

desserte

# L'estimation de la clientèle d'Orlyval

1977

Jean-Pierre ORFEUIL  
INRETS

## LE PROJET ORLYVAL

*Le projet ORLYVAL est maintenant bien connu (voir graphique) : une ligne de 7,3 kilomètres, parcourue en six minutes, relie les aéroports d'Orly à la gare RER B d'Antony en quai à quai dans le sens "départ", avec une correspondance aisée dans le sens "arrivée".*

*Le tarif pour Paris est de 38 F pour les passagers d'Air Inter, et 48 F pour les autres.*

*Le VAL est synchronisé avec le RER, si bien que l'attente à Antony est nulle dans les deux sens. La fréquence de desserte est celle du RER à Antony, de 4 minutes en pointe, 8 minutes en creux à 15 minutes en fin de soirée.*

*La capacité est de 100 voyageurs par rame (charge normale pouvant aller jusqu'à 150), avec possibilité d'injection d'une rame supplémentaire si le besoin s'en fait sentir. Les accès aux aéroports sont aériens (le VAL est visible), avec une gare à Orly Ouest et deux (arrivée vers les comptoirs d'enregistrement, départ vers la livraison des bagages) à Orly Sud.*

*La diffusion dans Paris est remarquable (correspondances avec les lignes A, C, D du RER et 8 lignes de métro sur 13). L'architecture particulière du système (RER lourd multifonctions et VAL léger monofonctionnel) permet la desserte "haute fréquence" de la zone "peu dense" que constitue tout aéroport : avec 18,5 millions de clients aériens en 1986, Orly génère un trafic moyen de 1 600 voyageurs par heure et par sens, dont un peu plus de 300 en moyenne sont aujourd'hui dans l'ensemble des modes collectifs.*

Comme toute décision importante, l'octroi de la concession de la desserte d'Orly par le Conseil d'Administration du Syndicat des Transports Parisiens à une société constituée autour de MATRA et du système VAL a été de nature profondément multicritère. Rappelons que cette décision avait été précédée d'une autre — celle d'un financement privé de cette desserte — impliquant pour MATRA de mobiliser des partenaires (RATP, Air Inter, Banques...), de les convaincre du bien-fondé économique du projet et de rechercher avec eux les conditions de faisabilité de l'ingénierie financière. Les prévisions de trafic ont joué un rôle important dans les deux cas.

Le lecteur trouvera dans l'encadré ci-contre un résumé succinct des principales caractéristiques du projet. Après avoir rappelé les difficultés très particulières de cette estimation, d'ordre théorique ou pratique, nous décrivons le dispositif mis en place par l'INRETS, les partis pris méthodologiques de l'étude lourde, les principales hypothèses et ses principales conclusions.

## Une estimation particulièrement délicate...

L'estimation était à la fois délicate par le contexte et par les difficultés théoriques qu'elle soulevait.

Le contexte, c'était d'abord des délais très courts : MATRA nous a annoncé début février que si nous acceptions l'étude, il fallait impérativement une estimation intermédiaire au 30 avril, pour que les financiers puissent se forger une première opinion, l'estimation finale devant être réalisée le 30 juin. C'était aussi un souci de "neutralité" de certains acteurs dans ce contexte nouveau de compétition : la RATP a apporté une aide à l'étude, notamment en offrant l'usage d'un logiciel de modélisation désagrégée, mais souhaitait vivement une expertise totalement indépendante ; Aéroports de Paris n'a fourni qu'un extrait partiel du fichier de l'enquête Ville-Aéroport de 1986... En revanche, la Ville de Paris, qui n'était pas impliquée dans l'affaire, nous a ouvert les statistiques de temps

**Orlyval : une ligne de 7,3 km parcourue en six minutes reliera les aéroports d'Orly à la gare RER B D'Antony...**



MATRA

de parcours (moyens, maximaux, par période...) dans Paris et sur le périphérique dont nous avons pu apprécier la qualité.

Les difficultés théoriques foisonnaient :

- originalité "technique" du mode, impliquant un "mixage" entre un système surtout pratiqué par les banlieusards (le RER) et un produit nouveau, inconnu des parisiens (le VAL) par le biais d'une correspondance spéciale, puisque sans attente ;

- originalité "sociale" du mode, avec une tarification spéciale s'éloignant des représentations du transport collectif, dans un contexte parisien où personne ne paie les coûts réels de transport : couverture des coûts inférieure à 40% dans les transports publics, faible habitude du stationnement payant et recours important et peu risqué au stationnement... interdit ;

- faible connaissance générale des modes dominants pour l'accès aux aéroports : le taxi et les voitures d'accompagnement sont de loin les modes dont les pratiques sont les plus mal décrites par la littérature consacrée aux transports ;

- faibles connaissances sur la prise en compte des prix relatifs des modes terminaux par les voyageurs aériens. Peut-on admettre, par exemple, que le prix est nul lorsqu'on se fait accompagner par des amis ou lorsqu'on réalise un déplacement professionnel ? Quel prix prendre pour la voiture personnelle ?

- diversité des clientèles aéroportuaires : qu'y a-t-il de commun entre l'homme d'affaires prenant l'avion une fois par semaine, le jeune cadre allant passer un week-end en province et le couple de retraités partant, pour la première fois de sa vie, découvrir et l'avion et les Baléares ?

côté, MATRA a fait appel au Centre de Gestion Scientifique de l'Ecole des Mines (P. GARNIER) pour mener des estimations plus "légères" permettant de situer les méthodes innovantes par rapport à des méthodes plus traditionnelles mais d'un contrôle plus immédiat.

Nous ne présenterons ci-dessous que les hypothèses, méthodes et résultats de l'estimation lourde par modélisation désagrégée.

## Qu'est-ce qu'un modèle désagrégé ?

*C'est une représentation totalement formalisée du comportement d'individus en situation de choix. On suppose que face à un ensemble d'alternatives possibles, les individus construisent implicitement des fonctions d'utilité (autant que d'alternatives) qui dépendent à la fois de leurs propres caractéristiques (par exemple les chefs d'entreprise parisiens utilisant ORLY au moins une fois par semaine « préfèrent a priori » se rendre à ORLY en voiture et laisser leur véhicule au parking) et des attributs des alternatives en présence (temps, coûts, confort, correspondance...) : en intégrant dès le départ dans la fonction d'utilité les caractéristiques des individus et de leur voyage, on transforme un paradigme d'origine strictement économétrique en un modèle socio-économique, tenant compte des situations, des habitudes, des représentations...*

*Dans les modèles LOGIT, le lien entre les fonctions d'utilité et la probabilité de choix d'une alternative a, dans un ensemble A, par l'individu i, est donné par la formule :*

$$P(i,a) = \exp(U(i,a)) / \sum (\exp(U(i,b)), b \in A)$$

*Il appartient au chercheur de choisir les « ingrédients » de la fonction d'utilité (ici, les caractéristiques du voyageur, du voyage aérien et les attributs des modes) et sa forme fonctionnelle (Linéaire, Box Cox...). Une fois ces choix opérés, le logiciel fournit l'estimation des paramètres (les « poids » respectifs des temps, coûts, variables socio-économiques dans la décision) la plus pertinente au sens statistique (théorie du maximum de vraisemblance) au regard d'une base de données de comportements observés.*

*Il reste alors au chercheur à accepter ou refuser l'ajustement « statistiquement optimal » (on le refusera par exemple si la « valeur des coefficients sont aberrants, ou encore si certaines sous-zones importantes sont particulièrement mal modélisées) et... à introduire le nouveau mode dans l'univers modal existant pour en calculer la part de marché.*

## ...impliquant un dispositif spécifique

Cette accumulation de problèmes a agi comme un stimulant pour l'INRETS, qui a décidé de prouver que sa structure lui permettait de concilier l'inconciliable : une rigueur scientifique de haut niveau et la tenue de délais très brefs. Le directeur du Département d'économie et de sociologie des transports, R. MARCHE, a organisé la participation des différents conseils extérieurs (E. QUINET de l'ENPC, M. GAUDRY du CRT de Montréal, J. BATES en liaison avec MVA ; a conçu, avec l'ITA, les études de cas des aéroports étrangers. Il a confié à trois chercheurs de la Division économie de l'espace et de la mobilité (L. HIVERT, J.-P. ORFEUIL, P. TROULAY), l'estimation lourde par modélisation désagrégée et élaboré avec J. BATES et ISL, une enquête complémentaire visant à contrôler les résultats de l'estimation de référence par des techniques différentes. De son

## Modélisation des comportements actuels

Les lieux d'origine des passagers au départ d'Orly sont extrêmement divers : toutes les communes d'Ile-de-France, nombre d'agglomérations de province (d'où l'on vient en voiture ou en train prendre l'avion à Orly) et quelques personnes venant directement de l'étranger.

L'estimation lourde a été limitée aux 20 arrondissements parisiens et aux 76 communes desservies par le métro ou les lignes A et B actuelles du RER, et aux personnes utilisant l'un des 6 modes suivants : voiture parquée, voiture accompagnante, taxi, car Air France, Orly Bus, Orly Rail. Même avec cette restriction importante (cf. graphique), il a fallu plus d'un mois à 3 personnes pour constituer la "base

d'offre", c'est-à-dire l'ensemble des caractéristiques de temps (de rabattement, de parcours, d'attente et correspondance) et de coût des six modes en présence.

Les clients absents de l'estimation centrale ont été réintégrés de la façon suivante :

- Points de départ en Ile-de-France, dans des communes desservies par les lignes D et A3-A5 du RER : même part de marché d'Orlyval que pour les lignes B et A actuelles.
- Points de départ en Ile-de-France, ailleurs : pas de modification des parts de marché entre modes privés et transports collectifs. La part d'Orlyval par rapport aux transports collectifs est celle qu'il obtient dans la zone centrale.
- Points de départ en province ou étranger : pas de modification du partage train/automobile. Pour les usagers du train, comportement modal déduit de celui des usagers au départ de la zone de la gare d'arrivée, mais limité, aux taxis et aux modes collectifs.
- Clients en correspondance, clients d'autres modes, clients de première classe : estimation "à dire d'expert".

### **Approche économétrique et approche "sciences sociales"**

Dès le départ, il nous avait semblé assez peu pertinent d'adopter un modèle où tous les individus peuvent a priori disposer de tous les modes possibles et forment leur choix en fonction des seuls attributs de temps et de coûts des alternatives. Le simplisme des modèles prix/temps a été rapidement exclu par des essais conduisant à des conclusions économiquement aberrantes et statistiquement peu significatives.

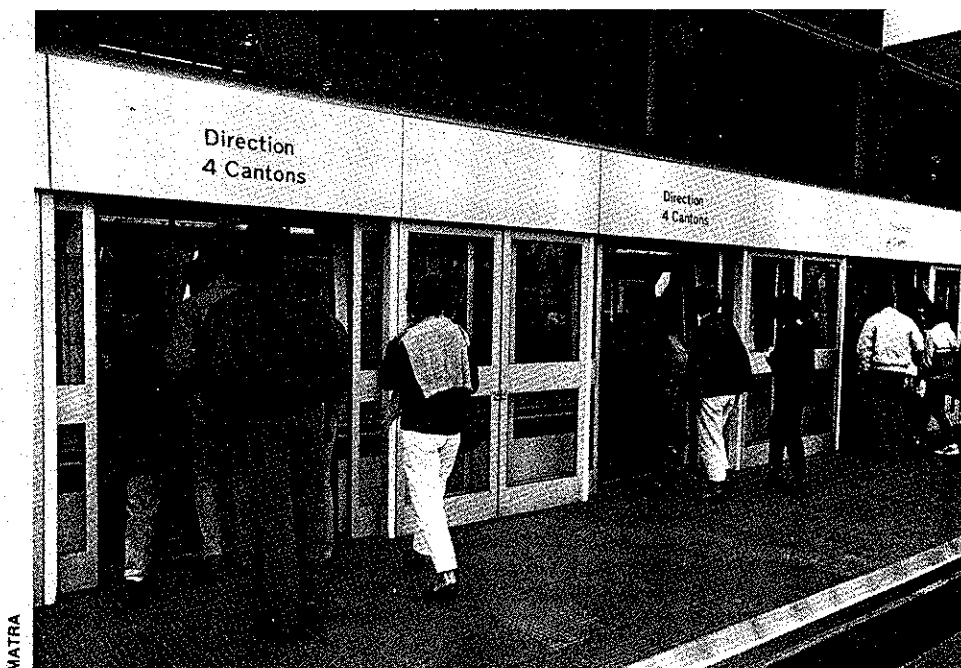
L'étude a priori des comportements de déplacements selon les caractéristiques du voyage et du voyageur nous a conduit aux choix suivants :

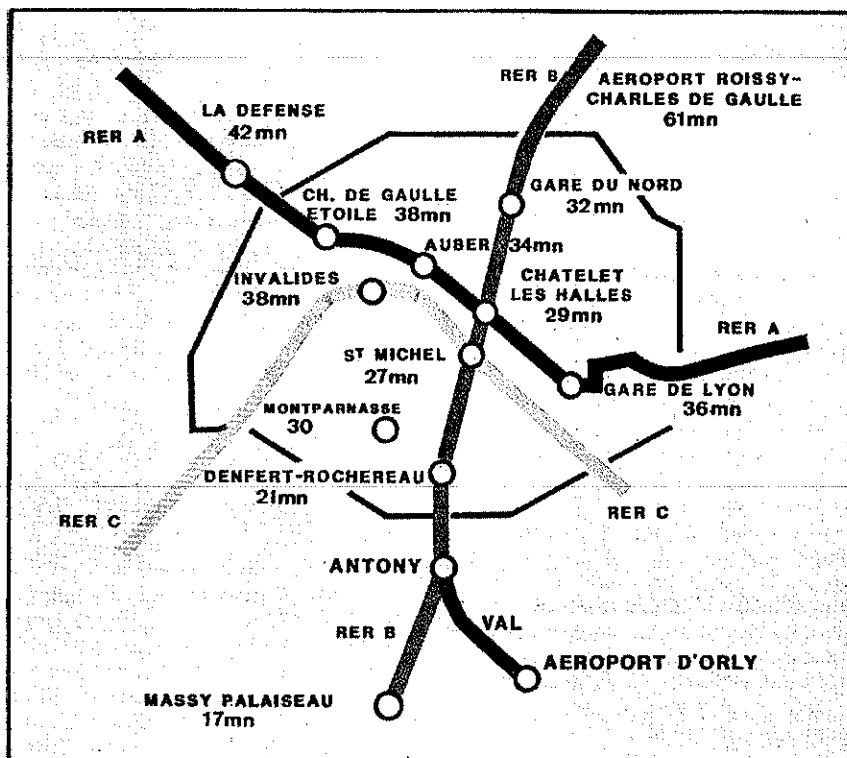
- Construire non pas un, mais des modèles : après des essais de partition nombreux (voyages personnels/professionnels ; Orly-Ouest/Orly-Sud ; Résidents d'Ile-de-France/Autres), nous avons retenu la partition Personnelle/Professionnelle comme la plus pertinente.
- Conserver un grand nombre de variables socio-économiques, sans chercher l'homogénéité entre les segments personnels et professionnels. Les différentes modalités des variables qui ont participé à l'élaboration des fonctions d'utilité peuvent être regroupées en quelques thèmes : horaire du voyage, aéroport utilisé, motif, taille du groupe pour le voyage, âge, sexe, niveau social, lieu géographique et type de lieu de départ (domicile-travail-hôtel...), lieu de résidence, habitude de l'avion pour le voyageur.
- Ne pas supposer a priori que tous les modes sont disponibles : en particulier, la voiture conducteur l'est très rarement pour les provinciaux, les personnes au départ de parents ou amis, les personnes n'ayant jamais utilisé l'avion auparavant.

La confrontation des résultats du modèle à la réalité observée par zone nous a permis de construire une variable zonale d'accès à l'automobile (l'enquête utilisée ne comportait aucune information sur la disponibilité d'automobile) et des variables zonales de notoriété des modes qui, dans une seconde phase, nous ont permis des ajustements beaucoup plus significatifs et pertinents.

L'une des incertitudes les plus importantes est l'ignorance dans laquelle nous sommes quant aux pratiques de "temps de précautions" adoptées par

**... en quai à quai dans le sens départ avec une correspondance aisée dans le sens "arrivée".**





**Temps de parcours moyen jusqu'à Orly par le Val.**

les usagers et du vécu de ces temps dans l'aéroport : temps sas, temps perdu, temps valorisé... ? Nous avons toujours conduit les estimations d'une part en temps moyen, d'autre part en "temps garanti" (Probabilité de défaillance de 3%). La qualité des estimations ne permettant pas de départager les deux hypothèses, nous les avons conservées jusqu'au bout.

## Les résultats de la modélisation

La qualité statistique de l'ajustement obtenu est supérieure à celle réalisée dans des études comparables en France (choix pour le domicile-travail en Région Ile-de-France, choix du mode terminal pour l'aéroport de San Francisco par exemple). L'idée selon laquelle les choix des passagers aériens seraient "irrationnels", qu'on nous avait suggéré au départ, n'est plus plausible.

Dans leur compétition avec les modes individuels, les modes collectifs sont handicapés par la survalorisation des temps de rabattement et des temps d'attente et de correspondance : les temps de rabattement pèsent 2 fois (pour les voyages personnels) et 3 fois (pour les voyages professionnels) plus lourd que les temps de parcours ; pour les temps d'attente et de correspondance, les valeurs sont respectivement de 4 et 9. Une explication purement fonctionnelle (par exemple les valises) ne résiste pas à l'analyse, puisque les poids relatifs sont plus importants en

professionnel (où elles sont rares) qu'en personnel.

La valeur du temps de parcours est de 120 F/heure pour les voyageurs professionnels comme pour les personnels, et s'avère assez proche de l'hypothèse retenue dans le "rapport TERNIER" (150 F). La valeur du temps total (intégrant le rabattement, les attentes et correspondances) est très supérieure : 230 F en personnel, 360 F en professionnel. On voit là tout l'intérêt qu'accordera la clientèle à la bonne diffusion dans Paris, à la qualité de traitement de la correspondance d'Antony, à la qualité de l'accès à Orly et à la fréquence de desserte.

La qualité statistique de l'ajustement est très fortement dégradée (rapport de 1 à 2,5) lorsqu'on ne prend pas en compte les caractéristiques socio-économiques des voyageurs et des voyages : des modèles globaux fondés uniquement sur les prix et les temps auraient été inopérants.

## Desserte par le VAL : les hypothèses

Orlyval est un "mode public" : les caractéristiques du voyage et du voyageur qui étaient favorables/défavorables aux transports collectifs le sont aussi pour Orlyval. Le déséquilibre entre départs et arrivées (la part de marché des transports collectifs est supérieure d'environ 25% d'Orly vers Paris à la part dans le sens Paris-Orly) est également maintenu pour le VAL.

On ne suppose ni dégradation, ni amélioration des services offerts par les taxis.

A l'ouverture d'Orlyval, les niveaux d'offre des autres modes publics et leurs prix relatifs sont les mêmes qu'aujourd'hui. Pour les usagers, on suppose que la pénibilité de sortie du "réseau lourd" (métro, RER) pour prendre un autobus ou un autocar est maintenue à son niveau actuel, malgré l'existence d'une alternative sans sortie avec Orlyval. On admet en revanche que l'effet "Orlyval" reconcentrera la notoriété des modes publics actuels au voisinage de leurs points de départ (Invalides, Montparnasse, Denfert, Austerlitz) et que les sociétés exploitantes (Air France, RATP) adopteront leur offre (en fréquence et en tarif) à leur nouvelle clientèle : on fait là l'hypothèse que ces sociétés pour qui la liaison ville-aéroport n'est qu'une part marginale de leur activité adopteront un comportement commercial moins agressif que la société exploitante d'Orlyval pour qui cette desserte est l'unique activité.

Deux hypothèses à caractère plus technique ont enfin été adoptées : on admet que la notoriété d'Orlyval sera fonction du mode antérieur et du point de départ ; on admet que dans un système à quatre modes publics, l'usager formera successivement un choix privé/public, puis choisira parmi les deux meilleurs pour lui, qu'Orlyval en fasse partie ou non.

### Les scénarios

Quatre modèles ont finalement été proposés :

Dans le premier, on admet que le terme constant de l'utilité d'Orlyval est celui du meilleur mode public actuel (on ne valorise pas l'effet réseau) et que

l'usager raisonne en temps moyen (on ne valorise pas l'effet temps garanti). Le troisième diffère du premier par la prise en compte du temps maximal.

Dans le second, on valorise l'effet réseau en prenant un terme constant supérieur à celui du meilleur mode actuel, la différence étant égale à la différence entre le meilleur actuel et la moyenne des deux autres. Le quatrième diffère du second par la prise en compte du temps maximal. Le scénario 1 est pessimiste, le 4 optimiste ; les scénarios 2 et 3 valorisent Orlyval soit par effet "temps garanti", soit par effet "réseau".

### Les résultats principaux

Selon les scénarios, la part d'Orlyval dans l'ensemble de la clientèle aérienne d'Orly sera comprise entre 15,3% et 24,3%, avec une estimation centrale à 18,9% (Modèles 2 et 3 : prise en compte de l'effet "réseau" ou de l'effet temps garanti conduisant à 4,2 millions de clients). La prise en compte des sens probables des différentes incertitudes amène à proposer une fourchette de 17,1 à 20,8%.

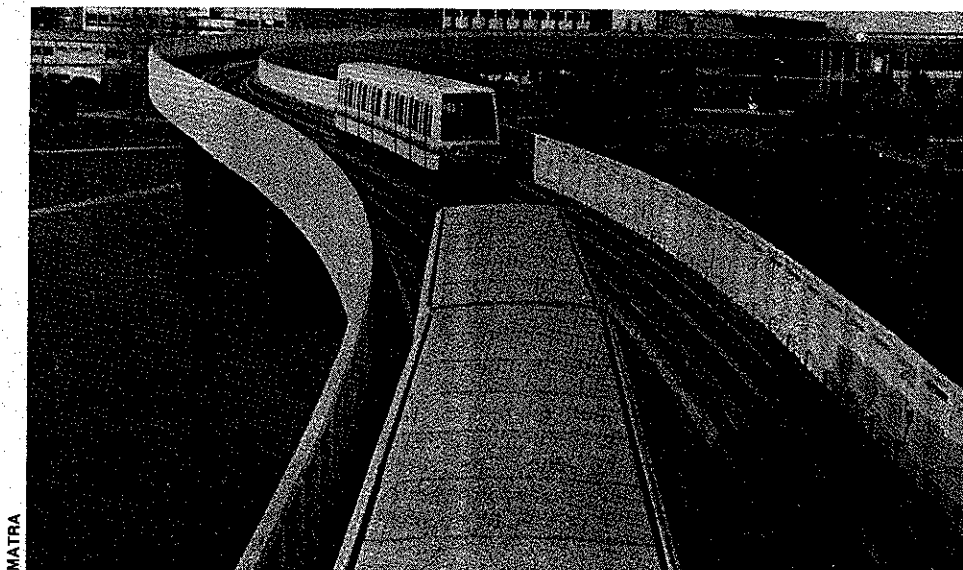
Dans l'estimation centrale, la part de marché des transports collectifs sur la zone modélisée passe de 23 à 35%.

Avec une élasticité de  $-0,5$ , la sensibilité au tarif est plus importante que dans les réseaux collectifs classiques.

Avec une élasticité de  $-1$ , la sensibilité aux temps d'attente et de correspondance est capitale : le traitement de la correspondance à Antony et des accès à Orly seront des paramètres capitaux, comme la fréquence.

La sensibilité aux temps de parcours sur le réseau routier est importante.

**Le tarif pour Paris  
sera de 38 F  
pour les passagers  
d'Air Inter,  
et 48 F pour les autres.**





MATRA

**Le Val sera synchronisé avec le RER, si bien que l'attente sera nulle dans les deux sens.**

Dans l'hypothèse où ils seraient supérieurs de 10% à ceux qui ont été retenus, Orlyval gagnerait 1,5 point de part de marché.

L'adaptation des autres modes collectifs aux nouvelles conditions du marché devrait faire gagner 0,8 point de part de marché à Orlyval.

Enfin le modèle s'avère d'une sensibilité satisfaisante : la part de marché (au départ de la zone modélisée) varie de 12 à 29% selon la date de départ et de 7 à 37% selon le lieu de départ dans la zone.

## **Des enseignements majeurs**

Trois enseignements majeurs nous paraissent pouvoir être tirés de cette étude.

**Sur le plan scientifique**, l'intérêt de l'étude réside essentiellement dans l'intégration d'une expertise en profondeur, de type sciences sociales, des comportements de déplacement dans un système totalement formalisé. Si l'on devait encore s'en convaincre, on noterait qu'une approche ne prenant en compte que les caractéristiques du voyage et du voyageur fournit un meilleur ajustement des comportements actuels qu'une approche ne prenant en compte que les temps et coûts des modes, ou encore que l'introduction de quelques variables-clé a permis de gagner des centaines de points en qualité d'ajustement là où une complexification de la forme fonctionnelle des fonctions d'utilité permet d'en gagner quelques-uns : ceci nous paraît justifier pleinement la poursuite de nos efforts en matière de connaissance fondamentale de la mobilité.

**Sur le plan déontologique**, l'INRETS a accepté de construire lui-même les scénarios d'introduction du nouveau mode, sous réserve d'en expliciter dans le détail toutes les hypothèses pour tous les acteurs concernés, en les invitant à construire d'autres jeux d'hypothèses s'ils le jugeaient utiles. Cette pratique d'une science ouverte et contrôlable nous paraît potentiellement plus féconde que la pratique anglosaxonne habituelle (de "consultants aux mains propres") calibrant l'existant et de Décideurs ("allant au charbon") en introduisant de façon floue le nouveau mode. Cette pratique, si elle ne garantit pas l'exactitude du résultat (même si les travaux parallèles de l'École des Mines sont convergents...) laisse aux différents acteurs la liberté maximale de jugement et des opportunités de contestation qui valent approbation s'ils ne les utilisent pas.

**Sur le plan pratique**, trois points méritent d'être signalés :

- Beaucoup de temps aurait été gagné s'il avait été prévu pour les soumissionnaires un accès libre aux données, pouvant intéresser l'étude, détenues par des organismes publics.
- La tenue des délais n'a été possible que grâce à la forte motivation de l'équipe et à l'informatique lourde de l'INRETS, accessible 24 h sur 24 et 7 jours sur 7 via Minitel : les travaux les plus lourds (5 heures de calcul) ont été lancés et contrôlés à domicile, le week-end, via Minitel, par l'équipe.
- La lourdeur des techniques mises en œuvre les réserve aux acteurs (urbains, régionaux, interrégionaux, internationaux...) disposant de bases d'offre conséquentes à la fois sur leur propre activité et sur celle de leurs concurrents, ou à des opérations de plusieurs centaines de millions de francs.

□