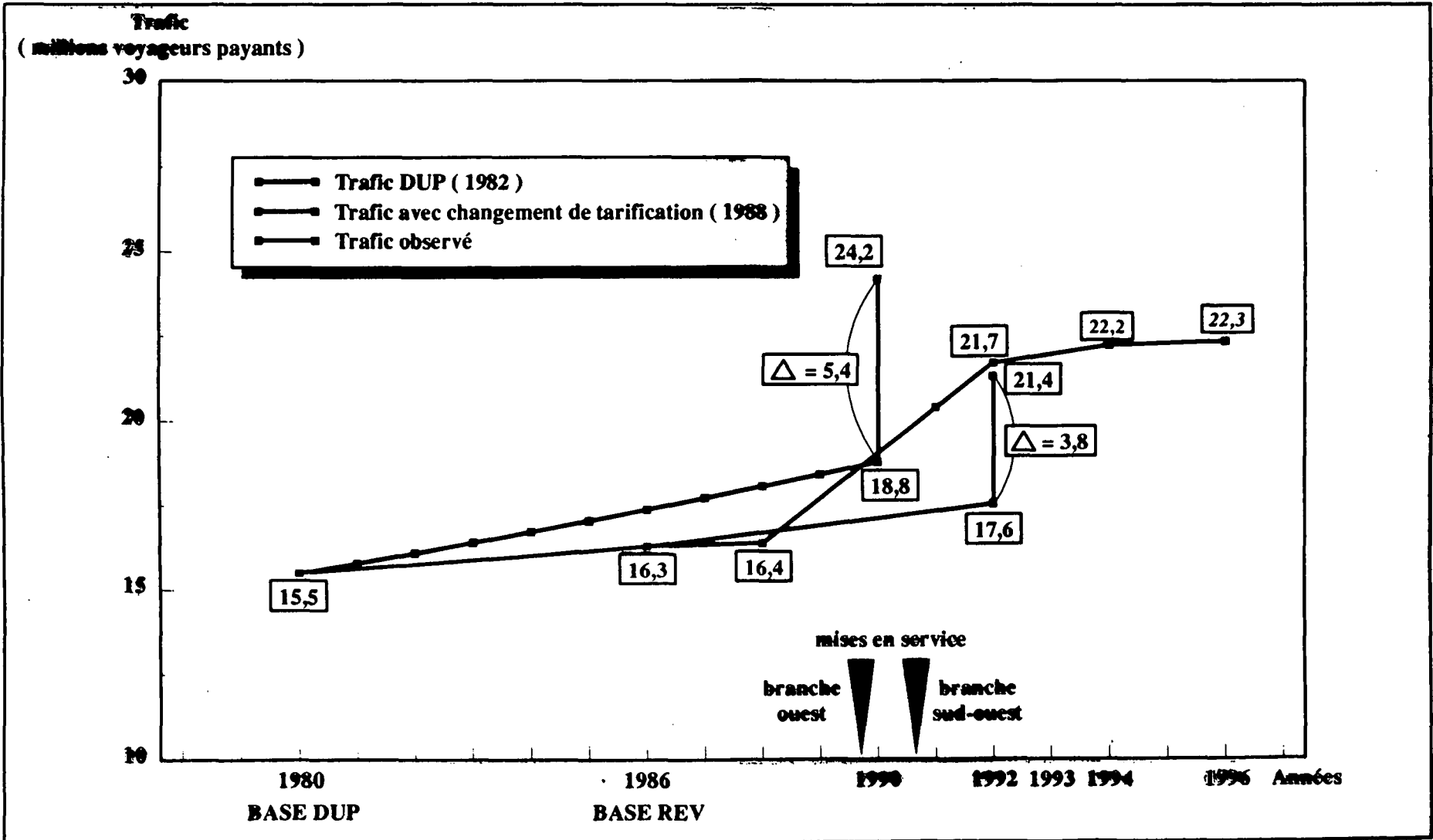
Ce modèle "PIANO" est suffisamment précis pour nos besoins grâce :

- à l'**analyse de données** qui a limité le nombre de paramètres
- au **calibrage** sur de nombreuses modifications d'offres ferroviaires

TGV ATLANTIQUE

Comparaison des trafics réalisé et prévu

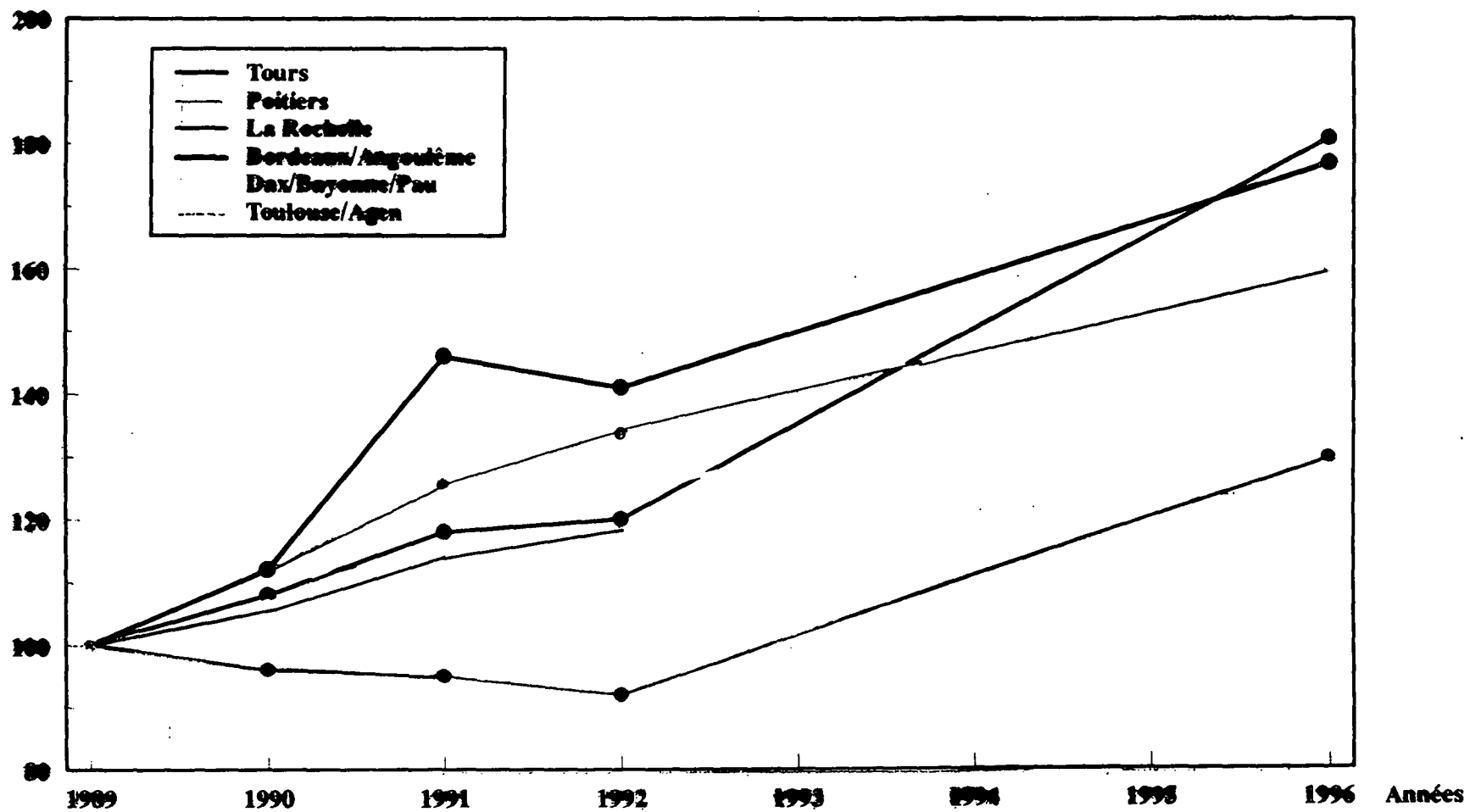
808



TRAFIC TGV ATLANTIQUE BRANCHE SUD-OUEST



Indice de croissance
du trafic Voyageurs

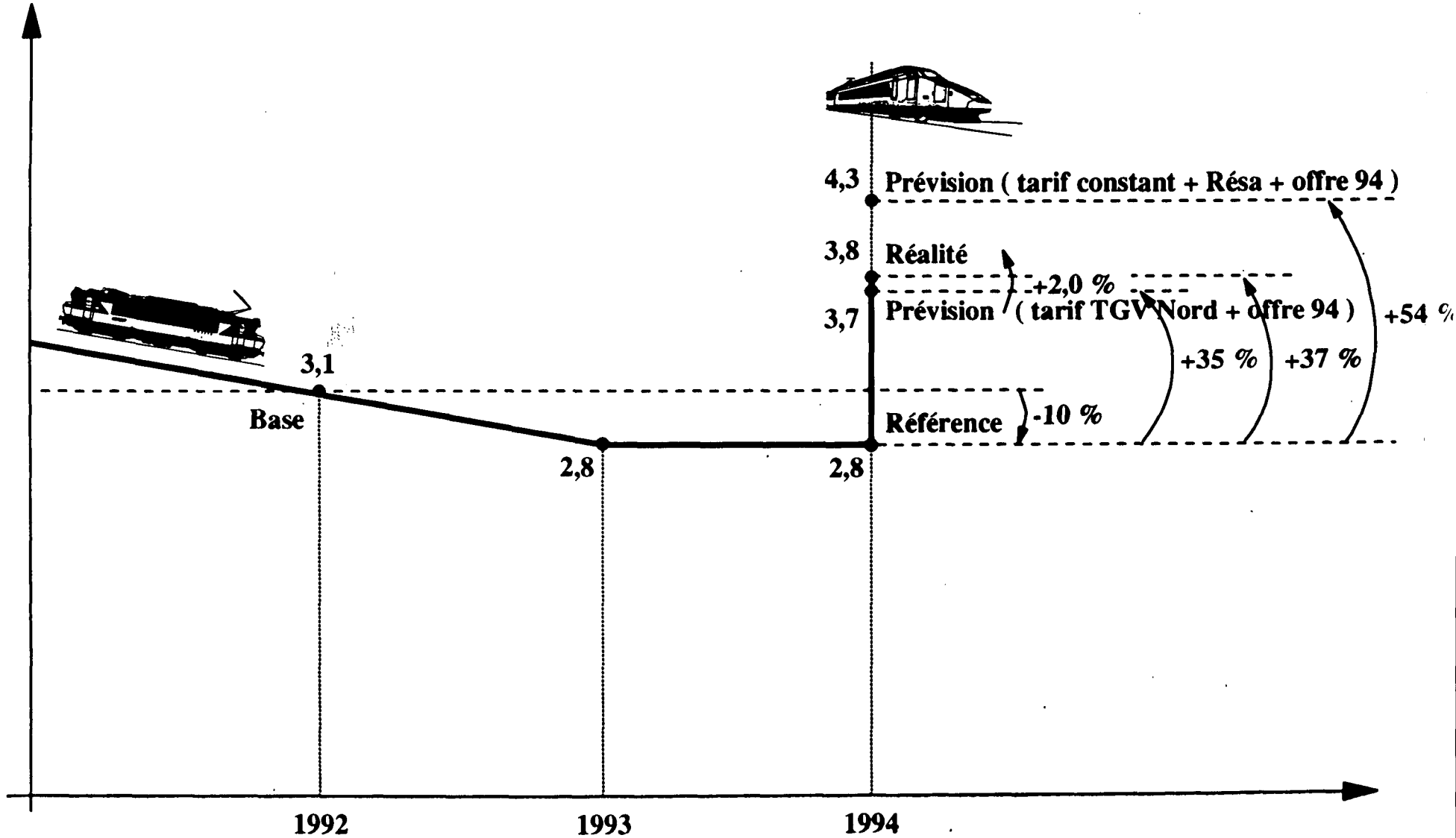


209

TRAFICS FERROVIAIRES RÉEL ET PRÉVU

TRAFIC IDF/Nord de la France
(millions de voyageurs)

210



Evaluation des grands projets ferroviaires

Les pistes de recherche actuelles portent sur :

- l'évolution "au fil de l'eau" des trafics
- la prise en compte des tarifications variées

211

Evaluation des grands projets ferroviaires

Les projets ferroviaires :

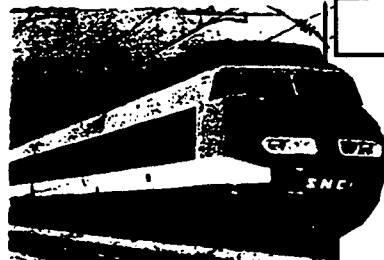
- déjà réalisés ou en construction
- aux différents stades d'études

SNCF Direction Grandes Lignes



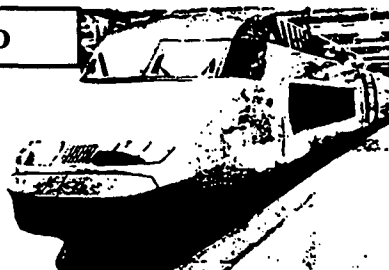
212

Voyageurs transportés par les TGV (en cumul fin 1996)



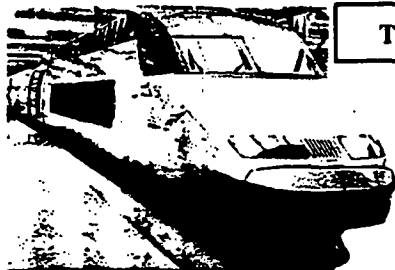
TGV SUD-EST

Sept.81 260 MILLIONS Fin 96



TGV NORD

Juin 93 15,5 MILLIONS Fin 96



TGV JONCTION

Sept.84 15 MILLIONS Fin 96



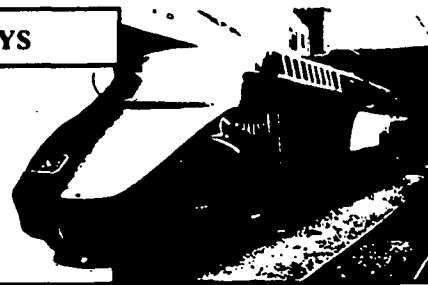
EUROSTAR

Nov.94 8 MILLIONS Fin 96



TGV ATLANTIQUE

Sept.89 138 MILLIONS Fin 96



THALYS

Juin 96 1,5 MILLION Fin 96

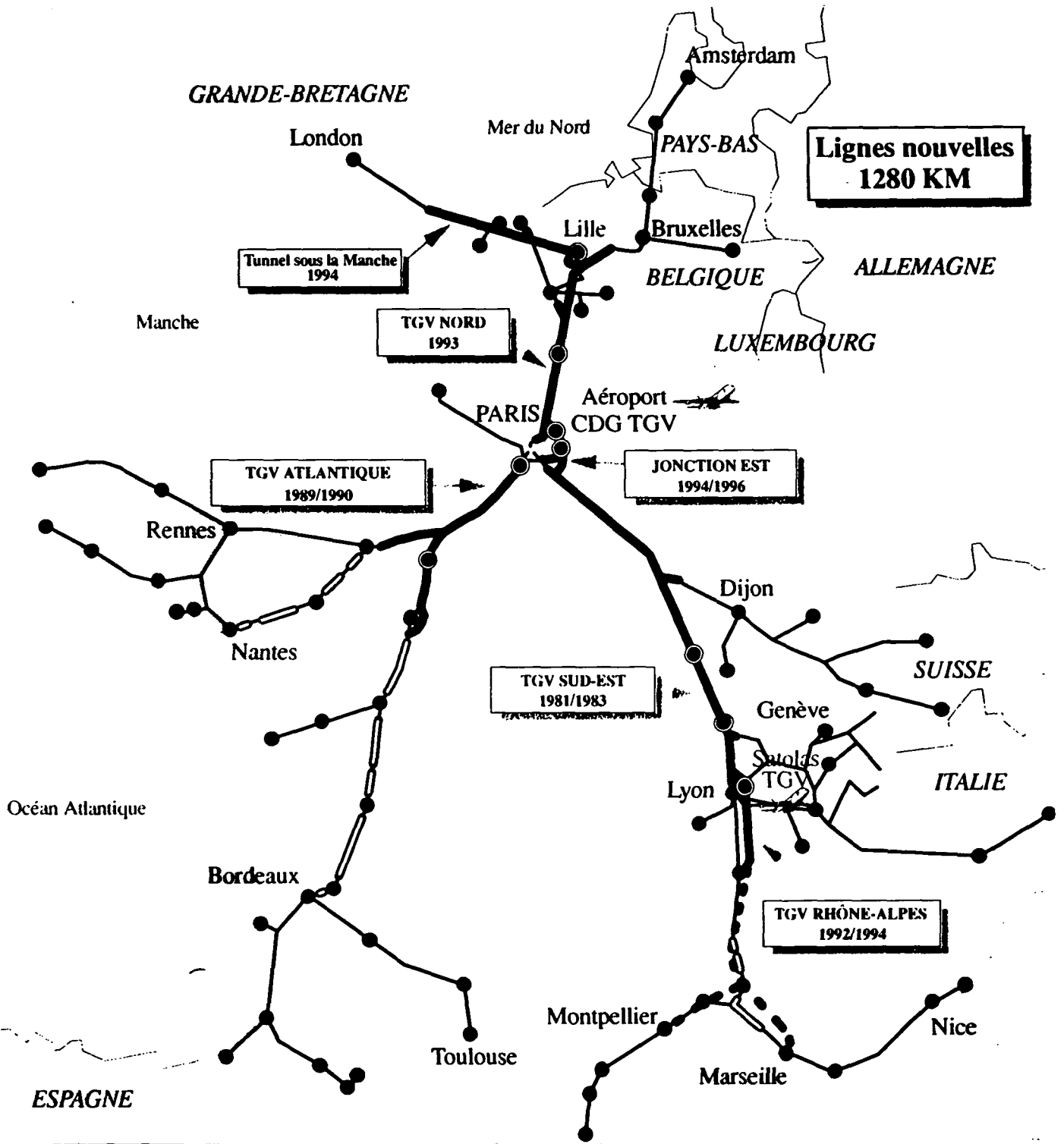


213

LE RÉSEAU TGV EN 1997



**Lignes nouvelles
1280 KM**

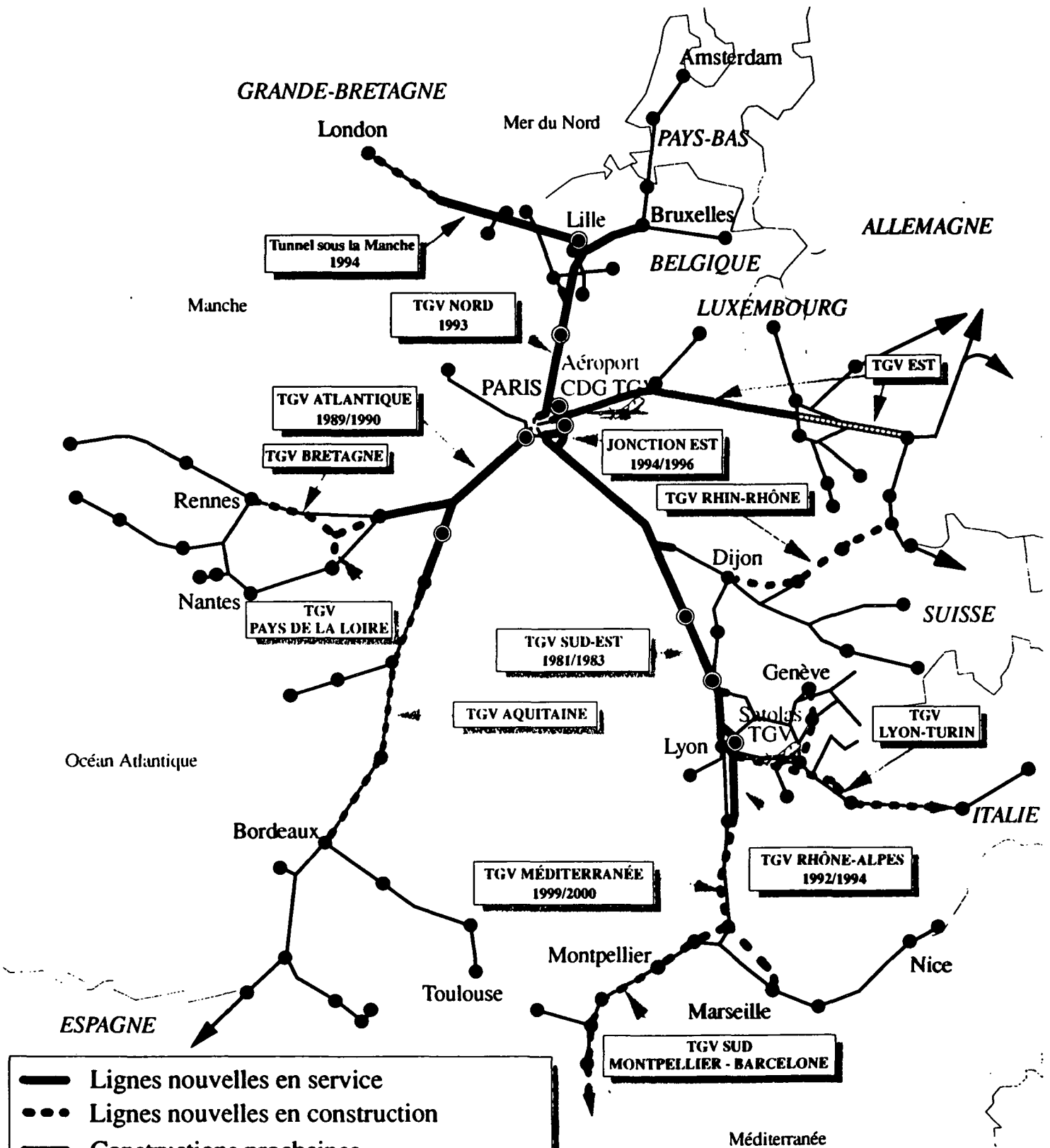


- Lignes nouvelles en service
- Lignes nouvelles en construction
- Lignes aménagées à 200/220 km/h
- Lignes classiques empruntées par les TGV
- Gares nouvelles



GRANDES LIGNES
Service Stratégie et Développement

LE DÉVELOPPEMENT DU RÉSEAU TGV EN FRANCE

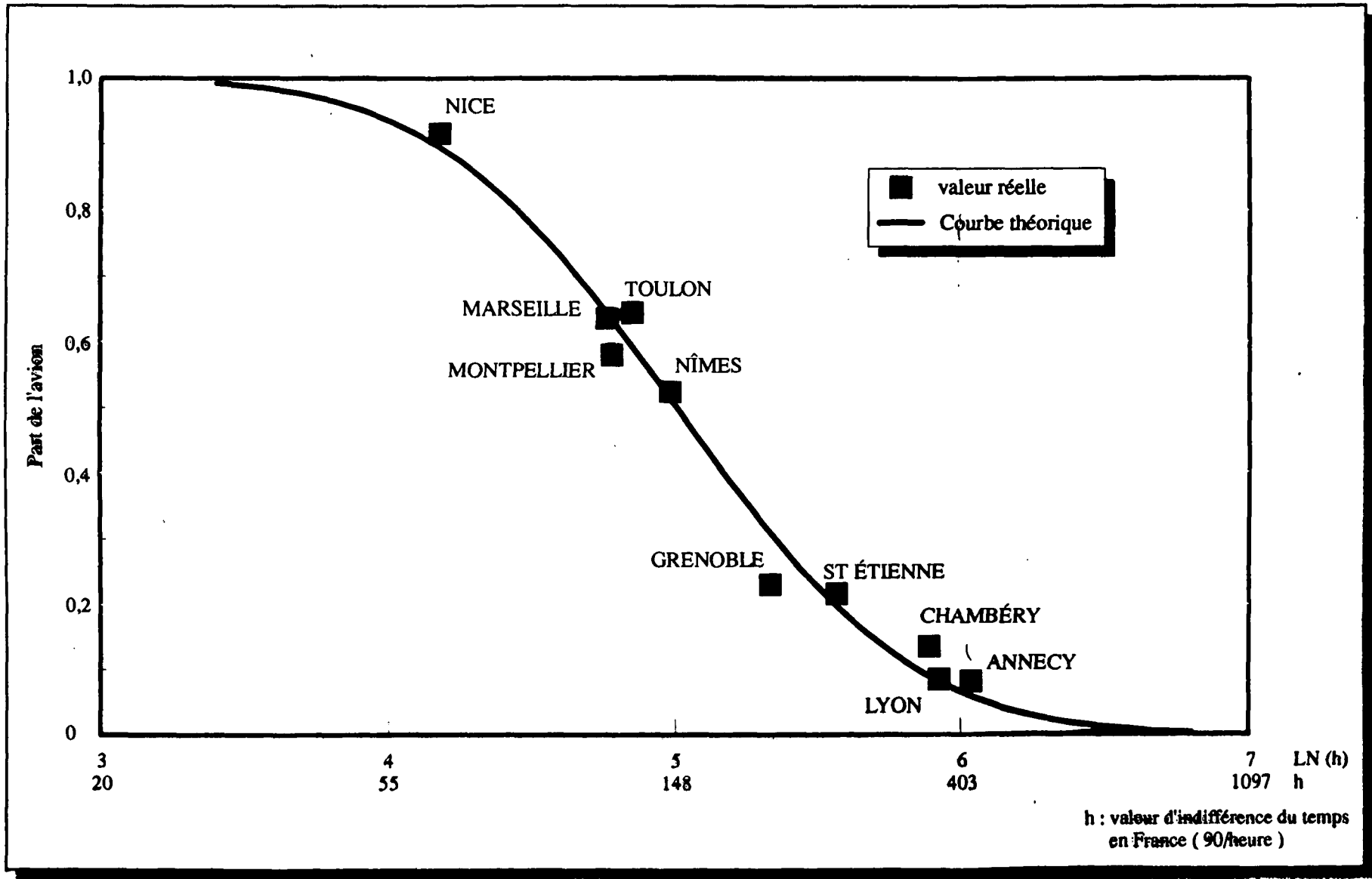


- Lignes nouvelles en service
- Lignes nouvelles en construction
- Constructions prochaines
- ⋯ Phase ultérieure
- Projets à l'étude
- Lignes classiques empruntées par les TGV
- Gares nouvelles



GRANDES LIGNES
Service Stratégie et Développement

MODÈLE PROBIT PRIX-TEMPS SUD-EST ANNÉE 1990



h : valeur d'indifférence du temps en France (90/heure)

Figure 14

216

Questions relatives à l'exposé de Y. Chopinet (SNCF-Grandes lignes) :

A. Gaudefroy

Il y a deux simplifications qui me paraissent risquées. Tout d'abord, la non prise en compte de la répartition économique; vous prenez comme données de base les populations alors que, sans être tellement plus complexe, vous pourriez prendre les emplois en distinguant les emplois tertiaires; je pense que cela améliorerait considérablement la précision du modèle, notamment en ce qui concerne les différents modèles de déplacements, évidemment liés aux catégories professionnelles. Deuxièmement, la non prise en compte du trafic routier me gêne, car il y a une relation étroite entre le fer et la route.

Y. Chopinet

En ce qui concerne la route, y a-t-il besoin, pour un mode qui n'est pas majoritaire, de déterminer ce qui se passe précisément ? On s'aperçoit que l'on parvient à représenter ce qui se passe chez nous sans avoir besoin de données routières. Nous avons trop de difficultés à gérer les différents paramètres qui nous concernent, dont certains sont imprévisibles comme les tarifs aériens, pour y ajouter des complications. De même, procéder à une classification socioprofessionnelle est pour nous un obstacle de plus; cette partition est pourtant en partie réalisée par la classification première/seconde, toutefois biaisée aujourd'hui du fait d'une tarification très ouverte. Le but encore une fois est d'être à la fois simple et précis ce qui est contradictoire.

M. Gérieux

Le modèle a l'air très axé sur le TGV et on voit que son concurrent numéro un est l'aérien. Est-il pertinent lorsqu'il s'agit d'améliorer les lignes existantes comme Clermont-Paris ?

Y. Chopinet

Il est calibré pour différents cas, une partie du calibrage concerne les modifications de trains classiques. Les premiers tests historiques ont eu lieu sur le trajet Paris-Caen-Cherbourg en 1972. Nous avons par la suite remplacés 4 trains lents et lourds par 10 turbotrans. En ce qui concerne la concurrence, les volumes détournés de la route sont parfois du même ordre de grandeur que ceux détournés de l'air. Nous avons estimé à la suite de plusieurs enquêtes dans les trains qu'environ un tiers des gens interrogés étaient à l'origine plutôt sur route, ce qui fait tout de même un volume important.

Un participant

Comment prenez-vous en compte le problème de la fréquence ? D'autre part, avez-vous déjà essayé d'estimer la perte de clientèle ferroviaire à la suite de la mise en service d'une autoroute ?

Y. Chopinet

C'est en effet l'un des points sur lequel nous nous penchons. Nous pensions établir une base de données informatique d'observation mensuelle du trafic ferroviaire, pour lequel nous pourrions enregistrer à la fois l'offre et la demande, et comparer les résultats obtenus avec l'évolution du trafic routier afin de déterminer l'existence éventuelle d'une explication externe. Les autoroutes étant malheureusement franchement en avance sur nos réseaux TGV, il est assez rare de pouvoir sérieusement faire appel à ce type de méthode.

Pour ce qui est des fréquences, nous avons constaté que ce n'était pas un élément qui apparaissait clairement au niveau de nos bases de données, et cela pour une raison simple: la concurrence aérienne s'effectue majoritairement sur des plages horaires bien définies. Le fait de rajouter 3 compagnies aériennes partant tous les quarts-d'heure ne change pas grand chose au niveau des voyageurs. En fait 99 % de l'évolution est lié à l'aspect tarifaire. Pour ce qui concerne la route, nos modèles gravitaires prennent explicitement la fréquence en compte.

D. Lemaire

J'aimerais faire un commentaire sur votre intervention, en ce qui concerne la simplification de la méthodologie, et en particulier lorsque vous êtes passé du point 2 au point 3 dans une verticalité vertigineuse, sans tenir compte d'un phénomène très important, celui de la montée en charge, surtout en ce qui concerne le financement de projet.

Y. Chopinet

J'ai en fait évoqué ce sujet à deux reprises, tout d'abord lors de l'exposé des calculs dits de plein effet, en spécifiant que des analyses de montée en charge étaient réalisées systématiquement par O/D. Le modèle le fait automatiquement, car il sait d'où viennent les voyageurs (du ferroviaire, de l'aérien...). Nous avons un fort détourné aérien, et un gain de croissance en différentiel entre la situation avec et sans TGV. La montée en charge est donc très importante. Je l'ai également évoqué au sujet du TGV atlantique, juste avant la mise en service. L'un des enseignements a d'ailleurs été que la montée en charge n'est pas du tout instantanée.

D. Lemaire

J'aimerais également mieux comprendre les limitations de ce modèle prix-temps, credo de la SNCF en matière de prévision de trafic, dues à cette nouvelle approche de tarification, de plus en plus développée au niveau des relations internationales.

Y. Chopinet

Le modèle prix-temps est efficace si on l'utilise par créneaux horaires. Des améliorations sont cependant nécessaires du fait des changements de tarification. En ce qui concerne plus spécifiquement le trajet Paris-Londres, on ne peut utiliser le même modèle du fait qu'il n'y a aucune référence ferroviaire; nous avons donc utilisé un modèle multimodal LOGIT qui n'a pas été calibré pour des raisons évidentes. Aujourd'hui, la principale différence est qu'il est calibré sur les premières années d'exploitation, en particulier avec le biais de la tarification.

Notre but, je le rappelle, est de calibrer nos modèles sur des données réelles et non de fonctionner sur des modèles totalement théoriques. Pour le trajet Paris-Londres nous avons des a priori sur beaucoup de données, qui étaient alors difficilement contestables. Nous nous sommes effectivement trompés. Aujourd'hui, nous serions nettement moins pris en défaut. Il est évident que partout où le fer a une part de marché très faible, comme en Espagne, il est difficile de faire des estimations. Mais cela n'est pas spécifique au fer, il y a également eu de fausses données publiées en ce qui concerne les autoroutes.

J. Pavaux

En France nous avons la chance d'avoir des TGV et donc de pouvoir calibrer nos modèles sur des données observées. Le vrai problème est que d'un mode de transport à l'autre, il n'y a pas d'échange d'informations.

Session 5 :

**LES APPROCHES EN TERMES DE REVELATION DES
PREFERENCES**

** L'état de l'art*

J. POLAK (CTS-Londres)

** L'expérience d'Euro-Tunnel: résultats et enseignements méthodologiques*

D. LEMAIRE (EURO-TUNNEL)

** Une application récente au transport à longue distance :
le choix modal train/avion*

T. BLAYAC, A. CAUSSE (LAMETA)

L'ETAT DE L'ART

Traduction de l'exposé de J. Polack (CTS-Londres) :

J. Polack

Le sujet que M. Houée m'a suggéré d'aborder est l'application des techniques de révélation des préférences au thème de la longue distance. La plupart d'entre vous sont probablement déjà familiarisés avec cette méthode, mais je vais tout de même en rappeler les points essentiels, avant d'aborder les éléments importants. J'aborderai également les points forts de cette technique.

Il y a plusieurs choses qui distinguent la méthode de révélation des préférences des autres modes de collecte de données. Je pense que la différence essentielle réside dans le fait que nous ne basons pas nos choix sur le réel, mais sur des situations hypothétiques que nous avons présenté en tant qu'analystes aux enquêtés. Contrairement aux méthodes en préférences révélées où sont pris en compte les choix que les gens ont réellement effectués, nous analysons ici le choix que les gens déclarent faire lorsqu'on les soumet à des situations hypothétiques. Ces situations, généralement définies par les analystes, résultent de la combinaison de différents éléments.

Nous avons établi une liste des paramètres nous paraissant les plus révélateurs, puis diverses combinaisons de ces paramètres que nous soumettons aux enquêtés. La manière dont nous effectuons ces combinaisons n'est pas aléatoire; le but est de produire des données dont la valeur informative est la plus élevée possible. Les gens peuvent donc choisir leurs réponses à ces situations virtuelles parmi un certain nombre d'alternatives déjà formulées. Par exemple, nous symbolisons les différentes alternatives concernant le mode de transport le plus utilisé par des petites cartes, et nous demandons aux personnes de les classer dans l'ordre de leurs préférences. Une autre méthode consiste à demander simplement à la personne de choisir parmi deux possibilités celle qu'elle préfère. Nous avons appliqué cette méthode au Royaume-Uni pour le SUPERTRAM, et sa concurrence avec la voiture. Chaque option de transport est définie par 4 paramètres. Les méthodes utilisées par la suite pour l'exploitation des données recueillies auprès des enquêtés sont plus traditionnelles.

Je pense qu'il y a trois éléments principaux qui rendent cette méthode d'enquête intéressante.

Le premier tient à ce qu'il est parfois difficile, voire impossible, d'analyser le phénomène qui nous intéresse à partir de données concrètes, dans le cas d'un mode de transport entièrement nouveau, par exemple.

Une autre donnée habituellement difficile à obtenir est le moment auquel les gens voyagent, nous permettant de déterminer les maxima et les minima de la courbe temporelle. Il est en effet difficile d'établir avec précision les caractéristiques de toutes les possibilités auxquelles les gens ont été confrontés, car nous n'avons pas forcément de très bonnes informations sur l'organisation des déplacements, minute par minute au cours de la journée. C'est pourquoi notre méthode a été récemment employée pour déterminer des agendas quotidiens de déplacements.

Il est également difficile d'obtenir par la collecte de données réelles des facteurs de qualité précis, par exemple si on souhaite établir le facteur de qualité d'un service de bus. Nous utilisons donc la méthode de préférences révélées pour calculer certains de ces facteurs.

La seconde raison de ce choix méthodologique provient du constat que les résultats tirés de données réelles sont souvent altérés par des problèmes statistiques variés. Cela est notamment dû à des phénomènes de corrélation entre les différentes données, comme par exemple entre la durée et le coût du trajet: les trajets les plus chers sont souvent les plus rapides. Cela rend statistiquement difficile la distinction des deux paramètres. Notre méthode permet de réduire ce phénomène de corrélation. L'absence de variation est un autre défaut des données réelles: Ainsi malgré des budgets d'enquête élevés les résultats obtenus à partir de données réelles sont souvent plats et ne révèlent pas grand chose.

Une dernière raison pratique: il est parfois très difficile avec l'approche en préférences révélées d'établir de façon satisfaisante les paramètres des alternatives qui ne sont pas choisies. Par exemple, le cas des

choix concernant la route: nous sommes capable de définir pour chaque individu les caractéristiques des routes empruntées du fait de leurs origines et de leurs destinations particulières. Mais il est plus difficile de connaître les possibilités qu'ils ont considérées sans les utiliser. Cette estimation est particulièrement ardue pour la route du fait de la complexité des réseaux. C'est pourquoi notre méthode est ici aussi plus performante: nous pouvons évaluer en termes simples et sans ambiguïté les différentes alternatives auxquelles les personnes sont confrontées. Nous avons ainsi la supériorité de connaître à la fois les possibilités qui ont été retenues et celles qui ont été rejetées.

Pour ce qui est de l'historique, cette méthode a commencé à faire ses preuves au milieu des années 70. Elle n'était cependant alors utilisée que pour confirmer l'exactitude de certains résultats déjà obtenus, notamment en matière de facteurs de qualité. La méthode de choix était alors basée sur des taux: on demandait aux personnes de noter le confort, l'exactitude des horaires, etc... sur une échelle de 1 à 100. Ces données étaient ensuite exploitées de manière adaptée afin d'améliorer les techniques de modélisation existantes.

De la fin des années 70 à la fin des années 80, cette méthode s'est beaucoup développée. Les différents éléments qui la constituent (les paramètres, la technique expérimentale...) se sont vraiment précisés. Cette méthode a alors apporté une contribution importante, par exemple au Royaume-Uni, surtout pour l'estimation des valeurs du temps lors des déplacements, et l'optimisation de la sécurité. Les résultats ont eu un impact considérable sur l'évaluation des projets d'infrastructure.

Au cours des années 90, la méthodologie s'est consolidée, et s'est davantage focalisée sur des applications des méthodes de révélation des préférences à l'accomplissement de choix. La plupart des enquêtes entreprises actuellement sont de ce type, et une seule alternative de transport est généralement présentée aux enquêtés. Les données collectées ne sont pas considérées de façon isolée, mais au contraire comme faisant partie d'un ensemble, impliquant des données en préférences révélées. Il y a eu beaucoup de développements de la méthode sur le plan de la combinaison des données en préférences révélées et déclarées, afin d'en tirer le plus d'informations possible.

Je vais à présent aborder brièvement la méthodologie elle-même. Comment concevons-nous ces situations hypothétiques pour en tirer des informations utiles et valides ? Tout d'abord, quel est le niveau optimal de complexité pour un questionnaire «SP» ? Combien de paramètres distincts pouvons-nous raisonnablement soumettre aux enquêtés ? Et combien d'exercices successifs de choix pouvons-nous leur demander d'effectuer ? Dans le cas du choix entre Supertram et automobile, quatre paramètres caractérisent chaque alternative, dans le cadre d'une situation de choix binaire, et le fait que ce soit là le maximum raisonnable fait relativement consensus. Si on augmente le nombre de paramètres, les réponses deviennent plus confuses et la qualité des données s'en ressent. Mais il s'agit également de savoir présenter l'information. Le même questionnaire présenté de différentes manières induira des réactions différentes chez les enquêtés. Le problème de l'échelle de mesure se pose également, les méthodes de mesure des données sont nombreuses: notation, classement, préférence etc...

Cela nous mène directement à la seconde partie de l'exposé concernant la validité de ce type d'enquête. Nous pouvons conduire une enquête, collecter des résultats de façon satisfaisante, mais l'issue réelle est de savoir si on aboutit à des résultats utiles. Cela amène deux questions corrélées mais conceptuellement distinctes :

- les réponses obtenues sont-elles intrinsèquement cohérentes ? Le classement des alternatives effectué dans le SP explique-t-il à lui seul les choix que les gens font ou au contraire, est-ce que leurs préférences apparaissent volatiles au sein de l'enquête ? Si l'enquête n'est pas menée avec beaucoup de précautions, les données peuvent en effet être volatiles.

- la question la plus importante est celle de la validité externe, c'est à dire de savoir si les réponses que font les gens à ces enquêtes SP paraissent en accord avec les données réelles, par exemple de durée de déplacement. Les données sont hasardeuses si on ne peut les comparer à des données réelles.

Voilà pour ce qui est du cas général. Je vais à présent aborder plus spécifiquement la question de la longue distance. D'habitude, quand nous présentons un questionnaire à des personnes, nous estimons

implicitement que ce sont elles seules qui font leur choix. Cela n'est pas applicable à la longue distance. Par exemple en ce qui concerne les voyages d'affaire, les règles en vigueur au sein des entreprises influencent souvent la décision bien plus que le voyageur lui même. Pour ce qui est du voyage des enfants, on ne peut pas non plus considérer que c'est le voyageur uniquement qui fait le choix du moyen de transport. Une solution partielle est sans doute de chercher à rendre les contraintes plus explicites. Pour ce qui est de la complexité du déplacement, et notamment des différentes correspondances auxquelles il donne lieu, une solution est de décomposer celui-ci en plusieurs parties faisant chacune l'objet d'un exercice de révélation des préférences présentant une plage de recouvrement avec les autres: il peut par exemple y avoir un questionnaire SP pour le segment principal du déplacement, et un autre concernant les trajets en correspondance avec ce segment. Cette solution est également partielle, car la longue distance est une entité et sa décomposition risque d'induire des erreurs de nature conceptuelle.

Plus spécifiquement au sein de la longue distance, j'aimerais aborder le sujet des voyages de vacances. Une grande proportion d'entre eux, notamment pour les voyages internationaux, est organisée sous forme de package au sein desquels il est impossible de distinguer la prestation de voyage de celles relatives à l'hébergement, à la restauration ou aux excursions. Il convient donc d'être très circonspect vis à vis de la capacité à démêler les différents facteurs de choix relatifs au voyage. Nous n'avons pas encore trouvé de solution satisfaisante à ce problème, et j'aurais tendance à recommander d'oublier en l'état actuel des connaissances ce segment du marché de la longue distance, sauf à être prêt à consentir un effort substantiel de recherche pour comprendre les logiques de comportement à l'égard de ces produits touristiques.

Enfin, je voudrais évoquer la question du transport comme source d'utilité et pas seulement de désutilité. Dans le domaine de la longue distance, le temps de trajet peut en effet être aussi source d'utilité. Par exemple, certains voyageurs pour motif professionnel apprécient de pouvoir travailler de façon ininterrompue pendant le trajet, sans être dérangés comme à leur bureau, ou par leurs étudiants, ou par toute autre perturbation à laquelle ils sont habituellement soumis. De la même façon, les vacanciers peuvent prendre plaisir au simple fait de voyager, pour admirer le paysage, jouir de la vie sauvage ou profiter de la compagnie des autres voyageurs dans un environnement agréable. Or nous n'avons dans nos méthodes de modélisation aucune manière convaincante de prendre en compte ces situations d'utilité positive de temps de voyage, et des progrès dans la théorie de l'utilisation du temps apparaissent nécessaires.

Issues in the Use of Stated Preference Methods for the Analysis of Long Distance Travel Behaviour

John Polak
Deputy Director
Centre for Transport Studies
Imperial College
London SW7 2BU
j.polak@ic.ac.uk

SUMMARY

Over the last 20 years Stated Preference (SP) methods have become an important element of travel demand analysis and forecasting. During this time much has been learnt about both the strengths and the weaknesses of SP methods. However, most of this experience has been gained in the context of the analysis of urban and regional movements, and relatively little work has been done in the field of long distance travel. With the increasing importance that is being attached to the analysis of long distance travel in Europe, it seems appropriate to consider what particular issues arise in the application of SP to the study of long distance travel.

The presentation will first outline the main elements of SP methodology and highlight some of the strengths and weaknesses of the approach. The presentation will then go on to discuss the following specific issues that often arise in the analysis of long distance travel and how they might be dealt with in SP studies:

- Uncertainty concerning the relevant decision making unit (e.g., for long distance business travel).
- The problems of representing and modelling interchange between modes.
- The problems caused by complex travel itineraries (e.g., multi-stop and multi-destination tours).
- The problems of dealing with group travel.
- The problems of package booking and non-separable travel costs.
- Issues related to travellers' information deficits and the impact of these deficits on utility and choice.
- Issues related to the potential positive utility of travel.

Stated Preference Methods for the Analysis of Long Distance Travel Behaviour

John Polak
Deputy Director
Centre for Transport Studies
Imperial College
London

227

Outline of presentation

- Key features of SP methods
- Motivation for the use of SP methods
- Historical development
- General methodological issues
- Specific issues related to long distance travel
 - diffuse decision making
 - interchange
 - complex tours
 - travel undertaken in holiday packages
 - positive utility of travel

Key features of stated preference methods

- Based on observing responses to hypothetical travel situations; rather than measuring actual travel behaviour
- Hypothetical situations defined by different combinations of attributes
- Hypothetical situations can be constructed to be maximally informative, according to an experimental design
- Respondents give a ranking or a rating or a **choice**
- Data can be analysed by methods similar to those used for revealed preference data

09 Jan 1994

4dos

7:16 PM

▲

Which mode would you choose?

1 of 12

Supertram	Car
Total Cost : £2.00 (round trip)	Total Cost : £2.25 (round trip)
Travel Time: 17 mins	Travel Time: 15 mins
Waited for : 5 mins	Search for : 1 mins
Walked for : 5 mins	Walked for : 5 mins

<enter code>

1: Supertram

2: Car

CHC

230

Comparison with other Market Research Methods

	Sample size (O)	Scope	Focus
Omnibus Survey/Poll	1000	broad attitudes (e.g., "the car")	background to behaviour
Qualitative Research	10	detailed behaviour (e.g. particular journeys)	provide a narrative on behaviour
SP	100	types of decision (e.g. mode choice)	simulate preference and/or choice

Motivation for stated preference methods

- Sometimes it is very difficult (or impossible) to observe certain processes in the real world
 - Responses to new modes/technologies
 - Trip scheduling
 - Qualitative factors
- Sometimes real world data are contaminated by serious statistical problems (e.g., high correlation between travel time and travel cost, lack of variation)
- Sometimes it is very difficult to establish the attributes of the *unchosen* alternatives (e.g. route choice)

Historical development of SP in transport

- **1960/70s**
 - limited use, mainly to deal with qualitative factors
 - importance rating response scales
- **1970/80s**
 - development of preference trade-off exercises
 - willingness to pay (e.g. safety improvements)
- **1980/90s**
 - use of choice-based SP
 - emphasis on joint use of SP and RP data

General methodological issues

There are three important and inter-related methodological issues:

- Design of SP exercises
 - level of complexity
 - instrument effects
 - response scales

- Validity of SP data
 - internal validity
 - external validity

- Combining SP and other data
 - joint SP/RP estimation
 - integration of attitudinal data

Methodological issues related to LDTB

There are additional issues that arise in relation to long distance travel:

- diffuse decision making
- role of interchange
- dealing with complex travel patterns
- travel undertaken in holiday packages
- implications of travel as a source of positive utility

Diffuse decision-making

- Normally we are content to assume that the respondent in an SP exercise is the relevant decision maker
- However, this may not be so acceptable for all LD travel:
 - business travel decisions will reflect company policy as well as personal preference
 - holiday travel decisions will reflect household preferences
- One approach is to attempt to make explicit the constraints on individual choice imposed by the presence of other interests (“overlays”).

Tour complexity/role of interchange

- LD travel frequently involves complex travel patterns with significant amounts of interchange activity
- Representing this accurately can lead to a proliferation of attributes within SP designs
- One partial solution is to decompose a complex process into sub-elements and perform separate SP exercises on each, using overlapping set of attributes
- However, this still may involve complex SP exercise and may also distort the underlying process

Travel in holiday packages

- LD travel (especially international travel) is sometimes undertaken by individuals as part of a holiday package
- In these cases it may not be meaningful to separate the travel decisions from other elements of the package, yet it may not be possible or desirable to investigate the choice of holiday package *per se*
- There does not appear to be a straightforward solution to this problem, so the best approach in the short term may be simply to exclude such individuals.

Travel as a source of positive utility

- We are accustomed to thinking about travel as a source of *disutility*
- However, LD journeys may sometimes also be a source of utility:
 - business people may value the uninterrupted time for work
 - holidaymakers may derive pleasure from spectacular scenery, wildlife etc.
- We need a more flexible theory of time use to accommodate such circumstances

**Procédures relatives aux prévisions à court terme
d'Eurotunnel avant et pendant la mise en service du lien fixe**

D. Le Maire, Chargé de Mission

Eurotunnel/Le Shuttle

1. INTRODUCTION

A l'approche de la date d'ouverture du Tunnel, Eurotunnel et les Banques mandataires ont décidé d'un commun accord que l'une des tâches principales à inscrire au programme de travail en 1992 était le développement des procédures de prévision à court terme de façon à couvrir les premières années d'exploitation du Tunnel, à savoir la période 1994-1996.

Cette communication décrit les nouvelles procédures de prévision à court terme adoptées par Eurotunnel. Celles-ci diffèrent des procédures traditionnelles de prévision à moyen/long terme sur deux points fondamentaux :

- le niveau de détail est plus approfondi, en termes de segmentation du marché, de saisonnalité (dans les cas appropriés) et de techniques statistiques;
- la modélisation de répartition modale et l'estimation du trafic induit par le Tunnel sont basées sur la réponse des utilisateurs potentiels lors des enquêtes de préférences déclarées effectuées dans le cadre des études de marché.

Il convient de noter qu'en l'absence de toutes données historiques relatives au trafic empruntant le Tunnel, les seules informations directement disponibles sur les utilisateurs potentiels sont celles issues des études de marché.

2. OBJECTIFS

Les objectifs principaux des procédures de prévision à court terme sont :

- tenir compte des fluctuations de la demande à brève échéance pour établir la tendance à long terme;

- fournir un outil prévisionnel plus détaillé par le biais du fractionnement saisonnier des prédictions de la demande et des caractéristiques de l'offre, le cas échéant;
- incorporer différentes structures tarifaires en fonction de la saison, du segment du marché et de la concurrence transmanche, lorsqu'il y a lieu;
- estimer la clientèle potentielle des services du Tunnel, y compris la demande en période de montée en puissance, en pratiquant des enquêtes de préférence déclarées;
- modéliser de façon plus détaillée la concurrence des ferries et des catamarans en réponse à l'ouverture du Tunnel;
- tenir compte de l'incertitude à court terme.

Seules les grandes lignes des caractéristiques principales des procédures de prévision à court terme sont présentées ici (figure 1, 2 et 3).

3. METHODES DE MODELISATION PASSAGERS

Demande globale

Les caractéristiques revêtant une importance particulière pour le court terme englobent, entre autres :

- l'importance -relativement plus grande- accordée aux observations et changements récemment observés dans la tendance;
- l'existence de "l'autocorrélation des chiffres résiduels" dans les modèles de prévision;
- la nécessité de renforcer le fractionnement dans les prévisions.

D'autres méthodes ont été envisagées pour traiter ces questions, y compris l'adoption de modèles faisant intervenir les techniques de "régression dynamique" ou "autorégression". Néanmoins, étant donné la corrélation entre les variables à l'étude, l'intervalle de temps pour lequel les prévisions sont requises, le niveau de détail exigé et les données disponibles, nous avons adopté une démarche caractérisée par les étapes suivantes :

- utilisation de la "régression rho" pour réduire l'autocorrélation des chiffres résiduels dans les modèles pour certains segments du marché;
- utilisation de la "double régression des moindres carrés" pour calibrer certains modèles;

- pondération des observations plus récentes dans la régression;
- adoption de nouvelles variables interprétatives (y compris variables de prix);
- fractionnement par saison et par sous-segment raffiné du marché.

Répartition modale

La démarche que nous avons adoptée pour prédire le trafic passagers à court terme qui choisira de prendre le Tunnel de préférence aux autres modes de transport est basée sur les éléments clés suivants :

- (i) Enquête de préférence déclarée pour déterminer les utilisateurs potentiels en réponse à la nouvelle opportunité de choix présentée par le Tunnel. Au cours des interviews, on demande aux personnes interrogées de faire un choix entre plusieurs options hypothétiques, dont le nouveau mode de transport et ses attributs. Le tableau 1 montre l'ensemble des enquêtes britanniques menées entre 1991 et 1993 auprès :
 - ◇ des passagers aériens et des trains
 - ◇ des passagers piétons des ferries
 - ◇ des passagers d'autocars
 - ◇ des opérateurs autocaristes
- (ii) modélisation du comportement au niveau du voyageur individuel, sur la base des données combinées "de préférence déclarée" et de "préférence révélée" (cette dernière information étant tirée des enquêtes origine-destination de l'IPS de 1991);
- (iii) analyse détaillée par raffinement des segments du marché, des tarifs saisonniers (le cas échéant), et avec un système de zonage fractionné. Le tableau 2 donne la segmentation du marché prévu à court terme pour les voitures et les autocars et une comparaison avec les définitions utilisées pour les prévisions à moyen/long terme).

En ce qui concerne les passagers des voitures, la modélisation est basée sur environ 1300 entretiens de préférence déclarée, sur les données de préférence révélée et sur un modèle de type logit. Les modèles sont fractionnés par saison et par segment du marché. Il a été constaté que, sous réserve d'hypothèses et de données en entrée cohérentes, les parts de marché en termes de taux de répartition modale globale et de taux de répartition modale par couloir maritime prédits par le modèle de choix de mode/itinéraire correspondaient généralement à ceux prédits par le modèle à court, moyen et long terme.

Le modèle de choix de mode/itinéraire par la voiture a servi pour les prévisions de répartition modale des voitures à court terme. Les entrées comprenaient les tarifs des ferries et du Tunnel, la fréquence des ferries, la vitesse sur les routes d'accès et les hypothèses de prix des carburants.

Les prévisions à court terme relatives aux passagers autocar, air-train direct et excursion, sont aussi basées sur des modèles de type logit.

En ce qui concerne le marché autocars, des enquêtes de préférence déclarées ont été réalisées au Royaume-Uni auprès des passagers des autocars effectuant la traversée de la Manche pour évaluer leur préférence entre les trois modes suivants : autocar/ferry, autocar/navette Eurotunnel et Eurostar via le tunnel. Pour le marché des passagers aériens, des enquêtes de préférence déclarées ont été réalisées au Royaume-Uni auprès des passagers aériens se rendant sur le Continent, susceptibles de changer de mode de transport et d'utiliser l'Eurostar via le tunnel ou le Shuttle. Des sondages ont aussi été effectués au Royaume-Uni auprès des passagers piétons prenant le ferry et des occupants des voitures susceptibles de choisir l'Eurostar. Une enquête séparée de préférence déclarée a été réalisée à Calais et à Boulogne en septembre/octobre 1992 auprès des excursionnistes piétons britanniques faisant la traversée en mer.

Toutes les enquêtes ont été effectuées par des bureaux d'études spécialisés pour Eurotunnel (tableau 3). Le questionnaire contenait des questions sur le comportement des personnes interrogées et des "jeux" de choix en leur présentant des situations nécessitant un compromis entre les attributs de coût, durée du trajet et niveau de service pour les modes de transport concurrents. Les élasticités ont été intégrées dans la modélisation sur échantillonnage (sample enumeration modelling).

Trafic créé

Pour les prévisions à court terme du trafic induit, nous avons tenu compte des résultats des enquêtes de préférence déclarées concernant les intentions d'utilisation et de ré-utilisation. Pour rester prudents, il a été nécessaire de réduire ces valeurs pour tenir compte d'une tendance à l'exagération chez certaines personnes interrogées.

4. METHODES DE MODELISATION FRET

Demande globale

Le TRC a développé de nouveaux modèles de demande globale à court terme pour l'ensemble du trafic total fret et pour le trafic unitarisé et roulier (accompagné ou non) qui présente un intérêt particulier pour Eurotunnel. Ces modèles sont formulés par direction, pour les échanges du Royaume-Uni avec les huit principaux états d'Europe et pour trois groupes de produits

(périssables, non périssables finis et semi-finis). Les importations et exportations UK de produits et de services font parties des variables explicatives adoptées pour les modèles. Des "modèles autorégressifs" ont néanmoins été utilisés mais leur capacité d'explication s'est avéré insuffisante. La régression est calée sur une période de 12 ans (1979-1990). La demande globale a été répartie entre le trafic RoRo et le trafic conteneur ou wagon ferroviaire au moyen de modèles logistiques similaires dans leurs principes à ceux utilisés pour les modèles de prévision à moyen/long terme, mais fractionnée par groupes de produits et direction.

Répartition modale

- Diverses analyses statistiques sur les données brutes fournies par les enquêtes de préférence déclarée réalisées auprès des transporteurs britanniques et continentaux par des consultants pour le compte d'Eurotunnel ont permis, avec l'aide des modèles *logit*, de calculer un taux moyen de répartition modale à court terme pour le trafic RoRo accompagné.
- Les données d'enquête disponibles n'étaient pas suffisantes pour permettre un affinement du taux de répartition modale en fonction des groupes de produits ou des couloirs maritimes individuels.
- Le trafic RoRo non accompagné n'a pas été couvert dans les enquêtes de préférence déclarées et il n'a donc pas été possible de le traiter de la même manière que le trafic accompagné.
- Le trafic non accompagné a été traité comme suit :
 - ⇒ analyse du développement sur une période donnée de la proportion de trafic non accompagné par couloir maritime (le Tunnel a été inclus dans le Détroit);
 - ⇒ développement d'un modèle expliquant la proportion de trafic non accompagné par couloir maritime selon ses caractéristiques. Ceci a permis d'extrapoler les observations s'appliquant au trafic ferry à la situation "avec Tunnel".

Les enquêtes de préférence déclarées n'ont été effectuées que pour une partie du trafic potentiel : le trafic RoRo accompagné. Outre le trafic RoRo non accompagné, ces enquêtes ne couvraient pas le trafic conteneur ou wagon ferroviaire (avec accès routier ou ferroviaire aux ports). De ce fait, et pour les raisons mentionnées ci-dessus, un modèle global de répartition modale a été développé combinant les résultats des analyses des enquêtes de préférence déclarées lorsque les données étaient disponibles (RoRo accompagné) avec les analyses de préférence révélées pour les autres types de trafic.

5. QUELQUES LECONS

Limitations des techniques de préférence déclarées

- Recrutement et validité des réponses
- Produit réel, produit présenté
- Qui décide réellement ? voiture, autocar, camions
- Déclaration, choix, négociation
- Détail d'analyses/simplification de modélisation
- Niveau de pénétration du concept dans la population concernée
- Montée en charge
- Effets pervers de la curiosité ou de l'attrait éphémère de la nouveauté

Un outil puissant et flexible d'affinement des stratégies commerciales

- Segmentation (Club Classe)
- Positionnement des prix hors saison
- Trafic induit

6. CONCLUSION

L'introduction des analyses à partir d'enquêtes de préférence déclarées dans la modélisation à court terme a permis de mieux différencier les enjeux de la prévision pour les divers acteurs impliqués. Les modèles traditionnels à long et moyen terme utiles pour l'évaluation des stratégies d'investissement et de financement (banques, gouvernements, analyses financières et planificateurs) sont alors complétés par des outils proches des exigences commerciales (marketing, positionnement des prix, concurrence, qualité de service...). D'abord du fait que ces enquêtes soient toujours accompagnées d'un volet portant sur des opinions, des intentions et diverses réactions de clients potentiels permettant d'éclairer les actions commerciales ; ensuite parce que l'introduction explicite des élasticités dans la modélisation, permet rapidement d'évaluer des scénarios et diverses tactiques commerciales.

Enfin cette modélisation à court terme a une durée de vie limitée. Cette limite est due à la volatilité des résultats d'enquêtes "ante" auprès d'usagers sans expérience réelle du système de transport. Il serait intéressant de pouvoir "éliminer" les "bruits" de la montée en charge et des effets de curiosité pour mieux valider la pertinence des

résultats obtenus. Cet exercice a été tenté pour les automobilistes britanniques mais sans claire conclusion à ce jour. Par contre les résultats des pseudo négociations avec les transporteurs routiers ont donné des résultats fiables, à la montée en charge près qui a été relativement courte.

Figure 1

SHORT TERM FORECASTING PROCESS - 1992

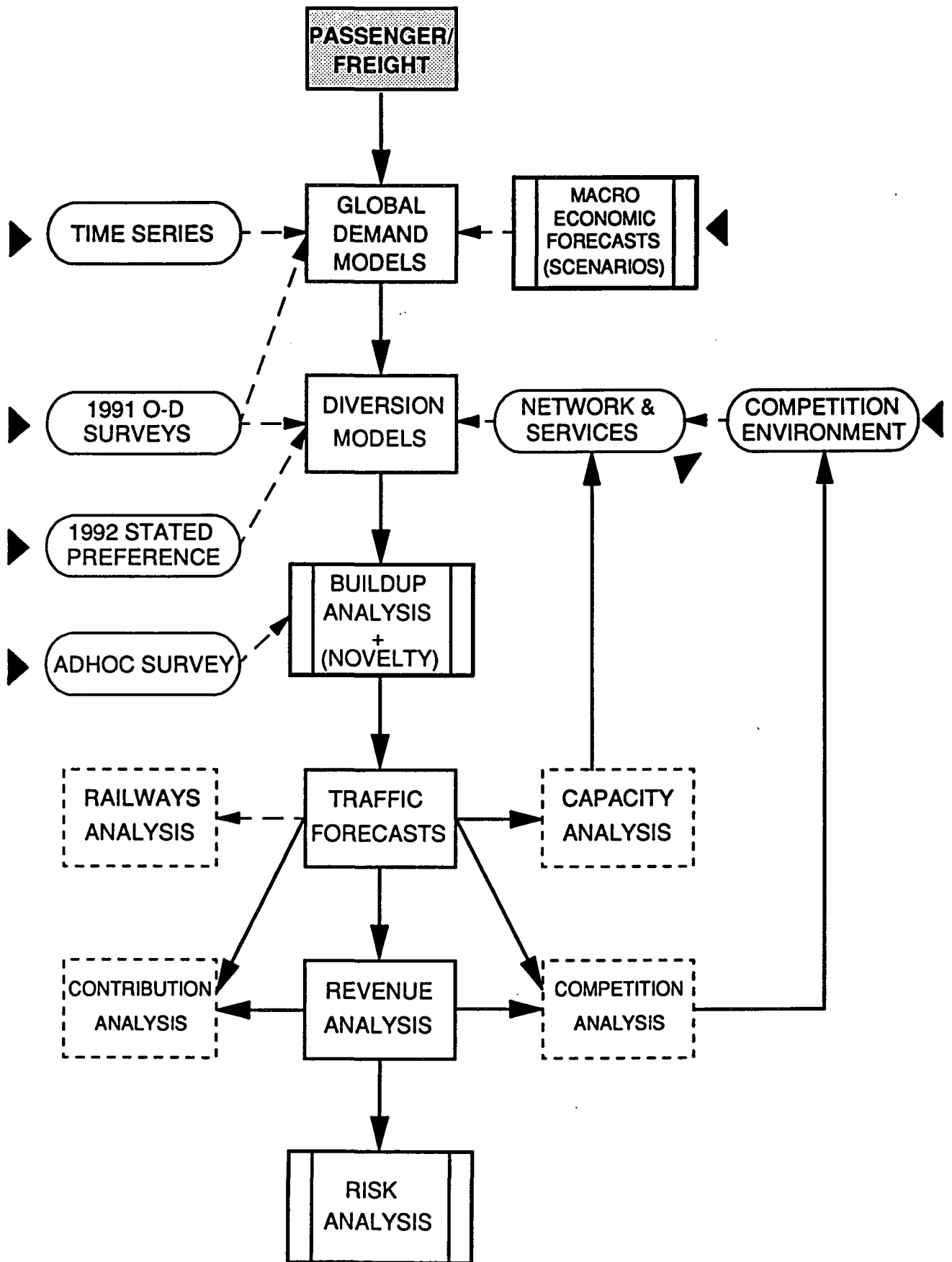
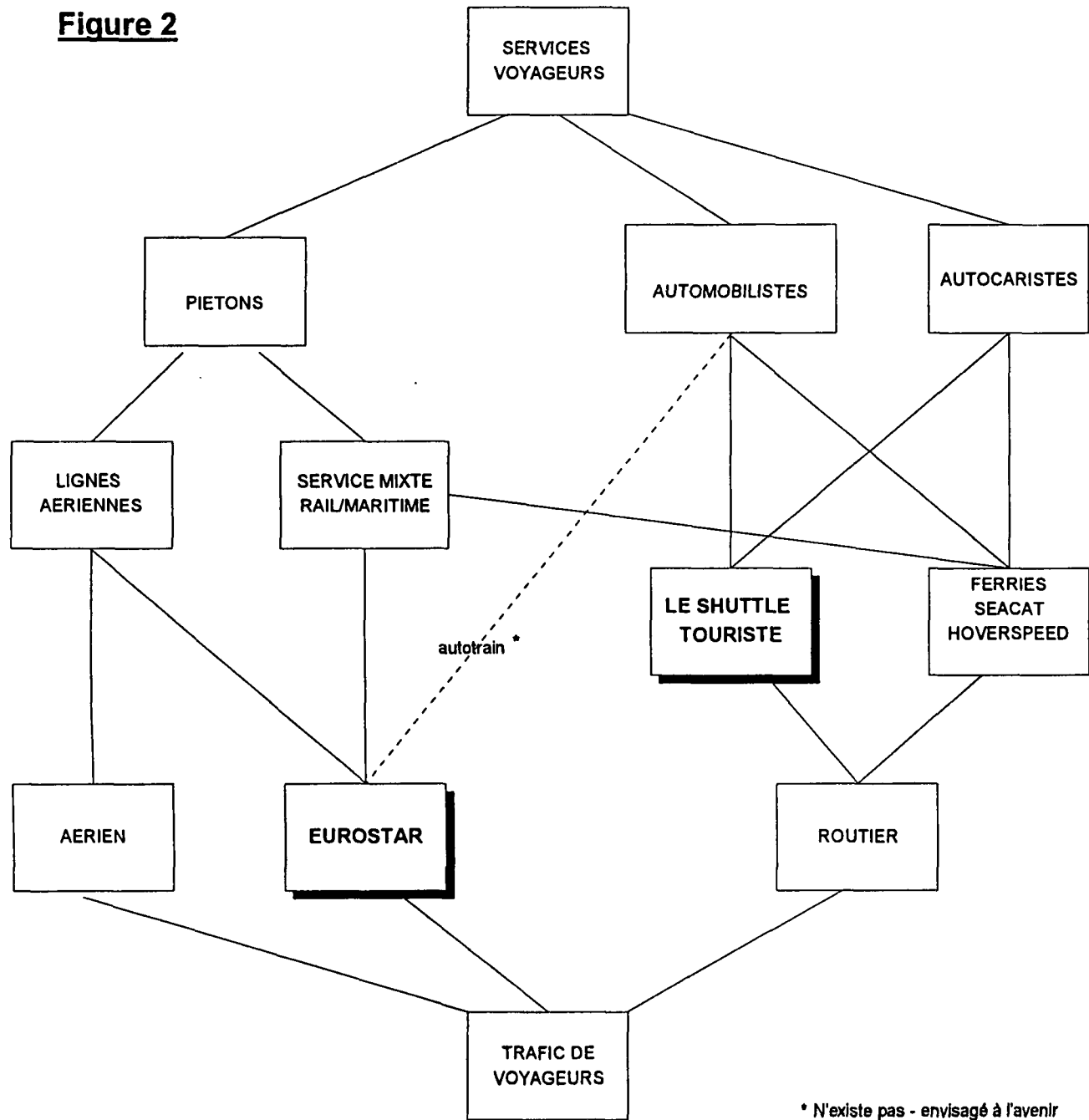


Figure 2



MARCHES

**MODE DE TRANSPORT
ENTRE LE ROYAUME-UNI
ET LE CONTINENT**

**DEMANDE DE
TRANSPORT**

* N'existe pas - envisagé à l'avenir

848

Figure 3

Cross-Channel Passenger Mode Choice Sets (for each Market Segment)

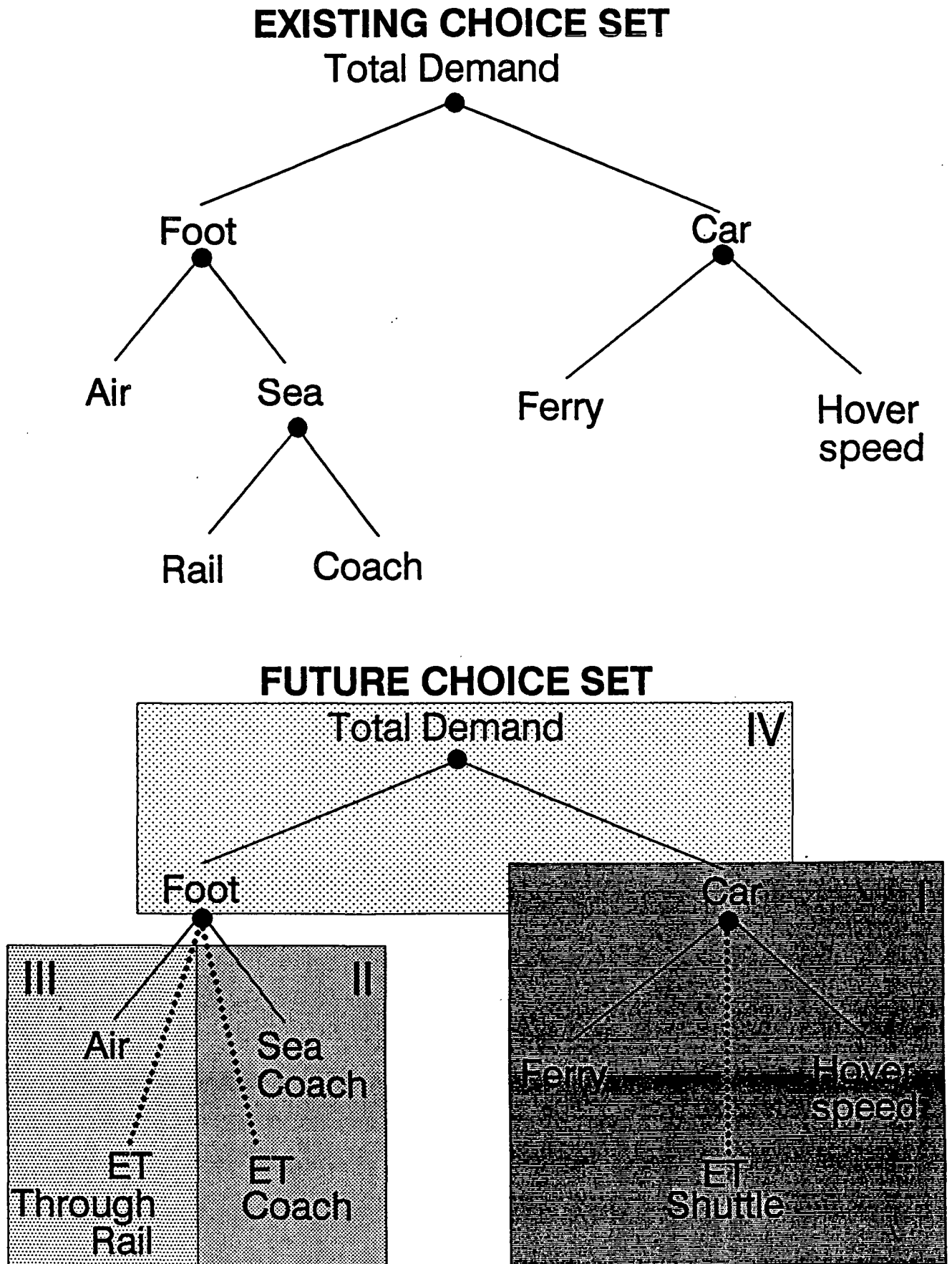


Tableau 1

ENQUETES DE PREFERENCE DECLAREE PAR MODE DE TRANSPORT

Procédures de prévisions à court terme

MODE INITIAL	SYSTEME EUROTUNNEL		
	Train direct	Le Shuttle Voiture	Le Shuttle Autocar
Air	Passagers rail-air	Passagers rail-air	-
Piéton - Ferry	Passagers rail-air	-	-
Excursion	-	Excursionnistes	Excursionnistes
Autocar de ligne	Passagers autocars	-	Passagers autocars
Autocar en voyage organisé (1)	-	-	Passagers autocars & opérateurs
Voiture	Passagers voiture	Passagers voiture	-

- Non applicable

(1) Y compris les aller-retours dans la journée en autocar

250

Tableau 2

**SEGMENTS DU MARCHE PASSAGERS VOITURES ET AUTOCARS
UTILISES DANS LES PREVISIONS A COURT TERME**

Mode	Modèles moyen/long terme	Modèles court terme
Voiture	Affaires	Affaires
Voiture	Loisirs	Aller-retour dans la journée Court séjour (jusqu'à 5 nuits) Standard (plus de 5 nuits) Forfait séjour avec voiture Voiture avec caravane
Autocar	Indépendant	Itinéraires réguliers Excursion d'une journée
Autocar	Voyage organisé	Court séjour (jusqu'à 5 nuits) Long séjour (plus de 5 nuits)

Tableau 3

ENQUÊTES DE PREFERENCE DECLAREES

<i>ENQUETES NOM</i>	<i>DATE</i>	<i>MARCHE</i>	<i>SEGMENT</i>	<i>ECHANTILLON</i>	<i>PRESTATAIRE</i>	<i>MODELISATION PRESTATAIRE</i>
<i>AUTOMOBILISTES</i>	1991	UK	6	1278	Accent	The Hague
<i>AUTOCARISTES</i>	1992	Operateurs UK	1	59	TM economics	TM Economics
<i>AUTOCARISTES</i>	1992	Passagers	4	190	TM - PDC	TM - PDC
<i>AIR-RAIL</i>	1992	UK	7	406	MVA	MVA
<i>AIR-RAIL</i>	1993	NON UK	6	467	Steer Davies Gleave	SDG
<i>PIETONS-FERRIES</i>	1992	UK	2	159	SDG	SDG
<i>TRANSPORTEURS</i>	1992	Tous	7	837	Accent	Setec Economie

Valeurs du temps de transport :
l'apport de la modélisation micro-économétrique du choix modal

Thierry BLAYAC[♦]
Anne CAUSSE^{♦♦}

[♦] LAMETA, Université de Montpellier 1 et SES/DEE/METL

^{♦♦} LAMETA, Université de Montpellier 1

Résumé :

Dans le cadre de la modélisation désagrégée du choix modal, le concept d'utilité représentative occupe une place centrale. Sa forme analytique doit permettre d'amalgamer des considérations économiques et statistiques, fruits de la synthèse entre un programme individuel d'affectation optimale des ressources monétaires et temporelles et la théorie des choix discrets. Cet article propose des formes non linéaires, plus générales que les formes traditionnelles en terme de coût généralisé, qui permettent de lever l'hypothèse restrictive de constance des utilités marginales à l'origine d'une valeur du temps unique. Une application au problème du choix modal train/avion, appréhendé via l'utilisation d'un modèle logit, offre l'occasion d'une étude comparative entre formes linéaires et non linéaires principalement axée sur la valorisation des économies de temps. Elle permet également d'explorer les nouvelles possibilités offertes par l'extension des techniques de recueil de données, révélées et/ou déclarées.

[♦] LAMETA, Université de Montpellier 1 et SES - Département des Etudes Economiques. Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme.

^{♦♦} LAMETA, Université de Montpellier 1.

1. INTRODUCTION

La modélisation de la demande de transport, notamment en matière de choix modal, a progressivement délaissé l'utilisation systématique des techniques agrégées, au profit de techniques désagrégées. La méthodologie désagrégée relève de la théorie des choix discrets. Elle passe par l'élaboration de modèles économétriques de comportement, qui permettent d'inférer à partir des attributs modaux, des caractéristiques individuelles et des choix observés sur une population d'utilisateurs, des fonctions d'utilité représentative puis des probabilités de choix pour chaque mode en présence. Jusqu'au milieu des années quatre vingt, la forme analytique de ces fonctions d'utilité indirecte était postulée de manière ad hoc. La spécificité de la demande de transport a alors conduit à retenir des formes fonctionnelles, qui font apparaître à côté de la variable classique prix d'autres attributs modaux (temps, sécurité, confort,...) et éventuellement des variables socio-économiques destinées à rendre compte de l'hétérogénéité de la population étudiée.

Contrairement aux autres attributs modaux dont la présence relève d'une approche pragmatique, l'incorporation de la variable temporelle, au même titre que les variables prix et revenu, pour être pleinement cohérente avec l'hypothèse de maximisation de l'utilité (sous-jacente à la théorie des choix discrets) devrait nécessairement découler d'un programme individuel d'affectation optimale des ressources monétaires et temporelles. A ce jour, seules les fonctions d'utilité linéaires en terme de coût généralisé ont fait l'objet d'une vérification rigoureuse de leur adéquation à une théorie allocative sous-jacente (cf. : MVA [18]).

Néanmoins, la linéarité débouche sur une formulation en terme d'utilité marginale constante qui s'oppose à la fois à la règle économique de l'utilité marginale décroissante et à l'intuition. Cette critique a donné lieu à l'utilisation ponctuelle de formes analytiques non linéaires utilisant pour la plupart des transformations Box-Cox. Malheureusement, aucune de ces formes ne peut se targuer d'être systématiquement dérivable d'un programme d'affectation des ressources. Cette remarque nous amène à proposer une forme analytique extensive par rapport au cadre linéaire, explicitement dérivée d'un programme allocatif. La critique relative à l'unicité des valeurs du temps est ainsi dépassée. La dérivation mathématique de cette nouvelle forme et la présentation des fonctions de valeurs du temps associées sont l'objet de la deuxième section.

Au niveau économétrique, en dehors de considérations propres au choix des variables explicatives et de la loi de l'aléa, l'évolution récente la plus remarquable semble être

l'extension des méthodes de recueil de données (révélées/déclarées) autorisant à la fois un accroissement du champ des applications et de la qualité statistique des estimations. L'application empirique relative à un contexte de choix modal train/avion, objet de la troisième section, se propose de réaliser une étude comparative chiffrée entre formes linéaires et non linéaires, utilisant au mieux les nouvelles perspectives offertes par l'accroissement du champ des techniques de recueil d'information.

2. CHOIX MODAL ET THEORIE DE L'AFFECTATION OPTIMALE DES RESSOURCES

2.1. Modèle néoclassique d'affectation des ressources monétaires et temporelles

La théorie classique du consommateur, basée sur la concept de la rationalité économique, se généralise aisément pour prendre en compte la dimension chronophage de toute consommation. L'agent retire une certaine satisfaction de la consommation de biens, décrits par le vecteur $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$, mais également des temps dévolus à cette consommation, décrits par le vecteur $t = (t_1, t_2, \dots, t_n)$. Les temps de consommation deviennent alors des variables de décision au même titre que les quantités de biens consommées. Cependant ce choix n'est pas entièrement libre. Il est limité par une dotation temporelle globale, du type 24h/jour, et par des données naturelles, techniques ou même institutionnelles. L'agent cherche à maximiser sa satisfaction en respectant les contraintes monétaires et temporelles auxquelles il est soumis. En suivant De Serpa¹ [7], le programme mathématique associé s'écrit :

$$(I) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Max } U(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n) \\ \text{sc} \\ \sum_{i=1}^n x_i p_i = R \quad (\lambda) \\ \sum_{i=1}^n t_i = T \quad (\mu) \\ t_i \geq \bar{t}_i \quad (k_i) \quad i = 1, \dots, n \end{array} \right.$$

Où : R = le revenu de l'agent,

¹ Le modèle de De Serpa [7] est une généralisation directe du modèle classique de comportement du consommateur sans dimension temporelle. Il existe bien évidemment d'autres types de théorisation, notamment ceux en terme de capital humain. Cependant, le caractère directement opératoire du premier lui confère une supériorité indéniable à l'origine de notre choix.

$p = (p_1, \dots, p_n)$ = le vecteur des prix associé au panier de consommation,

T = la dotation temporelle de l'agent,

$\bar{t} = (\bar{t}_1, \dots, \bar{t}_n)$ = le vecteur des seuils minimaux des temps de consommation. \bar{t} est un vecteur de paramètres exogènes répondant à des critères institutionnels (limitation de la vitesse à 60 km/h), techniques (la durée du trajet en TGV de la ville A vers la ville B ne peut descendre en dessous de 4h), naturels (on ne peut courir le 100m en moins de 9 secondes).

On notera λ, μ et k_i les multiplicateurs de Kuhn-Tucker associés respectivement à la contrainte budgétaire classique, à la contrainte de budget-temps et aux contraintes de consommation temporelle minimale, que l'on introduit pour résoudre de manière classique ce problème de programmation non linéaire².

Les conditions nécessaires du premier ordre s'écrivent :

$$\frac{\partial U}{\partial x_i} - \lambda p_i = 0 \quad , i = 1, \dots, n, \quad \lambda > 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial t_i} - \mu + k_i = 0 \quad , i = 1, \dots, n, \quad \mu > 0$$

$$k_i(t_i - \bar{t}_i) = 0 \quad , i = 1, \dots, n, \quad k_i \geq 0$$

Elles permettent d'établir la relation fondamentale suivante³ :

$$\frac{k_i}{\lambda} = \frac{\mu}{\lambda} - \frac{\partial U / \partial t_i}{\lambda} \quad (1)$$

qui exprime la valeur d'une économie de temps dans l'activité i , $\left(\frac{k_i}{\lambda}\right)$, comme la différence entre la valeur du temps comme ressource, ou disposition à payer de l'agent pour voir sa contrainte de budget-temps relâcher d'une unité, $\left(\frac{\mu}{\lambda}\right)$, et la valeur du temps comme support de l'activité i , ou taux marginal de substitution entre le temps alloué à l'activité i et les

² Rappelons que ces multiplicateurs représentent la variation marginale de la fonction objectif du problème lorsque, à l'optimum, on desserre la contrainte associée. A titre d'exemple, au plan mathématique:

$$\lambda = \left. \frac{\partial U(R, T, \bar{t}, p)}{\partial R} \right|_{U_{\max}}$$

³ L'établissement de cette relation nécessite de postuler l'hypothèse supplémentaire de saturation des contraintes de consommation temporelle minimale, soit : $t_i = \bar{t}_i$, $k_i > 0$, $\forall i$.

ressources monétaires, $\left(\frac{\partial U / \partial t_i}{\lambda} \right)$. La distinction entre les trois notions, de valeur du temps

comme ressource, valeur du temps comme support de l'activité i et valeur d'une économie de temps dans l'activité i est clairement mise en lumière. Seule la dernière a véritablement une dimension opératoire et est effectivement déterminée par les modèles de choix discret. Elle est désignée dans la suite par les initiales $VTTS_i$.

22. Théorie de l'utilité aléatoire

L'usager, dès lors qu'il se trouve dans une situation de choix modal, d'itinéraire, de destination ..., est amené à choisir entre un nombre fini d'alternatives mutuellement exclusives. La modélisation dans le domaine des transports se distingue donc des modèles plus classiques avec demande continue, pour s'inscrire dans une théorisation en termes de choix discret. Une vaste littérature existe sur le sujet⁴, notre présentation restera de ce fait très superficielle.

Supposons un individu t conduit à choisir entre un nombre fini d'alternatives mutuellement exclusives, $i = 1, \dots, m$. Pour chacune d'elles on peut définir une utilité indirecte conditionnelle, U_{it} , qui représente l'utilité maximale que l'individu t éprouve si son choix se porte effectivement sur i . En pratique l'agent opte pour l'alternative associée à la plus grande utilité conditionnelle indirecte.

Formellement, U_{it} dépend d'un certain nombre d'attributs observables par l'analyste, relatifs soit à l'alternative soit à l'individu, et d'un ensemble de caractéristiques méconnues de celui-ci recouvrant les variations de goût au sein de la population. Les premiers sont synthétisés en une fonction qualifiée d'utilité représentative, notée V_{it} , les secondes sont appréhendées par un terme aléatoire, ε_{it} . Sous l'hypothèse d'additivité de ces deux termes il vient :

$$U_{it} = V_{it} + \varepsilon_{it}$$

L'analyste, dans l'incapacité d'observer les choix répétés d'un même individu, peut cependant représenter l'ensemble des règles de décisions associé à la population dans son ensemble, via le système de probabilités de choix :

$$P_t(i) = P(V_{it} + \varepsilon_{it} \geq V_{jt} + \varepsilon_{jt}, \quad \forall j = 1, \dots, m, \quad j \neq i)$$

⁴ Cf. : McFadden [15], [16], et Domenich et McFadden [8].

Où $P_i(i)$ représente la probabilité de tirer dans la population un individu de caractéristiques i qui préfère i à toute autre alternative.

Différentes hypothèses peuvent ensuite être formulées concernant la distribution des ε_{ij} . Pour un ensemble d'aléas identiquement et indépendamment distribués selon un loi de Weibull⁵, on obtient le modèle logit polytomique associé au système de probabilités suivant :

$$P_i(i) = \frac{\exp(V_{ii})}{\sum_{j=1}^m \exp(V_{ij})} \quad i = 1, \dots, m$$

Bien que ce modèle repose sur un certain nombre d'hypothèses restrictives (notamment l'hypothèse d'indépendance vis à vis des alternatives non pertinentes⁶), sa simplicité d'utilisation et la nature binaire de notre application explique que nous le retenions par la suite.

23. Application au choix modal

D'un point de vue général, il faut dénoncer le manque d'initiatives pour relier les formes fonctionnelles des V_i , ou utilité indirecte représentative, au cadre micro-économique de l'affectation individuelle du temps. Pour ce qui concerne plus particulièrement le choix modal il a fallu attendre 1987⁷ pour assister à la mise en évidence d'un lien rigoureux entre ces deux paradigmes.

Le programme néoclassique standard est alors réaménagé de la manière suivante :

$$(II) \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Max } U(x, q, t_1, t_2, \dots, t_m) \\ \text{sc} \\ px + \sum_{i=1}^m \delta_i p_i = R \quad (\lambda) \\ q + \sum_{i=1}^m \delta_i t_i = T \quad (\mu) \\ t_i \geq \bar{t}_i \quad (k_i) \quad i = 1, \dots, m \end{array} \right.$$

⁵ Une variable aléatoire X suit une loi de Weibull (ou exponentielle double ou encore de Gumbell) si sa fonction cumulative s'écrit :

$$F(x) = \exp(-\exp(-x))$$

⁶ Cette hypothèse implique que les rapports des probabilités de choix entre deux modes restent invariants après adjonction d'un nouveau mode.

⁷ Rapport MVA [18], Bates [1] en réponse à Truong et Hensher[19].

où x représente un bien de consommation composite couvrant toutes les consommations hors transport, p son prix, q le temps de consommation associé à x et où (t_1, \dots, t_m) et (p_1, \dots, p_m) sont respectivement les vecteurs de temps et de prix associés aux m modes de transport mis à la disposition de l'utilisateur. $(\delta_1, \dots, \delta_m)$ est un vecteur de variables indicatrices liées aux modes de la façon suivante : $\delta_i = 1$ si le mode i est choisi, $\delta_i = 0$ sinon.

Le lagrangien associé à ce programme mathématique s'écrit alors :

$$L = U(x, q, t_1, \dots, t_m) + \lambda(R - px - \sum_{i=1}^m \delta_i p_i) + \mu(T - q - \sum_{i=1}^m \delta_i t_i) + \sum_{i=1}^m \delta_i k_i (t_i - \bar{t}_i)$$

Si l'on postule la saturation des contraintes de consommation temporelle minimale, les conditions nécessaires du premier ordre s'écrivent :

$$\begin{aligned} \frac{\partial U}{\partial x} &= \lambda p & , \lambda > 0 \\ \frac{\partial U}{\partial q} &= \mu & , \mu > 0 \\ \frac{\partial U}{\partial t_i} &= \mu \delta_i - \delta_i k_i & , k_i \geq 0 \quad , i = 1, \dots, n \end{aligned}$$

Ce cadre d'analyse a servi de support aux auteurs précités pour dériver une forme analytique linéaire de l'utilité représentative. Il nous paraît utile de présenter dans le détail leur démarche afin de mettre l'accent sur les hypothèses implicites qu'ils utilisent. La dérivation alternative que nous suggérons ensuite nous permet alors d'une part, de ramener leur résultat à un cas particulier d'un problème plus général, d'autre part de le dépasser en proposant une forme polynomiale du second degré.

La littérature ci-dessus mentionnée expose une procédure d'approximation de la fonction d'utilité indirecte selon la démarche suivante. Dans un premier temps, une approximation au premier ordre de la fonction d'utilité directe est fournie par :

$$U \approx a + \frac{\delta U}{\delta x} x + \frac{\delta U}{\delta q} q + \sum_{i=1}^m \frac{\delta U}{\delta t_i} t_i$$

Après substitution des conditions du premier ordre puis des contraintes budgétaires, la fonction d'utilité indirecte peut à son tour être approximée de la façon suivante :

$$\bar{V} \approx \bar{a} + \lambda(R - \sum_{i=1}^m \delta_i p_i) + \mu T - \sum_{i=1}^m \delta_i k_i t_i$$

Les fonctions d'utilité indirecte conditionnelle s'écrivent pour leur part :

$$\bar{V}_i = a_i + \lambda(R - p_i) + \mu T - k_i t_i \quad i = 1, \dots, m$$

Les termes en λ, R, μ et T sont ensuite présentés comme étant indépendants de l'alternative considérée⁸. Ils sont alors écartés de l'expression de \bar{V}_i , base de comparaison modale. Il reste :

$$V_i = a_i - \lambda p_i - k_i t_i \quad (2)$$

L'opportunité de ce résultat est incontestable puisqu'il justifie totalement la pratique courante, qui fait largement appel aux formes en termes de coût généralisé, à partir d'un cadre allocatif souche distingué pour son réalisme. De plus, on peut maintenant sans équivoque possible définir la valeur d'une économie de temps associée au mode i comme le rapport des coefficients du temps et du prix :

$$VTTS_i = \frac{k_i}{\lambda} = \frac{\partial V_i / \partial t_i}{\partial V_i / \partial p_i} \quad (3)$$

Reste que la forme analytique proposée est linéaire et débouche sur une formulation en terme d'utilité marginale constante qui s'oppose à la fois, à la règle économique de l'utilité marginale décroissante et au "bon sens" qui veut qu'une heure économisée sur un trajet de deux heures n'a pas la même valeur qu'une heure économisée sur un trajet de quinze heures ou encore, qu'une heure économisée n'a pas la même valeur qu'une heure perdue (au signe près). Pour prendre en compte ces dernières remarques, nous proposons, en conservant le support du programme (II), de dériver la forme analytique de V_i selon le procédé alternatif suivant.

Soit $V(R, T, p, p_1, \dots, p_m, \bar{t}_1, \dots, \bar{t}_m)$ la fonction d'utilité indirecte associée au programme (II). Ses arguments sont les variables exogènes du programme. Ils sont désignés par la suite par le vecteur a . $V(a)$ est donc solution du problème paramétré qui suit :

⁸ Nous reviendrons plus loin sur cette hypothèse qui nous paraît pour le moins restrictive.

$$(III) \begin{cases} V(a) = \text{Max}_{x, q, t_1, \dots, t_m} U(x, q, t_1, \dots, t_m) \\ \text{s.c.} \begin{cases} h_1(x, q, t_1, \dots, t_m, a) = 0 & \lambda(a) \\ h_2(x, q, t_1, \dots, t_m, a) = 0 & \mu(a) \\ h_{3i}(x, q, t_1, \dots, t_m, a) = 0 & k_i(a) \end{cases} \end{cases}, \quad i = 1, \dots, m$$

où h_1 désigne la contrainte de budget : $px + \sum_{i=1}^m \delta_i p_i = R$

h_2 désigne la contrainte de budget-temps : $q + \sum_{i=1}^m \delta_i t_i = T$

h_{3i} désigne la contrainte de consommation temporelle minimale associée au mode i :

$$t_i = \bar{t}_i, \quad i = 1, \dots, m$$

Le lagrangien s'écrit alors :

$$L = U(x, q, t_1, \dots, t_m) + \lambda(a) h_1(x, q, t_1, \dots, t_m, a) + \mu(a) h_2(x, q, t_1, \dots, t_m, a) + \sum_{i=1}^m \delta_i k_i(a) h_{3i}(x, q, t_1, \dots, t_m, a)$$

D'après le théorème de l'enveloppe, il vient :

$$\frac{\partial V(a)}{\partial R} = \lambda(a)$$

$$\frac{\partial V(a)}{\partial T} = \mu(a)$$

$$\frac{\partial V(a)}{\partial p} = -\lambda(a)x(a)$$

$$\frac{\partial V(a)}{\partial p_i} = -\delta_i \lambda(a)$$

$$\frac{\partial V(a)}{\partial \bar{t}_i} = -\delta_i k_i(a)$$

Pour les différentielles totales de V et V_i , il vient :

$$dV = \frac{\partial V(a)}{\partial R} dR + \frac{\partial V(a)}{\partial T} dT + \frac{\partial V(a)}{\partial p} dp + \sum_{i=1}^m \delta_i \frac{\partial V(a)}{\partial p_i} dp_i + \sum_{i=1}^m \delta_i \frac{\partial V(a)}{\partial \bar{t}_i} d\bar{t}_i \quad (4a)$$

$$dV_i = \frac{\partial V(a)}{\partial R} dR + \frac{\partial V(a)}{\partial T} dT + \frac{\partial V(a)}{\partial p} dp + \frac{\partial V(a)}{\partial p_i} dp_i + \frac{\partial V(a)}{\partial \bar{t}_i} d\bar{t}_i \quad (4b)$$

Par la suite, nous postulons systématiquement la fixité des dotations temporelles ($T = \bar{T}$) et des prix hors transport ($p = \bar{p}$). L'expression (4b) se ramène à :

$$dV_i = \frac{\partial V(a)}{\partial R} dR + \frac{\partial V(a)}{\partial p_i} dp_i + \frac{\partial V(a)}{\partial \bar{t}_i} d\bar{t}_i \quad (5)$$

On recherche à présent la forme analytique de V_i à partir de sa différentielle totale et des hypothèses faites sur les dérivées partielles.

1^{er} cas : Utilités marginales constantes

Retenons l'hypothèse de constance des utilités marginales implicitement acceptée dans la plupart des modèles de demande en économie des transports. Il s'ensuit :

$$\frac{\partial V(a)}{\partial R} = \lambda, \quad \frac{\partial V(a)}{\partial p_i} = -\delta_i \lambda, \quad \frac{\partial V(a)}{\partial \bar{t}_i} = -\delta_i k_i$$

et
$$dV_i = \lambda dR - \lambda dp_i - k_i d\bar{t}_i$$

où λ et k_i sont des constantes.

Le terme λdR est indépendant du mode i . Il disparaît de la base de comparaison modale. Il reste :

$$dV_i = -\lambda dp_i - k_i d\bar{t}_i$$

En utilisant les propriétés des dérivées partielles, on obtient :

$$\frac{\partial V_i}{\partial p_i} = -\lambda \Rightarrow V_i = -\lambda p_i + g(\bar{t}_i) + cste$$

D'où :

$$\frac{\partial V_i}{\partial \bar{t}_i} = \frac{\partial g}{\partial \bar{t}_i} = -k_i \Rightarrow g(\bar{t}_i) = -k_i \bar{t}_i + cste$$

Finalement, il vient :

$$\boxed{V_i = cste - \lambda p_i - k_i \bar{t}_i}$$

Cette dérivation alternative du coût généralisé a pour principal mérite d'explicitier clairement les hypothèses sous-jacentes à son élaboration.

2^{ème} cas : Relâchement de l'hypothèse de constance des utilités marginales

Lorsque l'on relâche l'hypothèse de constance, se pose alors la question de la spécification d'une forme analytique satisfaisante pour les utilités marginales. Afin de préserver le caractère universel de notre présentation, nous proposons un DL à l'ordre 1 au voisinage du point moyen $(\bar{R}, \bar{p}_i, \bar{t}_i)$. Notons dès à présent que la dérivation que nous proposons est un cas polaire pour lequel un relâchement de l'hypothèse de constance a été opéré pour toutes les utilités marginales via toutes les variables. On peut imaginer des cas intermédiaires où certaines dérivées partielles restent constantes et/ou certaines variables sont fixes. Dans la situation la plus générale, on a :

$$\begin{aligned} \frac{\partial V(a)}{\partial R} = \lambda(a) &\approx \alpha + \left. \frac{\partial \lambda}{\partial R} \right|_{R=\bar{R}} (R - \bar{R}) + \left. \frac{\partial \lambda}{\partial p_i} \right|_{p_i=\bar{p}_i} (p_i - \bar{p}_i) + \left. \frac{\partial \lambda}{\partial \bar{t}_i} \right|_{\bar{t}_i=\bar{t}_i} (\bar{t}_i - \bar{t}_i) \\ &\approx \tilde{\alpha} + \beta R - \beta p_i + \gamma \bar{t}_i \end{aligned}$$

où $\tilde{\alpha} = \alpha - \beta \bar{R} + \beta \bar{p}_i - \gamma \bar{t}_i$, $\beta = \left. \frac{\partial \lambda}{\partial R} \right|_{R=\bar{R}} = - \left. \frac{\partial \lambda}{\partial p_i} \right|_{p_i=\bar{p}_i}$ et

$$\gamma = \left. \frac{\partial \lambda}{\partial \bar{t}_i} \right|_{\bar{t}_i=\bar{t}_i} = - \left. \frac{\partial k_i}{\partial R} \right|_{R=\bar{R}} = \left. \frac{\partial k_i}{\partial p_i} \right|_{p_i=\bar{p}_i} = \left. \frac{\partial^2 V}{\partial R \partial \bar{t}_i} \right|_{\substack{R=\bar{R} \\ \bar{t}_i=\bar{t}_i}}$$

$$\frac{\partial V(a)}{\partial p_i} = -\delta_i \lambda(a) = \delta_i (-\tilde{\alpha} - \beta R + \beta p_i - \gamma \bar{t}_i)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial V(a)}{\partial \bar{t}_i} = -\delta_i k_i(a) &\approx -\delta_i \left(\delta + \left. \frac{\partial k_i}{\partial R} \right|_{R=\bar{R}} (R - \bar{R}) + \left. \frac{\partial k_i}{\partial p_i} \right|_{p_i=\bar{p}_i} (p_i - \bar{p}_i) + \left. \frac{\partial k_i}{\partial \bar{t}_i} \right|_{\bar{t}_i=\bar{t}_i} (\bar{t}_i - \bar{t}_i) \right) \\ &\approx \delta_i (\tilde{\delta} + \gamma R - \gamma p_i - \xi \bar{t}_i) \end{aligned}$$

où $\tilde{\delta} = -\delta - \gamma \bar{R} + \gamma \bar{p}_i + \xi \bar{t}_i$ et $\xi = \left. \frac{\partial k_i}{\partial \bar{t}_i} \right|_{\bar{t}_i=\bar{t}_i} = - \left. \frac{\partial^2 V}{\partial \bar{t}_i^2} \right|_{\bar{t}_i=\bar{t}_i}$

Cette spécification des dérivées partielles conduit à une nouvelle forme pour la différentielle totale de V_i à partir de laquelle, grâce à l'égalité de Schwarz, il devient possible de retrouver l'expression de l'utilité représentative. Il suit :

$$V_i \approx cste - \tilde{\alpha} p_i + \frac{1}{2} \beta p_i^2 + \tilde{\delta} \bar{t}_i - \frac{1}{2} \xi \bar{t}_i^2 - \gamma p_i \bar{t}_i - \beta R p_i + \gamma R \bar{t}_i + \tilde{\alpha} R + \frac{1}{2} \beta R^2$$

Les termes en R et R^2 indépendants du mode disparaissent de la base de comparaison modale, il reste :

$$V_i \approx cste - \tilde{\alpha} p_i + \frac{1}{2} \beta p_i^2 + \tilde{\delta} \bar{t}_i - \frac{1}{2} \xi \bar{t}_i^2 - \gamma p_i \bar{t}_i - \beta R p_i + \gamma R \bar{t}_i \quad (6)$$

Cette forme polynomiale préserve les fondements théoriques du programme allocatif (II) et dépasse les critiques relatives à la constance des utilités marginales et à l'unicité des VTTS, adressées au modèle en terme de coût généralisé. Des fonctions de valeurs du temps peuvent dorénavant être dérivées de (6) via le calcul suivant :

$$VTTS_i = \frac{\partial V_i / \partial \bar{t}_i}{\partial V_i / \partial p_i} = \frac{\tilde{\delta} - \xi \bar{t}_i - \gamma p_i + \gamma R}{-\tilde{\alpha} + \beta p_i - \gamma \bar{t}_i - \beta R} \quad (7)$$

Bien évidemment, ce modèle à caractère universel reste un modèle individuel. Dès lors que l'on cherche à l'appliquer à une population, il est vraisemblable que les coefficients des variables clés vont varier parmi les individus en fonction d'un certain nombre d'éléments (le motif, la fréquence,...). Une segmentation appropriée doit permettre d'appréhender correctement une part de cette hétérogénéité. Deux alternatives s'offrent au modélisateur. La plus simple consiste en l'estimation de modèles spécifiques pour chaque segment dégagé. Cependant, en réduisant considérablement la taille de l'échantillon, ce procédé a souvent des effets délétères sur la significativité des variables. La deuxième procède au moyen de variables indicatrices directement appliquées aux coefficients des variables. La supériorité de cette approche réside dans le fait qu'elle autorise des segmentations différenciées selon les variables sans réduction injustifiée de la taille de l'échantillon.

Enfin, la question relative à la spécificité ou à la généricité des coefficients doit être abordée. La réponse théorique apportée par le modèle consiste en l'adoption de coefficients spécifiques pour les variables temporelles et de coefficients génériques pour les variables monétaires et les interactions.