



**HAL**  
open science

## Les effets frontières. Rapport final

Alain Bonnafous, Michel Le Nir, Charles Raux, Jean-Louis Routhier, Eric Tabourin

► **To cite this version:**

Alain Bonnafous, Michel Le Nir, Charles Raux, Jean-Louis Routhier, Eric Tabourin. Les effets frontières. Rapport final. 1989. halshs-00817850

**HAL Id: halshs-00817850**

**<https://shs.hal.science/halshs-00817850>**

Submitted on 25 Apr 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

**LABORATOIRE D'ECONOMIE DES TRANSPORTS**

CNRS - Universite Lumiere Lyon 2  
Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat

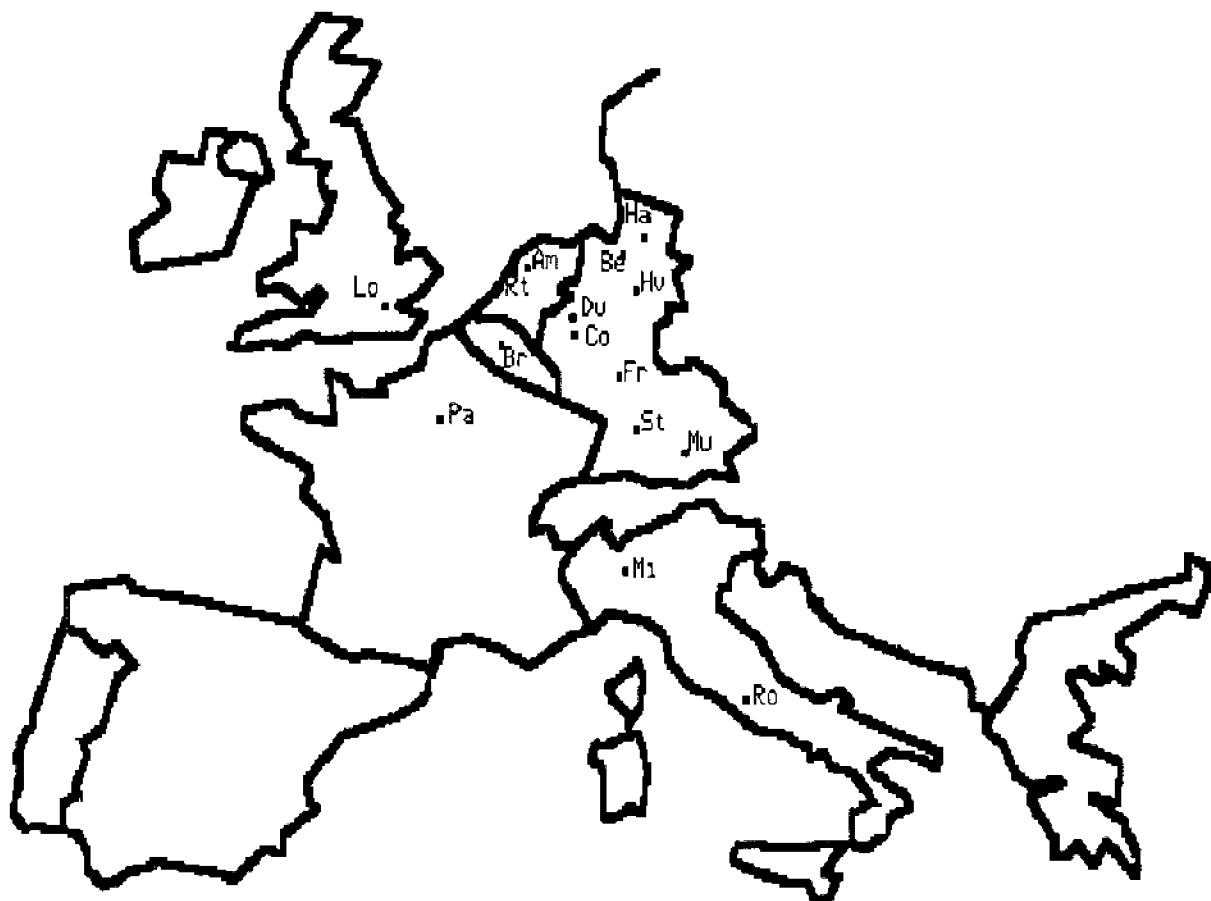
**LES EFFETS FRONTIERE**

**Rapport final**

**Alain BONNAFOUS  
Michel LE NIR  
Charles RAUX  
Jean-Louis ROUTHIER  
Eric TABOURIN**

**Etude realisee pour le compte de la SNCF**

**Decembre 1989**



## 1 INTRODUCTION

Quand on compare les trafics de voyageurs à l'intérieur d'un même pays aux trafics de voyageurs entre ce pays et l'étranger on constate en général une différence importante entre ces deux types de flux. Tout se passe comme si le fait de franchir une frontière équivalait à une résistance ou un coût supplémentaire dans le voyage. Que l'origine de ce "coût" puisse être imputée à des facteurs linguistiques, culturels ou simplement économiques, on a coutume d'appeler effet-frontière ce facteur de réduction du trafic au passage d'une frontière.

L'ouverture prochaine du marché unique européen amène à s'interroger sur une éventuelle disparition ou à tout le moins une diminution de ces effets-frontière. Cela se traduirait notamment par un accroissement notable de la demande de transports de voyageurs que ce soit par voie ferrée, aérienne ou routière.

L'objet de cette étude est d'évaluer les évolutions passées de ces effets-frontière entre les différents pays européens et d'en déduire des scénarii d'évolution future.

## 2 METHODOLOGIE

Plus précisément, considérons un couple de villes A et B situées à l'intérieur d'un même pays à une distance  $d$ , pour lesquelles le trafic  $T_{AB}$  est supposé fonction de leurs taille et richesse respectives. Soit une ville B' de taille et richesse semblables à celles de B, située dans un pays voisin mais à même distance  $d$  de A, et  $T_{AB'}$  le trafic de voyageurs entre les villes A et B'. On définira l'effet frontière comme le rapport  $T_{AB} / T_{AB'}$ .

En supposant résolue la mesure du trafic observé  $T_{AB}$ , le problème consiste à estimer le trafic théorique en l'absence de frontière que représente la quantité  $T_{AB}$ . La solution qui vient à l'esprit est de pouvoir comparer chaque couple de villes A et B' séparées par une frontière, à un couple de villes A et B situées dans un même pays et comparable au couple AB en tailles et richesses respectives, ainsi qu'en distance. Cela devient malheureusement rapidement impraticable dans une évaluation systématique des effets frontière entre plusieurs couples de pays.

Nous avons donc privilégié la construction d'un modèle estimant le trafic entre deux villes A et B situées dans un même pays, connaissant leurs taille et richesse ainsi que leur distance. Appliqué à un couple de villes séparées par une frontière, ce modèle nous permettra d'estimer le trafic théorique entre ces deux villes et d'en déduire l'effet-frontière par comparaison avec le trafic observé.

Pour ce faire nous disposons de series chronologiques fournies par la SNCF, d'une part sur le trafic avion et train entre les grandes villes françaises, d'autre part des séries chronologiques de l'UIC sur un certain nombre de liaisons internationales. En outre il nous a fallu trouver une masse de données chiffrées tant nationales qu'internationales. Ces données ont été choisies en fonction de leur degré de transférabilité entre les modèles nationaux et internationaux que nous avons développés. Nous reproduisons en annexe n°1 les sources que nous avons utilisées.

La méthode se déroule en deux étapes

- dans une première étape nous estimons un modèle théorique national calé sur les données françaises
- dans une deuxième étape ce modèle est appliqué au niveau international pour estimer des valeurs de trafic théorique hors effet-frontière. Le rapport trafic estimé sur trafic observé pour chaque liaison internationale donnera la valeur de l'effet frontière sur cette liaison. Par une analyse chronologique, nous estimerons un profil de l'évolution de cet effet dans le temps pour l'ensemble des liaisons internationales choisies.

## 2.1 Un modèle gravitaire

Pour modéliser les déplacements entre deux villes nous avons opté pour la construction d'un modèle de type gravitaire. Ce dernier s'écrit dans son expression la plus simple de la manière suivante

$$T_{ij} = k \frac{M_i^a M_j^b}{D_{ij}^c}$$

ou  $T_{ij}$  = trafic entre les deux villes  $i$  et  $j$

$M_i$   $M_j$  = masses des villes  $i$  et  $j$

$D_{ij}$  = distance entre les villes  $i$  et  $j$

$a$ ,  $b$  et  $c$  = élasticités respectives aux masses et à la distance

$k$  = constante

D'une manière générale, on retrouve au numérateur les variables qui caractérisent l'attractivité ou la génération des flux de chacune des villes, et au dénominateur les variables de résistances qui freinent les relations entre ces deux villes.

Les données dont nous disposons que ce soit au niveau national ou international sont des flux de trafic entre deux villes, deux sens confondus, alors que du strict point de vue théorique il faudrait disposer de données non-symétriques origine-destination. Ces limitations nous imposent de considérer les élasticités  $a$  et  $b$  aux masses comme identiques pour la ville  $i$  et pour la ville  $j$ .

Pour faciliter la recherche de ces élasticités nous avons choisi de travailler à partir des logarithmes népériens. L'équation retenue est alors de la forme suivante

$$\ln(T_{ij}) = K + a \ln(M_i M_j) - c \ln(D_{ij}) \quad \text{avec } K = \ln(k)$$

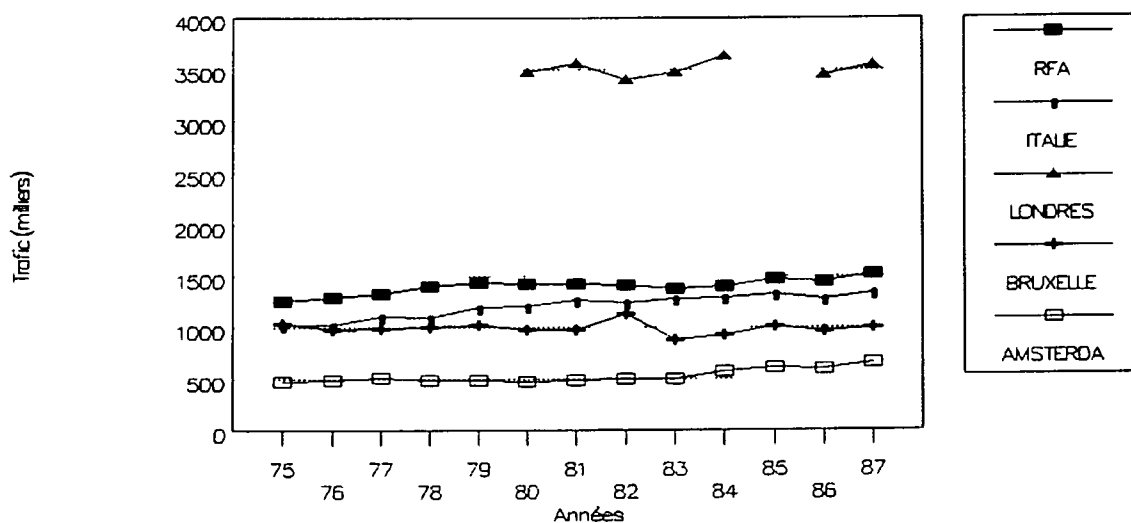
## 2 2 Les donnees internationales

Les pays sont tres inegalement representes, a la fois pour les trafics train et avion soit que pour une ville donnee nous ne disposons des trafics que pour un seul mode, soit que les chronologies sont trop incompletes Pour la plupart nous ne disposons de donnees train + avion que pour une seule ville (Paris Londres Bruxelles Amsterdam) tandis que la RFA est représentée par 6 villes Munich, Francfort, Dusseldorf, Hambourg, Cologne et Stuttgart

Nous presentons dans les graphiques suivants pour certains pays<sup>1</sup> l evolution du trafic train et avion entre 1975 et 1987

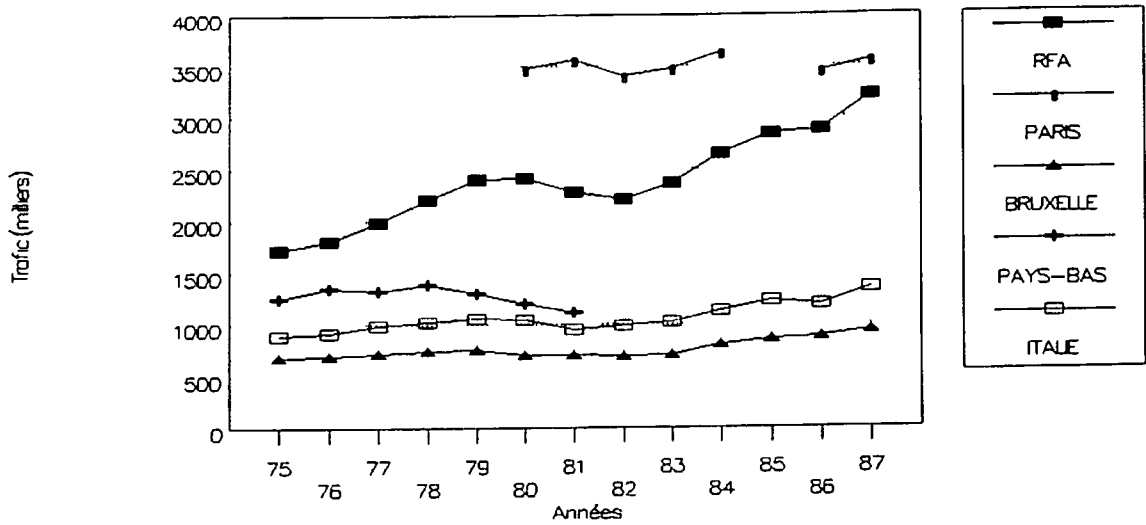
Les trois premiers graphiques presentent les villes ou pays avec lesquels les trafics internationaux sont les plus importants Paris, Londres et la RFA

Graphique 2 1 Evolution du trafic international train + avion avec PARIS

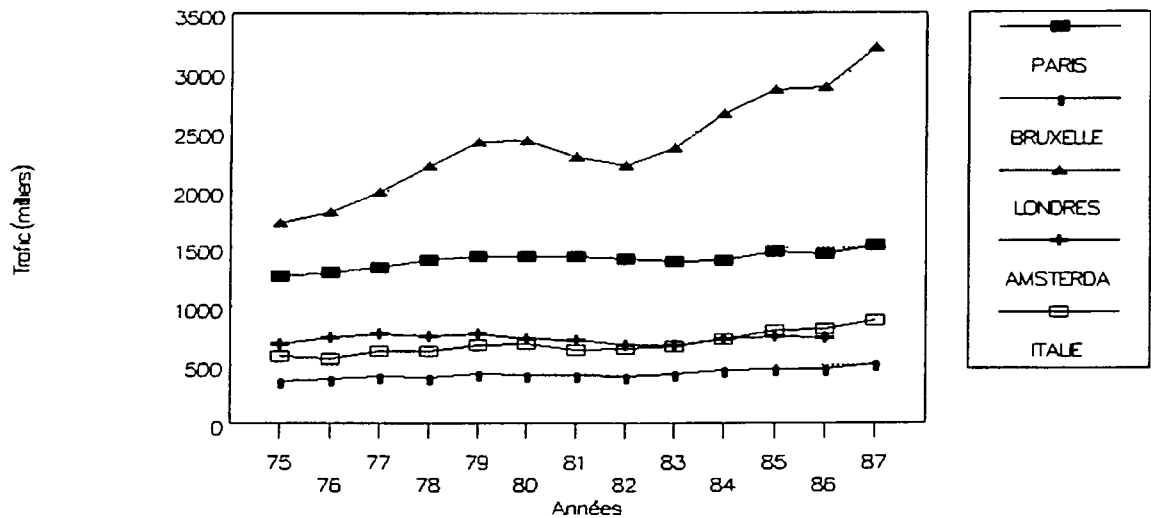


<sup>1</sup> Ces pays sont ceux sélectionnés pour la simulation cf 4ème partie

Graphique 2 2 Evolution du trafic international train + avion avec LONDRES



Graphique 2 3 Evolution du trafic international train + avion avec la RFA



Nous pouvons noter le niveau élevé du trafic entre Paris et Londres de l'ordre de 3,5 millions de voyageurs par an. Ce trafic est relativement stable dans le temps. Cette liaison est rejointe ces dernières années par le trafic Londres-RFA en très forte croissance, par rapport aux autres liaisons.

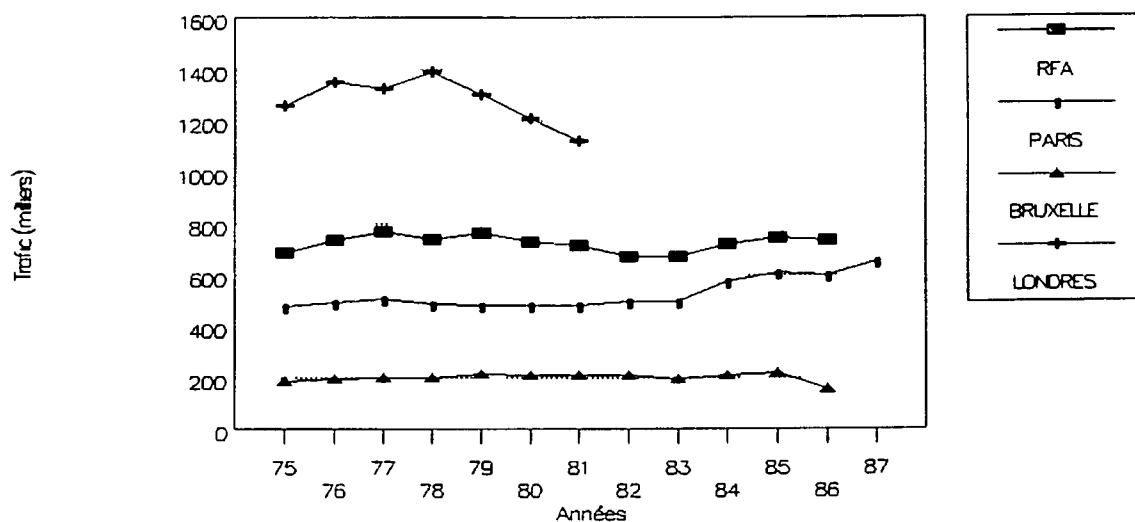
Ensuite, dans la plage de 1 à 1,5 millions de voyageurs par an, on trouve les trafics Paris-RFA et Londres-Italie, puis Paris-Italie, en croissance modérée sur la période. Londres-Pays-Bas en

decroissance jusqu'en 1981 (dernière donnée connue) et enfin Paris-Bruxelles en stagnation sur la période<sup>2</sup>

Dans la plage de trafic annuel train + avion inférieur à 1 million de voyageurs on trouve Londres-Bruxelles en croissance modérée Paris-Amsterdam dont la croissance démarre en 1984, RFA-Italie en croissance soutenue RFA Amsterdam en stagnation et Bruxelles-RFA en croissance modérée

Les trois graphiques suivants présentent les villes ou pays avec lesquels les trafics sont moins importants

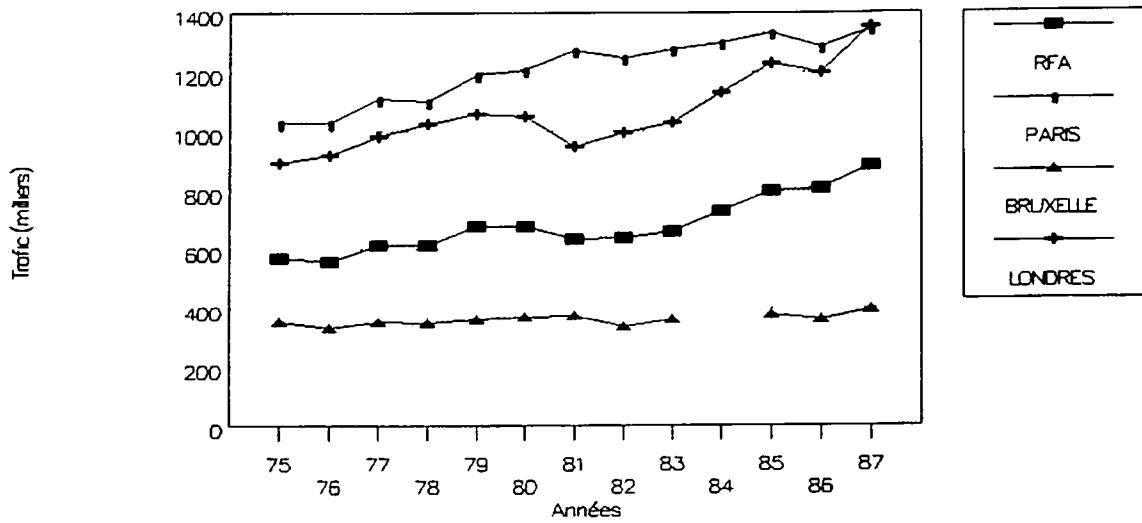
**Graphique 2.4 Evolution du trafic international train + avion avec les PAYS-BAS**



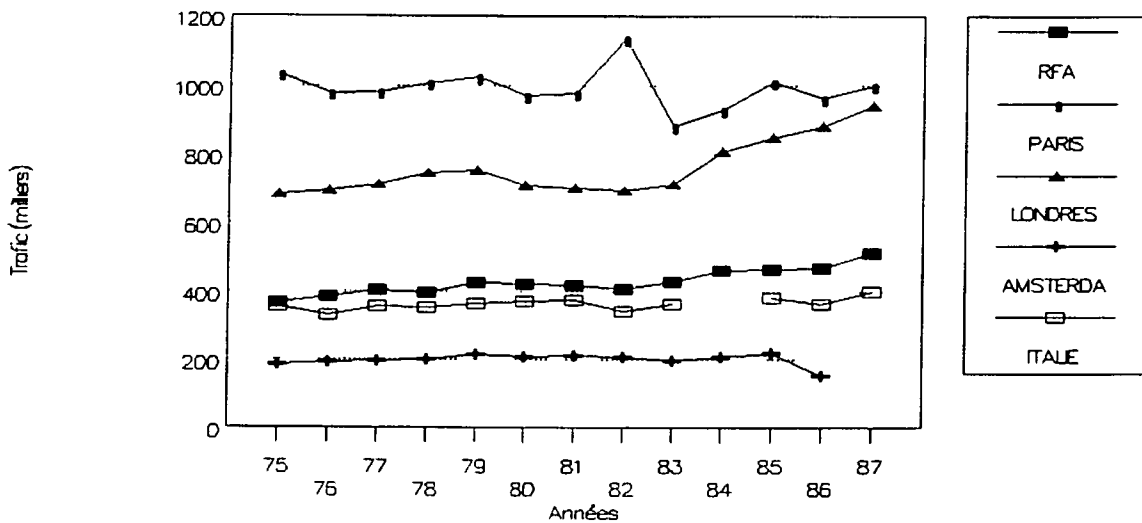
<sup>2</sup> Rappelons que le trafic n'inclut pas la voiture



Graphique 2 5 Evolution du trafic international train + avion avec l'ITALIE



Graphique 2 6 Evolution du trafic international train + avion avec BRUXELLES



Ce qui frappe au premier abord c'est la stagnation ou décroissance des trafics avec les Pays Bas (pour l'essentiel il s'agit d'Amsterdam, Rotterdam s'ajoutant pour Londres), excepté, nous l'avons vu, pour le trafic Amsterdam-Paris en croissance sur la dernière période

Le trafic avec l'Italie est toujours croissant si l'on excepte la relation avec Bruxelles qui stagne dans ce dernier cas il n'y a d'ailleurs pas de concurrence plausible de la voiture

Cette stagnation est confirmée pour la plupart des liaisons avec Bruxelles, excepté celles avec la RFA et avec Londres, en croissance sur la dernière période

Enfin nous pouvons noter pour l'ensemble des liaisons un tassement voire une décroissance du trafic entre 1978 et 1982. L'impact de la crise économique sur les déplacements internationaux semble ici évident. Cette constatation nous amènera à tenir compte de la richesse de la ville dans la fonction d'attractivité

En résumé le bilan d'évolution du trafic international est mitigé : si nombre de liaisons sont en situation de croissance du trafic train + avion, nombre d'entre elles sont en situation de stagnation ou décroissance, notamment avec Bruxelles et les Pays-Bas. Cette décroissance est loin de s'expliquer uniquement par un éventuel report sur la voiture pour laquelle nous ne disposons pas de statistiques

La croissance des trafics internationaux quand elle a lieu est surtout entretenue par la croissance du trafic aérien. Pour la plupart des couples de pays on constate en effet une stagnation voire une diminution absolue des déplacements ferrés<sup>3</sup>. Ce n'est toutefois pas le cas pour les liaisons Paris-Bruxelles et Amsterdam-Bruxelles où la part du train est très élevée : pour ces liaisons la concurrence joue en faveur du train.

Si cette part du train<sup>4</sup> avoisine les 80% sur Paris-Bruxelles et 50 à 60% sur Amsterdam-Bruxelles, elle est cependant en décroissance sur la période<sup>5</sup>. Cette décroissance ou stagnation de la part du train est confirmée pour toutes les autres liaisons. Nous trouvons d'abord un ensemble de liaisons où la part du train varie de 20 à 30% : Paris-Amsterdam, Paris-RFA, Paris-Italie, RFA-Bruxelles et Londres-Pays-Bas. Ensuite viennent des liaisons où la part du train est inférieure à 20% : Italie-Bruxelles, Londres-Bruxelles. Enfin celles où la part du train est inférieure à 10% : RFA-Londres, RFA-Italie, RFA-Pays-Bas et Londres-Italie.

### 2.3 Les données nationales

Au niveau national nous disposons de données sur les trafics de voyageurs, relatives aux trafics fer<sup>6</sup> et avion portant sur les neuf villes suivantes : Paris (PA), Nice (NI), Marseille (MA), Lyon (LY), Toulouse (TO), Bordeaux (BO), Nantes (NA), Montpellier (MO) et Lille (LI). Cela nous permet d'analyser le niveau des déplacements sur 36 liaisons, pour les trois années où nous disposons de données complètes, avion et train, à savoir de 1986 à 1988. Pour les années antérieures nous ne disposons que des trafics entre Paris d'une part et les huit villes de province d'autre part : trafic ville à ville SNCF pour certaines années jusqu'en 1982, trafic avion Paris-Province de 1975 à 1988.

Le graphique suivant montre en 1988 comment se répartissent les liaisons selon leur intensité de trafic et leur longueur (distance SNCF) : d'une part apparaît la position particulière de

<sup>3</sup> cf annexe n°2

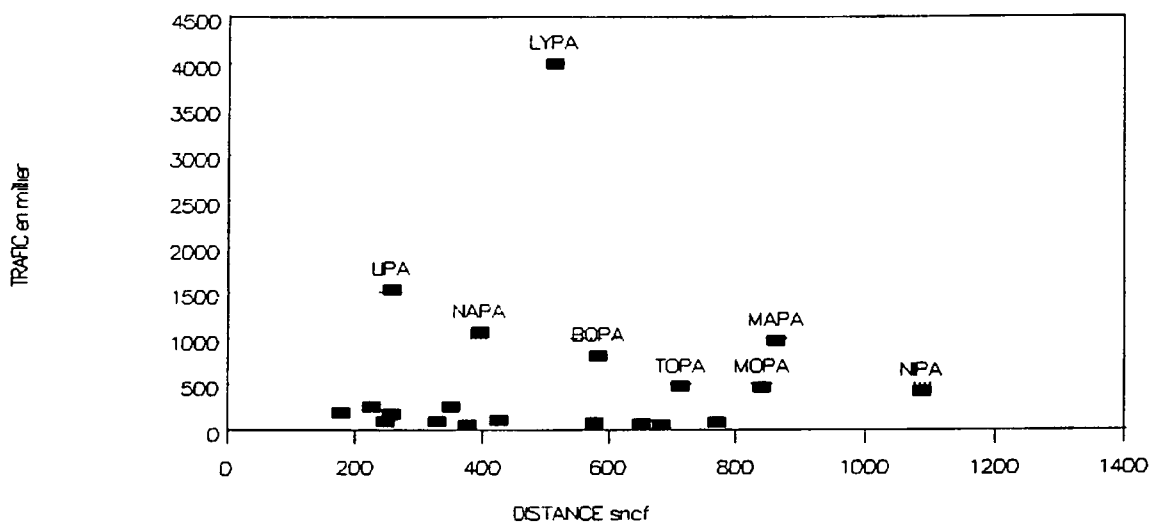
<sup>4</sup> cf l'évolution des parts du train par couples de pays en annexe n°3

<sup>5</sup> et même une chute statistiquement suspecte en 1986 sur Amsterdam-Bruxelles

<sup>6</sup> trafic ferroviaire de zone à zone : zonage SNCF

la ligne TGV Lyon-Paris avec 4 000 000 de voyageurs en 1988 d'autre part toutes les liaisons avec Paris se situent à un niveau supérieur de trafic relativement aux liaisons entre villes de province à distances similaires. Nous pouvons y voir un premier indice du poids ou de la centralité de Paris dans ces liaisons ferrées.

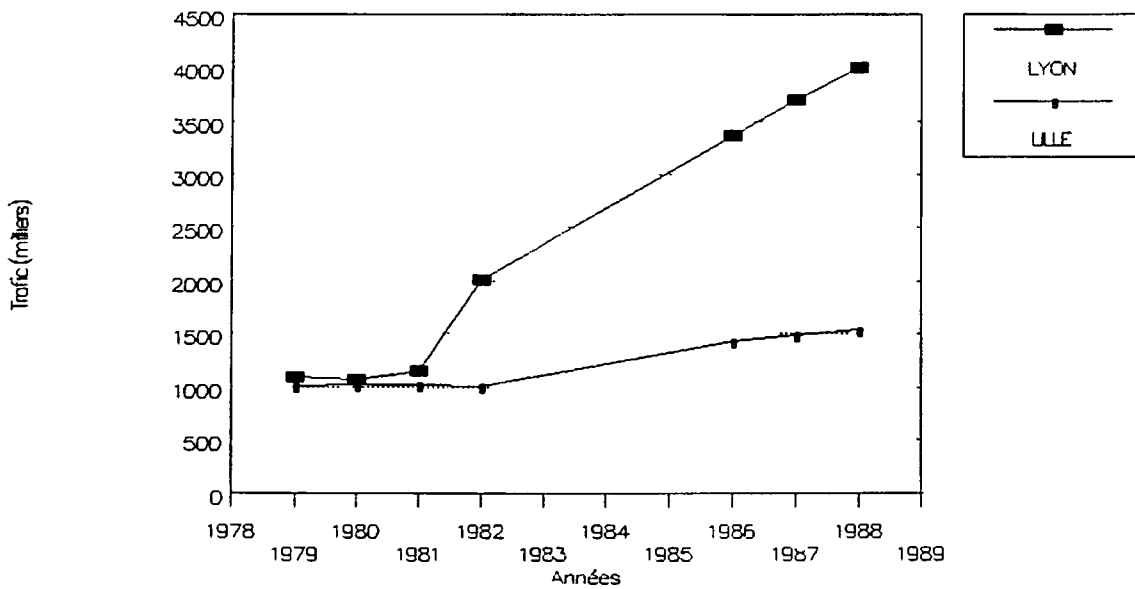
Graphique 2.7 Relation trafic-distance SNCF en 1988



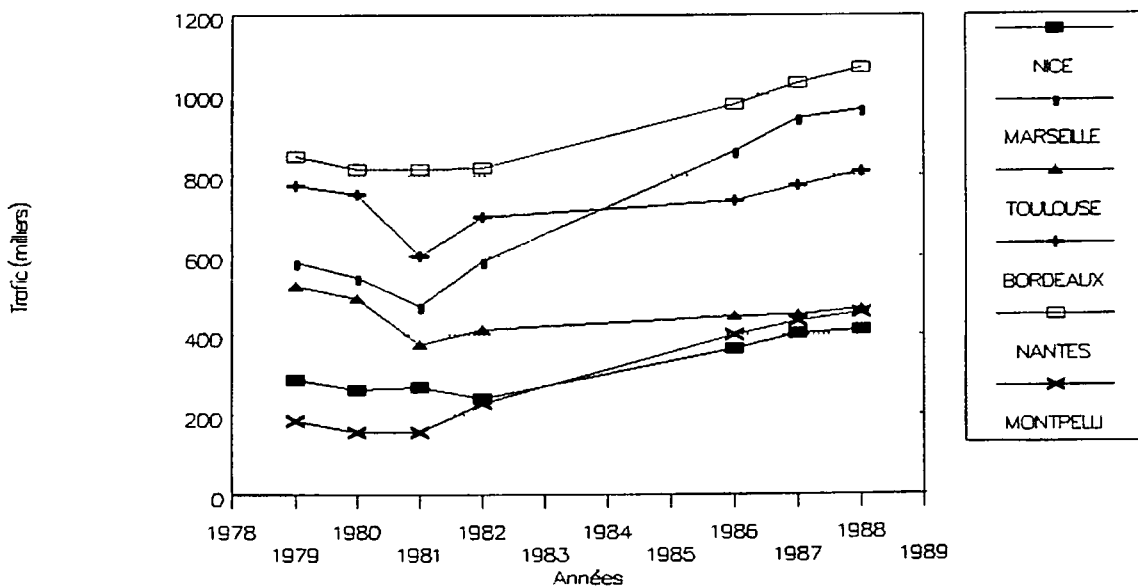
Comment évoluent les trafics train et avion au fil des années ? La description de ces évolutions ne peut être que partielle compte-tenu des données qui nous ont été fournies de 1979 à 1982 et de 1986 à 1988 pour le train, à comparer avec les données avion de 1979 à 1988, mais uniquement pour les liaisons Paris-Province.

Les deux graphiques suivants montrent l'évolution des trafics SNCF entre Paris et d'une part Lyon et Lille (respectivement 4 et 1,5 millions de voyageurs en 1988), et d'autre part les autres villes de province (de 400 000 à 1 million de voyageurs en 1988).

Graphique 2.8 Trafic SNCF Paris-Lyon et Paris-Lille



Graphique 2.9 Trafic SNCF Paris-autres villes

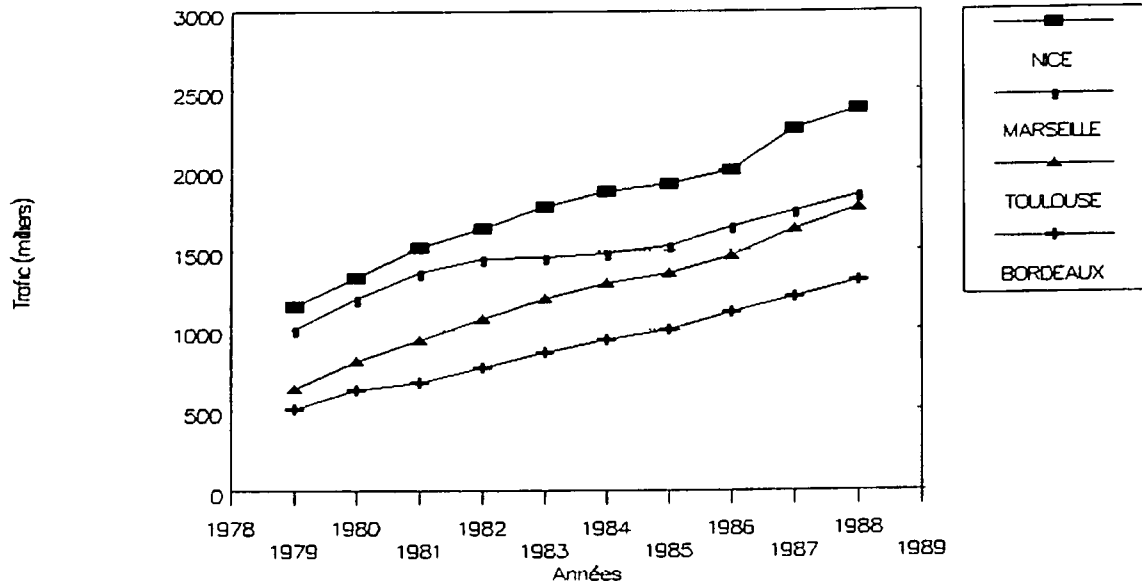


L'accélération de croissance sur Paris-Lyon apparaît très nettement à partir de la mise en service partielle du TGV fin 1981, accélération qui se maintient par la suite environ +250% entre 1981 et 1988. Par contre pendant la même période la croissance sur Lille est de 50%. Pour les autres villes nous constatons une décroissance jusqu'en 1981, 1982 pour Nice, avec ensuite une croissance générale mais inégale selon les villes. Les croissances les plus fortes sont pour les villes du réseau Paris-Sud-Est avec en tête Montpellier (+190% environ entre 1981 et 1988), Marseille (+104%) puis Nice (+55%), ces croissances peuvent être reliées à l'extension

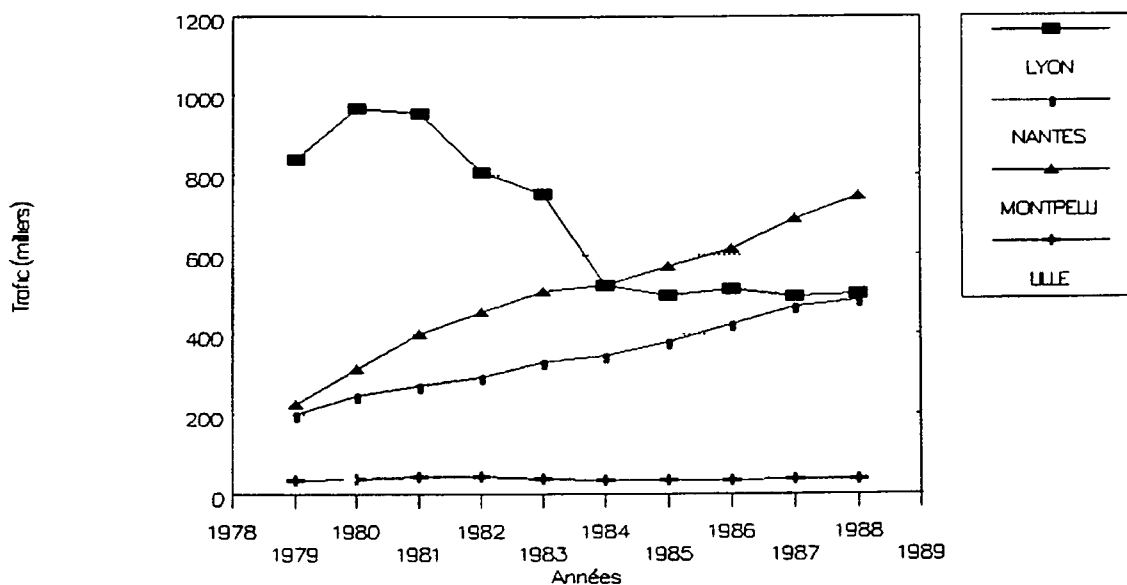
progressive du service TGV a ces villes viennent ensuite les autres villes non concernées par le TGV Sud Est, Bordeaux (+35%) Nantes (+31%) et Toulouse (+24%)

Les deux graphiques suivants montrent les évolutions des trafics avion sur ces mêmes liaisons Paris Province, sur la même période

Graphique 2 10 Trafic avion entre Paris et les principaux aéroports de province (1)



Graphique 2 11 Trafic avion entre Paris et les principaux aeroports de province (2)



L'effet TGV dans la concurrence entre modes apparaît très nettement, tout d'abord avec la chute brutale du trafic aérien entre Paris et Lyon à partir de 1981 pour se stabiliser à partir de 1984. Excepté pour Lille, les trafics aériens sur toutes les autres liaisons croissent mais inégalement, l'effet TGV apparaissant encore d'une part Marseille à la plus faible croissance sur 1981-1988 (+36%) puis Nice (+57%) qui joue plutôt le rôle d'une plate-forme aéroportuaire internationale, d'autre part Montpellier bien que concernée par le TGV à une croissance soutenue du trafic avion (+87%) et les autres villes Nantes (+79%), Toulouse (+89%) et Bordeaux (+96%).

La comparaison ci-dessous des taux de croissance 1981-1988 par mode et deux modes compris permet de nuancer d'éventuelles conclusions hâtives

- la croissance totale la plus forte s'observe curieusement pour Montpellier, juste devant Lyon si pour ces deux villes cette croissance est d'abord portée par le train (TGV), à Montpellier elle est également soutenue par l'avion, tandis qu'à Lyon le trafic avion décroît en valeur absolue,
- le trafic de Marseille se situe dans une structure de croissance comparable à celui de Montpellier avec toutefois la plus faible croissance de l'aérien si l'on excepte Lyon et Lille
- à Toulouse, Bordeaux et Nantes, cette croissance du trafic global est à l'inverse surtout portée par l'avion
- pour Nice la croissance du trafic est portée également par le train et l'avion,
- le trafic de Lille est essentiellement caractérisé par le mode train

Croissance du trafic avec Paris entre 1981 et 1988

	SNCF	Avion	Total
Montpellier	+ 191%	+ 87%	+ 116%
Lyon	+ 248%	48%	+ 114%
Toulouse	+ 24%	+ 89%	+ 70%
Bordeaux	+ 35%	+ 96%	+ 67%
Nice	+ 55%	+ 57%	+ 57%
Marseille	+ 104%	+ 36%	+ 53%
Lille	+ 50%	- 14%	+ 47%
Nantes	+ 31%	+ 79%	+ 43%

Cette description des évolutions des trafics nationaux nous amène à quatre remarques importantes pour la construction du modèle

la croissance du trafic global peut être liée à la croissance économique nationale, qui redémarre notamment à partir de 1981, d'où l'opportunité de retenir la richesse comme variable explicative du trafic dans le modèle

- cette croissance est également portée par un 'effet d'offre' comme le montre l'accélération du trafic SNCF sur le Sud-Est, cet effet d'offre devrait être pris en compte dans l'analyse de l'évolution des trafics internationaux sous réserve de données disponibles,
- cet effet d'offre joue également en termes de concurrence inter-modale, pouvant produire des croissances différenciées de trafic global,
- cet effet d'offre joue également dans la structure du réseau en termes de centralité parisienne propre à la France et qu'il faudrait éviter de transposer à l'international

### 3 LES MODELES FRANÇAIS

Nous devons donc dans un premier temps établir une relation permettant de reconstituer les trafics de voyageurs entre les neuf villes nationales pour lesquelles nous disposons des données de trafic, pour les années 1986 à 1988

Nous avons dans un premier temps considéré séparément les modes train et avion. En effet dans l'optique d'une prévision des effets-frontière sur les trafics internationaux, nous avons tenu compte du fait que les clientèles de ces deux modes sont bien différentes. Notamment pour les longues distances (au-delà de 400 km), il est probable que l'avion prend la plus grande part d'une clientèle d'affaires ou touristique de haut de gamme, clientèle pour laquelle les barrières culturelles ou linguistiques jouent un rôle moins important. Notre hypothèse de travail était donc que ces effets-frontière devraient être différents dans leur évolution future selon que l'on considère le train ou l'avion.

Toutefois les difficultés que nous avons rencontrées dans la mise au point du modèle avion national nous ont amenés à revenir sur cette hypothèse de travail et à établir un modèle national bimodal. Par conséquent nous présentons ci-dessous les résultats pour les modèles train seul, avion seul, puis train et avion réunis.

Pour la mise au point des modèles, nous avons joué sur les liaisons retenues, sur différentes contraintes relatives aux distances et aux valeurs du temps, et sur le choix des diverses variables explicatives.

Nous présentons l'ensemble des essais qui ont été effectués. On notera que nous avons utilisé pour ces essais des indicateurs de richesse de type "Produit Intérieur Brut régional" (en FF). Pour chacun des modèles fer seul, avion seul et train plus avion, nous avons ainsi cherché à évaluer les élasticités en prenant le PIB régional de l'année 1984, année correspondant aux derniers chiffres régionaux publiés.

Puis pour finaliser le modèle train plus avion et notamment étudier la dynamique d'évolution des élasticités sur les années 1986 à 1988 nous avons considéré un même PIB régional actualisé (toujours en FF).

Ces modèles conduisent donc à des résultats qui ne sont donc pas directement exploitables au niveau international. Ce dernier niveau nécessitera d'utiliser des indicateurs de richesse comparables entre tous les pays que nous avons retenus (en ECU) et donc de "traduire" le modèle national au niveau international.

Dans tous les tableaux récapitulatifs des résultats une partie des intitulés de colonnes sont identiques.

La colonne LIAISONS spécifie les liaisons retenues.

"TOUTES" les 36 liaisons ont été retenues.

"Sans LYPA" sans Lyon-Paris.

"Sans Lille" toutes les liaisons avec Lille ont été supprimées.

La colonne CONTRAINTES elles portent sur les points suivants.

'neant' aucune contrainte.

"DVOL" contrainte sur la distance à vol d'oiseau ( $DVOL > 400$  km).

"hTr" valeur horaire du temps train ( $hTr = 90$  francs).

'hTa" valeur horaire du temps avion.

'Z a Z" trafic zone à zone pour le train.

"V a V" trafic ville à ville pour le train.

La colonne TRAFIC Les données de trafic sont relatives aux années 1988, 1987 ou 1986.

La colonne R indique le coefficient de corrélation multiple au carré.

La colonne CORREL indique la corrélation constatée entre les deux variables explicatives retenues.

La colonne CSTE indique le logarithme neperien de la constante.



Les variables explicatives seront décrites pour chacun des trois modèles testés

### 3 1 Les modèles TRAIN

Les variables explicatives suivantes ont été testées

#### Variables d'attractivité

Nous avons considéré plusieurs types d'attractivité

a) La zone de "chalandise" du train est limitée à l'agglomération urbaine

- l'attractivité est mesurée par la richesse de l'agglomération urbaine, faute de données plus précises, cette richesse urbaine ne peut être mesurée qu'à partir du PIB régional rapporté à l'agglomération

$$LATT = \ln \left[ \left( \frac{\text{PIB régional 1984}}{\text{Pop régionale}} \right) * \text{Pop urbaine} \right]$$

l'attractivité est mesurée par la population de l'agglomération urbaine

$$OD86 = \ln \left[ \text{Population urbaine} \right]$$

b) La zone de "chalandise" du train est étendue à la région. Cette hypothèse est probablement non pertinente au niveau national (trafic entre zones SNCF) elle se justifie par le passage au niveau international, l'"hinterland" d'une grande ville européenne peut être raisonnablement étendu à sa région pour ce qui est des trafics internationaux par fer

- l'attractivité est mesurée par la richesse de la région d'appartenance de l'agglomération urbaine

$$LP84 = \ln \left[ \text{PIB régional 1984} \right]$$

l'attractivité est mesurée par la population de la région d'appartenance de l'agglomération urbaine

$$LPOR = \ln \left[ \text{population régionale} \right]$$

#### Variables de résistance

Plusieurs variables de résistance ont été testées

- le temps<sup>7</sup>  $LT88 = \ln \left[ \text{temps de transport SNCF} \right]$

- la distance  $LDIS = \ln \left[ \text{distance tarifaire SNCF} \right]$

- des fonctions de coût généralisées combinant tarif et temps

$$CG90 = \ln \left[ 0,6F * \text{Distance} + 90F * \text{Temps de parcours 1988} \right]$$

$$CG30 = \ln \left[ 0,6F * \text{Distance} + 30F * \text{Temps de parcours 1988} \right]$$

$$CG100 = \ln \left[ 0,6F * \text{Distance} + 100F * \text{Temps de parcours 1988} \right]$$

Les résultats obtenus pour le train seul (cf tableau) conduisent aux réflexions suivantes

Nous constatons tout d'abord que quelques soient les liaisons retenues et les contraintes imposées, nous n'obtenons pas de  $R^2$  inférieur à 0,85. Le modèle gravitaire s'applique donc bien à la description du mode ferré

<sup>7</sup> Temps et distance SNCF proviennent de l'Indicateur Officiel Ville à Ville SNCF 1987-1988. Pour le temps il s'agit du meilleur temps (notamment par TGV sur certaines liaisons nationales à grande distance). Pour les changements de gare à Paris il a été appliqué une pénalité forfaitaire de 3 heures.

Lorsque nous retenons toutes les liaisons

- nous constatons que nous obtenons un bon  $R^2$  (0,89) entre le trafic d'une part, et les variables d'attractivité urbaine (LATT) et de distance séparant les villes (LDIS) d'autre part  
la prise en compte d'un coût généralisé (coût du voyage + temps du parcours \* valeur horaire du temps) n'améliore que très faiblement le  $R^2$
- le fait de considérer comme variable de résistance le temps, et non plus la distance, améliore quelque peu la régression
- le fait de ne considérer que les liaisons inférieures à 500 km, pour lesquelles la concurrence de l'avion se fait moins sentir agit également positivement sur la qualité de la régression
- la prise en compte d'autres variables d'attractivité qui ne tiennent compte que de la population ou plus globales au niveau de la région conduit à de moins bonnes régressions

Enfin l'étude des liaisons dont l'estimation s'écarte significativement de l'observation, nous amène à de nouveaux calculs en ôtant certaines villes ou certaines liaisons

En ôtant la liaison Paris-Lyon, où l'effet d'offre est très particulier (effet TGV), nous constatons une diminution du  $R^2$ . Par sa spécificité (cf Graphique 2.7) cette liaison joue un rôle particulier dans le calage du modèle : en absorbant une part importante de la variance, elle améliore de manière illusoire la qualité de la régression

En ôtant les liaisons avec Lille, ville très proche de Paris (concurrence de la voiture) et très éloignée de la plupart des autres villes, nous obtenons une régression de bien meilleure qualité. Par sa qualité particulière d'offre en liaisons ferroviaires ou aériennes, Paris est susceptible d'intégrer Lille dans sa zone de chalandise

En ôtant Paris, donc en annulant l'effet de centralité que crée la capitale, nous améliorons également le  $R^2$

En résumé

- il n'est pas nécessaire de considérer le coût généralisé : le temps ou la distance suffisent
- pour décrire l'attractivité d'une ville, l'indicateur de richesse urbaine semble être le plus pertinent
- il nous faudra probablement ôter certaines liaisons (ex : Lille) et traiter spécifiquement le cas de l'effet-capitale de Paris

## TRAFIC TRAIN

LIAISONS	CONTRAINTES	TRAFIC	R	CORRE	CSTE	LATT	LT88 temps	LDIS	CG90	CG30	CG100	OD86	LP84	LPOR
TOUTES	néant	1988	0 89	0 05	13 2	0 88		1 57						
	hTr= 90	1988	0 90	0 06	6 9	0 77			1 90					
	hTr= 30	1988	0 89	0 02	10 1	0 83				1 82				
	hTr= 100	1988	0 90	0 07	-6 6	0 76					1 91			
	néant	1988	0 91	0 26	14 8	0 70	1 69							
	DVOL<500 km	1988	0 93	0 12	11 0	0 81		1 54						
	DVOL<500 km	1988	0 96	0 13	6 4	0 71			1 71					
	néant	1986	0 86	0 07	12 2			1 67				1		
	néant	1988	0 86	0 07	12 9			1 57				1		
	néant	1988	0 89	0 26	14 4		1 70					0 79		
	néant	1986	0 88	0 26	13 9		1 77					0 77		
	néant	1986	0 86	0 06	16 8					-1 98				2 03
	néant	1986	0 93		36 4					1 79			4 9	4 62
	néant	1986	0 89	0 04	-1 0					1 92			1 54	
	néant	1986	0 87	0 03	10 2					1 75		0 94		
	néant	1986	0 88	0 11	7 6				-1 80			0 88		
Sans LYPA	néant	1986	0 86	0 05	7 1				1 77			0 86		
	néant	1986	0 86	0 01	9 5					1 73		0 9		
Sans LILLE	néant	1988	0 95	0 25	14 4	0 92		1 54						
	néant	1988	0 97	0 17	15 6	0 73	1 56							
	DVOL<500 km	1988	0 96	0 17	-8 0	0 70			1 39					
Sans PARIS	néant	1988	0 93	0 07	13 7	0 86		-1 37						
Sans LILLE Sans PARIS	néant	1988	0 87	0 12	12 3	0 88		1 70						

PIB REGIONAL 1984

### 3 2 Les modèles AVION

#### Variables d'attractivité

Comme pour le train plusieurs variables d'attractivité ont été testées

#### a) zone de chalandise "urbaine"

- richesse urbaine

$$LATT = \ln [ ( \text{PIB régional 1984} / \text{Pop régionale} ) * \text{Pop urbaine} ]$$

#### b) zone de chalandise 'regionale' (la plus pertinente pour l'avion)

- population brute LPOR =  $\ln[\text{Population regionale}]$

- richesse brute LP84 =  $\ln[\text{PIB regional 1984}]$

Ces deux variables présentent une trop grande dépendance par rapport au découpage géographique

- la richesse moyenne / habitant a l'avantage de représenter un indice de richesse d'une région quelle que soit sa population

$$LPRH = \ln[\text{PIB régional 1984} / \text{Pop regionale}]$$

#### Variables de résistance

Ont été testées les sensibilités au temps et à la distance, en prenant comme hypothèse une proportionnalité du coût à la distance, hypothèses peu pertinentes en fait comme nous allons le voir

#### a) le temps

$$LDUA = \ln[\text{temps de transport aérien}]$$

#### b) la distance-coût

$$LDVO = \ln[\text{distance vol d'oiseau}]$$

Le tableau récapitulatif des résultats obtenus pour l'avion seul amène à plusieurs constats

Nous obtenons des régressions acceptables ( $R^2$  supérieur à 0,8) lorsque nous imposons une contrainte sur la distance ( $DVOL > 400\text{km}$ ) le modèle fonctionnerait correctement à partir du moment où on se place dans un domaine de concurrence réaliste entre train et avion

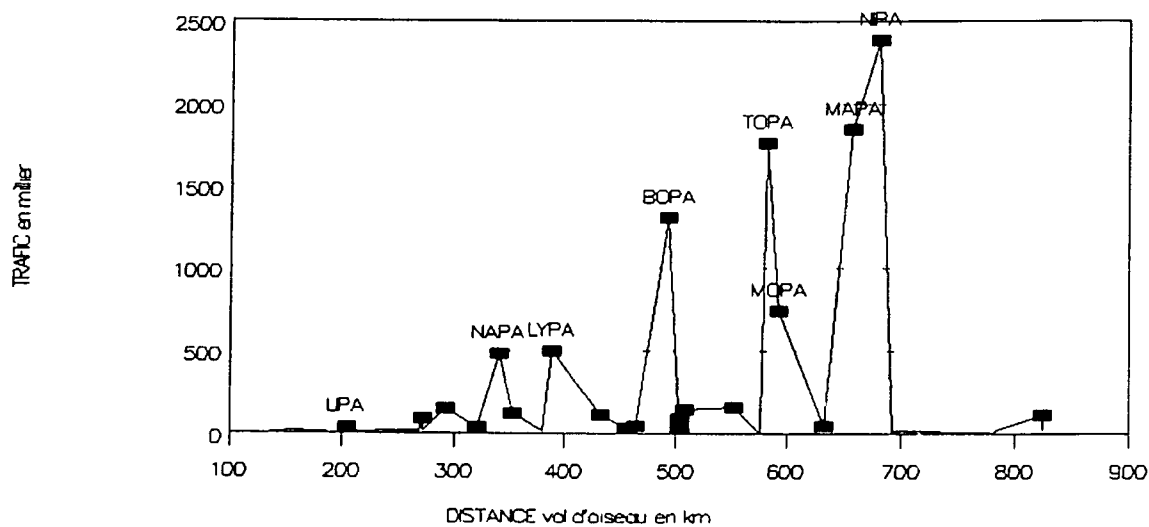
La valeur des élasticités semble très dépendante des années sur lesquelles l'analyse est effectuée. Est-ce dû à l'évolution de la richesse et dans ce cas il faudrait caler le modèle avec un PIB actualisé chaque année ?

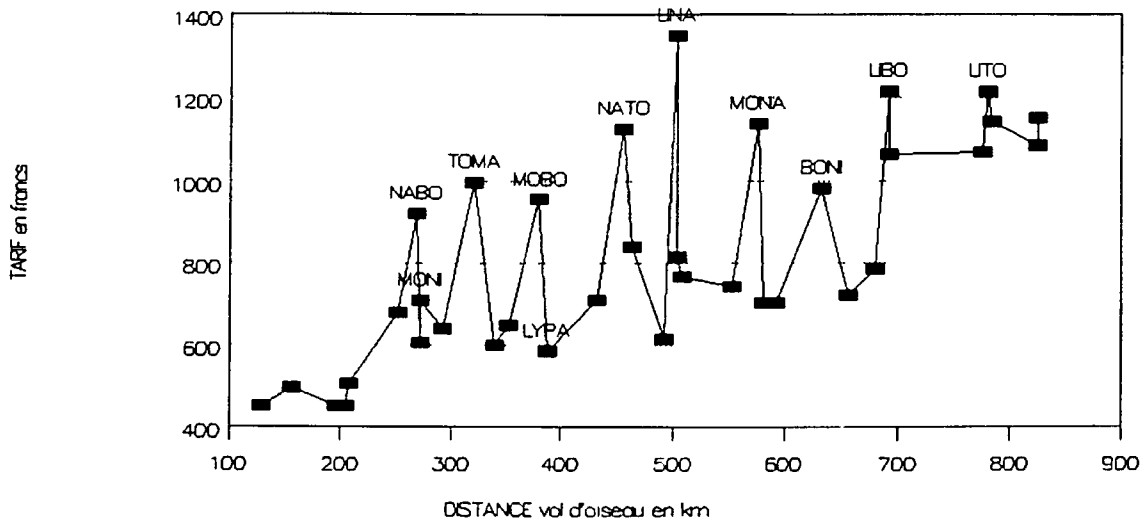
L'une des meilleures régressions est obtenue lorsque nous considérons les seules liaisons Paris-Province. Mais les temps de déplacement étant très proches quel que soient les liaisons considérées, nous obtenons une instabilité des variables qui conduisent à des élasticités peu pertinentes : une élasticité positive au temps de parcours !

En fait comme nous le voyons sur les graphiques suivants la structure tarifaire et la demande n'ont rien de régulier selon la distance. L'offre nationale en avion est essentiellement

radiale a partir de Paris ses caractéristiques la rendent très penalisante en coût relatif pour les liaisons transversales Le modele gravitaire classique fonction de la distance ou du coût est inoperant pour un modele avion en France compte tenu de l'offre actuelle

Graphique 2.12. Trafic aérien national selon la distance a vol d'oiseau (France)



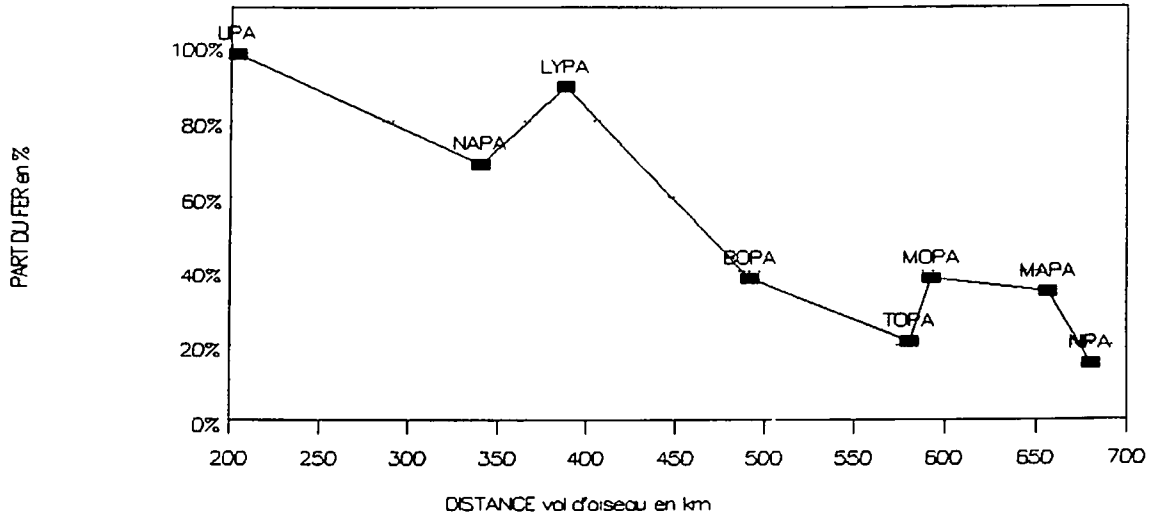
Graphique 2 13 Tarif aerien<sup>1</sup> selon la distance à vol d oiseau (France)

Cette relative impossibilité à définir un modèle avion national nous amène à revenir sur la méthode nous allons chercher à caler un modèle national bi-mode (avion + fer), qui servira de base théorique aux simulations d'effets-frontière au niveau international. La redistribution des trafics entre train et avion pourra se faire par une courbe de partage modal en fonction du temps de parcours train.

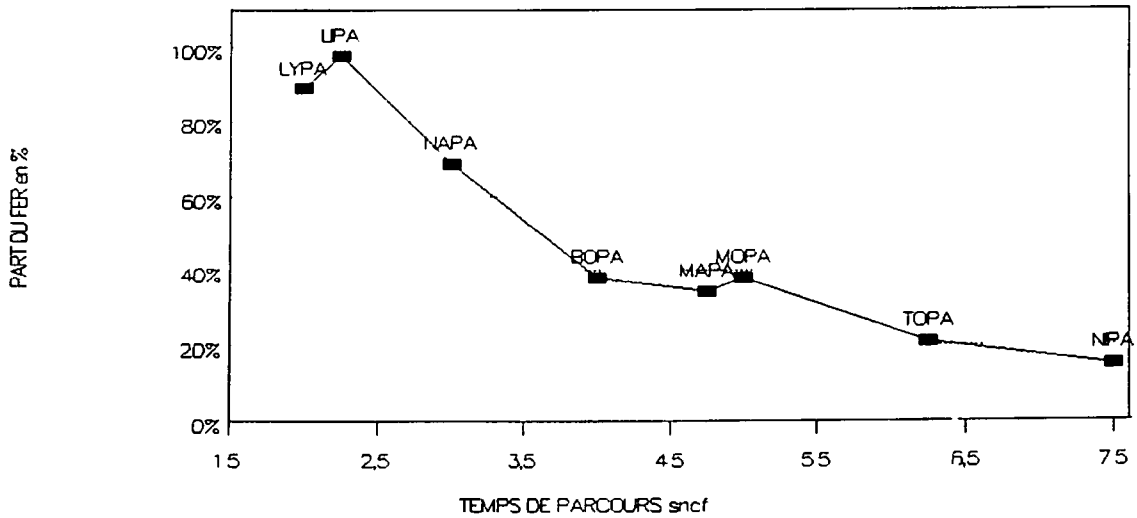
En effet les deux graphiques suivants montrent ce partage modal entre train et avion pour les liaisons Paris-Provence pour l'année 1988 : d'une part en fonction de la distance SNCF, d'autre part en fonction du meilleur temps de parcours SNCF.

<sup>1</sup> Source Air Inter cf annexe 1

**Graphique 2 14 Part du fer dans le trafic train+ avion, selon la distance tarifaire SNCF entre Paris et Province (1988)**



**Graphique 2 15 Part du fer dans le trafic train+ avion, selon le meilleur temps de parcours SNCF entre Paris et Province (1988)**



Le graphique par rapport à la distance montre des discontinuités dues aux trajets TGV Paris Lyon Paris Montpellier et Paris-Marseille ces discontinuités sont par contre fortement amoindries si l'on considère le meilleur temps de parcours La meilleure courbe de partage modal, tenant compte des effets TGV, est donc celle en fonction du temps de parcours soit

$$\%fer = 100 \times 1,85 \times \exp(-0,34 \times \text{temps SNCF}) \quad (R^2 = 0,97)$$

**En résumé**

la définition de domaines de concurrence 'réaliste' (contraintes sur la distance) conduit à de meilleurs modèles

- il semble plus pertinent de caler un modèle bi-modal train et avion confondus,
- sur des liaisons où l'offre aérienne est similaire (Paris Province) le partage modal train-avion peut être décrit par une fonction simple du temps de parcours SNCF



## TRAFIC AVION

LIAISONS	CONTRAINTES	TRAFIC	R	CORREL	CSTE	LATT	LDUA temps	LDVO	LPRH	LP84
TOUTES	néant	1986	0 67	0 14	14 8		0 66			1 67
	néant	1988	0 64	0 04	16 2		0 53			1 80
	DVOL>400km	1986	0 84	0 11	18 3			1 23	7 18	
	néant	1986	0 75	0 17	24 0			1 00	5 85	
	néant	1988	0 68	0 06	19 9			0 84		1 78
	DVOL>400km	1986	0 90	0 23	12 4			2 26		2 48
	DVOL>400km	1988	0 89	0 06	10 4			-2 66		2 49
	DVOL>400km	1986	0 88	-0 04	21 3		1 54			2 30
	DVOL>400km	1988	0 86	-0 10	22 1		1 21			2 38
Sans LILLE	DVOL>400km	1986	0 93	0 34	9 3			2 87		2 48
	DVOL>400km	1988	0 93	0 06	19 3		1 94			2 16
PARIS seul	néant	1988	0 90	0 17	11 5			3 15		0 25
	néant	1988	0 94	0 09	6 7		6 48			0 03

PIB REGIONAL 1984

### 3 3 Les modeles TRAIN + AVION

#### Variables d attractivite

Nous avons choisi une variable commune aux modeles train et avion, a savoir de richesse urbaine

$$LATT = \text{Ln} [ ( \text{PIB régional 1984} / \text{Pop regionale} ) * \text{Pop urbaine} ]$$

#### Variables de resistance

Nous avons teste d'une part une variable simple de distance d'autre part des variables plus complexes de coût généralisé tenant compte des differentes structures tarifaires entre le train et l'avion

a) la distance considerée est celle a vol d oiseau la distance SNCF n ayant ici pas grand sens

$$LDVO = \text{Ln} [ \text{distance vol d oiseau} ]$$

b) trois fonctions de coût généralisé avec des valeurs horaires du temps variables selon le train et l'avion

$$LCTT = \text{Ln} [ ( \% \text{ train} * ( 0,6F * \text{Dist FER} + 90F * \text{Temps FER 1988} ) + ( \% \text{ avion} * ( \text{COUT AVION} + 90F * \text{Temps AVION} ) ) ) ]$$

$$LCT2 = \text{Ln} [ ( \% \text{ train} * ( 0,6F * \text{Dist FER} + 60F * \text{Temps FER 1988} ) + ( \% \text{ avion} * ( \text{COUT AVION} + 120F * \text{Temps AVION} ) ) ) ]$$

$$LCT3 = \text{Ln} [ ( \% \text{ train} * ( 0,6F * \text{Dist FER} + 30F * \text{Temps FER 1988} ) + ( \% \text{ avion} * ( \text{COUT AVION} + 180F * \text{Temps AVION} ) ) ) ]$$

#### Les resultats

La prise en compte d un coût generalisé (coût du voyage + temps du parcours \* valeur horaire du temps) n améliore que tres faiblement le  $R^2$

Lorsque nous accroissons la différence entre la valeur horaire du temps train et celle de l'avion au profit de ce dernier la qualite de la regression diminue

Si nous imposons une contrainte sur la distance (superieure ou inferieure a 400km) alors l'elasticite à la variable de resistance varie grandement (-3,5 contre -0,77) Par contre, l'élasticité à la variable d'attractivite demeure relativement constante (0,72 à 0,79) Sur les grandes distances, le poids de l'avion est très fort ce qui explique les niveaux d'elasticites eleves constatés sur la variable de resistance

Si nous considerons les liaisons pour lesquelles la part du train est superieure à 50 %, nous obtenons une élasticite à la distance très faible Nous rencontrons ici le problème des liaisons ou la concurrence entre les modes ferre et aerien est quasi-inexistante au profit du train

Si nous considerons des liaisons spécifiques en ôtant Lille ville très proche de Paris et tres éloignée de la plupart des autres villes nous obtenons une régression de bien meilleure

qualité pour l'année 1988, mais moins bonne pour l'année 1986. La valeur des élasticités semble très dépendante des années sur lesquelles l'analyse est effectuée.

Ces considérations nous incitent d'une part à introduire l'évolution de la richesse chaque année à travers les PIB régionaux actualisés, d'autre part à introduire des contraintes définissant des domaines de concurrence réaliste entre train et avion et excluant autant que faire se peut la voiture. Enfin les liaisons au départ de Lille seront probablement à exclure, de même que le cas atypique de Nice par son caractère de plate-forme aéroportuaire internationale de la "French Riviera".

## TRAFIC TOTAL TRAIN + AVION

LIAISONS	CONTRAINTES	TRAFIC	R	CORREL	CSTE	LATT	LOVO	LDIS	LCTT	LCT2	LCT3
Toutes villes	néant	1988	0 83	0 13	20 4	0 98	1 08				
	hTr=90 hAv=90	1988	0 85	0 17	12 8	0 87			1 36		
	hTr=60 hAv=120	1988	0 83	0 10	15 5	0 89				1 11	
	hTr=30 hAv=180	1988	0 80	-0 03	18 4	0 92					-0 82
	DVOL > 400 km	1988	0 89	-0 67	4 7	0 79			-3 50		
	DVOL < 400 km	1988	0 94	-0 14	12 3	0 72			0 77		
	DVOL > 500 km	1988	0 89	-0 71	7 9	0 79			3 99		
	% TRAIN > 50%	1988	0 92	0 17	25 3	1 00	0 15				
Sans LILLE	néant	1988	0 93	0 33	22 3	1 02	0 90				
	néant	1986	0 81	0 16	18 0	0 96	1 15				
	DVOL > 400 km	1988	0 90	0 73	10 6	0 77			4 28		
Sans PARIS	néant	1988	0 62	0 21	13 6	0 79	-1 36				
Sans LILLE Sans PARIS	néant	1988	0 80	0 02	18 5	0 92	1 08				
Sans LYPA MONA MANA LIBO LIMO LITO LIMA	néant	1988	0 91	0 03	16 5	0 84			0 63		
	DVOL > 400 km	1988	0 94	0 70	20 4	0 96			0 62		
PARIS SEUL	néant	1988	0 71	0 45	-17 6	0 66	0 66				

PIB REGIONAL 1984

### 3 4 Les modeles TRAIN + AVION avec les PIB regionaux actualisés

#### Variables d'attractivite

Nous avons retenus uniquement l'indicateur de PIB urbain actualisé<sup>1</sup> pour chacune des trois années

$$\text{LAT8} = \text{Ln} [ (\text{PIB régional 1988} / \text{Pop régionale}) * \text{Pop urbaine} ]$$

$$\text{LAT7} = \text{Ln} [ (\text{PIB régional 1987} / \text{Pop régionale}) * \text{Pop urbaine} ]$$

$$\text{LAT6} = \text{Ln} [ (\text{PIB régional 1986} / \text{Pop régionale}) * \text{Pop urbaine} ]$$

#### Variables de resistance

Distance a vol d'oiseau LDVO = Ln [ distance vol d'oiseau ]

#### Les résultats

L'analyse du tableau récapitulatif nous montre que

L'élasticité des trafics à la variable d'attractivité urbaine est relativement stable dans le temps. Nous constatons par contre une diminution de l'élasticité des trafics à la distance au cours des trois années.

De plus, nous avons comparé les résultats des régressions selon la prise en compte de données SNCF recensées de "ville à ville" ou de "zone à zone" (zonage SNCF). Le raisonnement en "ville à ville" ou en "zone à zone" ne modifie guère les résultats.

Le fait de raisonner sur des liaisons supérieures à 240 km améliore les régressions. La définition d'un domaine de concurrence restreint à l'avion et au train améliore le modèle.

Si l'on ôte les villes de Nice ou Lille ou Nice et Lille nous améliorons grandement la qualité de la régression.

---

<sup>1</sup> Ne disposant pas des données Eurostat récentes par région à cette phase de l'étude, l'actualisation s'est faite par projection des PIB régionaux de 1984 à partir du taux national d'inflation.

## TRAFIC TOTAL TRAIN + AVION

LIAISONS	CONTRAINTES	TRAFIC	R	CORREL	CSTE	LDVO	LAT8	LAT7	LAT6
Toutes villes	DVOL > 240 km Z a Z	1988	0 84	0 09	23 82	1 24	1 11		
	DVOL > 240 km Z a Z	1987	0 83	0 09	23 48	1 33		1 11	
	DVOL > 240 km Z a Z	1986	0 84	0 09	23 61	1 42			1 13
	néant V a V	1988	0 81	0 13	20 9	1 05	0 98		
	néant V a V	1987	0 82	0 13	20 3	1 15		0 98	
	néant V a V	1986	0 81	0 13	20 2	1 25			0 99
	DVOL > 240 km V a V	1988	0 83	0 09	24 12	-1 26	1 12		
Sans NICE	DVOL > 240 km Z a Z	1988	0 91	0 06	24 71	1 71	1 19		
	DVOL > 240 km V a V	1988	0 90	0 06	24 47	1 77	1 20		
Sans LILLE	DVOL > 240 km Z a Z	1988	0 93	0 20	-25 38	-0 61	1 07		
	DVOL > 240 km V a V	1988	0 94	0 20	25 90	0 55	1 07		
PARIS PROVINCE	DVOL > 240 km Z a Z	1988	0 73	0 28	16 31	0 37	0 66		
PARIS-PROVINCE Sans LYON	DVOL > 240 km Z a Z	1988	0 73	0 02	11 13	0 64	0 46		
Sans LILLE Sans NICE	DVOL > 240 km Z a Z	1988	0 95	0 24	26 06	-0 84	1 12		
	DVOL > 240 km V a V	1988	0 95	0 24	26 43	-0 76	1 12		
Sans PARIS	DVOL > 240 km Z a Z	1988	0 57	0 08	13 48	1 44	0 80		

PIB REGIONAL ACTUALISE (en Francs constants)

### 3 5 Quels modes nationaux retenir ?

#### 3 5 1 Un modèle "tous modes"

Plusieurs dizaines de modèles ont été testés (train seul, avion seul, train plus avion). En règle générale, les modèles train que nous avons testés nous ont offerts de bien meilleurs résultats que les modèles avion. Cela s'explique aisément par le fait que le trafic national en avion est fortement dépendant de l'offre effective, essentiellement radiale à partir de Paris. En outre, ces distances-temps avion à partir de Paris sont toutes semblables, ce qui rend difficile l'estimation fiable d'une élasticité à la distance. Ce sont les raisons pour lesquelles nous avons privilégié le choix d'un modèle bi-modal (train + avion). En outre, le train ne représente environ au niveau international que 20% du trafic.

Ce type de modèle nous permet de restituer les trafics totaux qui s'effectuent entre deux villes. Nous pourrions ensuite effectuer éventuellement une affectation modale des déplacements sur la base d'une relation partage modal / temps de parcours par train.

#### 3 5 2 Les liaisons retenues

Afin de minimiser l'effet de la concurrence de la voiture, pour laquelle nous ne disposons pas de trafics, nous avons été amenés à ne retenir que les liaisons dont la distance est supérieure à 240 km. Il nous reste alors 31 liaisons.

En outre, nous avons pu voir que si l'on ôte la ville de Lille ou celle de Nice, ou les deux, nous obtenons de meilleures régressions que si nous considérons l'ensemble des liaisons. Cela s'explique d'une part par la proximité de Lille à Paris et la particularité de Nice comme place aéroportuaire internationale. L'inconvénient majeur de ce choix réside dans le fait que nous n'observons plus dans ce cas que 18 liaisons.

#### 3 5 3 Discussion sur le choix des variables

Au numérateur, nous retiendrons une variable d'attractivité dite de "valeur ajoutée urbaine". Celle-ci combine en effet les notions de richesse (PIB par habitant de la région) et de poids (population de la ville). Ce type de variable présente l'intérêt de pouvoir être calculée en chronologie au niveau de la CEE (données Eurostat).

Au dénominateur, les diverses régressions que nous avons effectuées nous montrent que l'on obtient d'aussi bons résultats en retenant comme variable explicative la distance à vol d'oiseau que si l'on prend une variable de résistance de type coût généralisé. Nous retiendrons donc, par souci de facilité de recueil des données, la variable de distance.

### 3 5 4 Les deux "meilleurs" modèles

Le "meilleur" modèle est celui qui s'ajuste sur les 18 liaisons, excluant Lille et Nice

Modèle B (sans Lille et sans Nice)  $R^2 = 0,95$  (trafic 1988)

- élasticité au PIB urbain 1,12
- élasticité à la distance vol d'oiseau -0,84
- constante  $\exp(-26,06)$

Toutefois ce modèle présente l'inconvénient de se caler surtout sur le particularisme des liaisons Paris-Sud-Est, comme le montre l'élasticité élevée à l'attractivité (1,12) traduisant le dynamisme propre à la région parisienne. Afin de ne pas transposer au niveau international cette centralité propre à la France, nous avons estimé un deuxième modèle en excluant les liaisons au départ de Paris mais en conservant Lille et Nice, soient 24 liaisons

Modèle A (sans Paris)  $R^2 = 0,57$

- élasticité au PIB urbain 0,80
- élasticité à la distance vol d'oiseau 1,44
- constante  $\exp(13,48)$

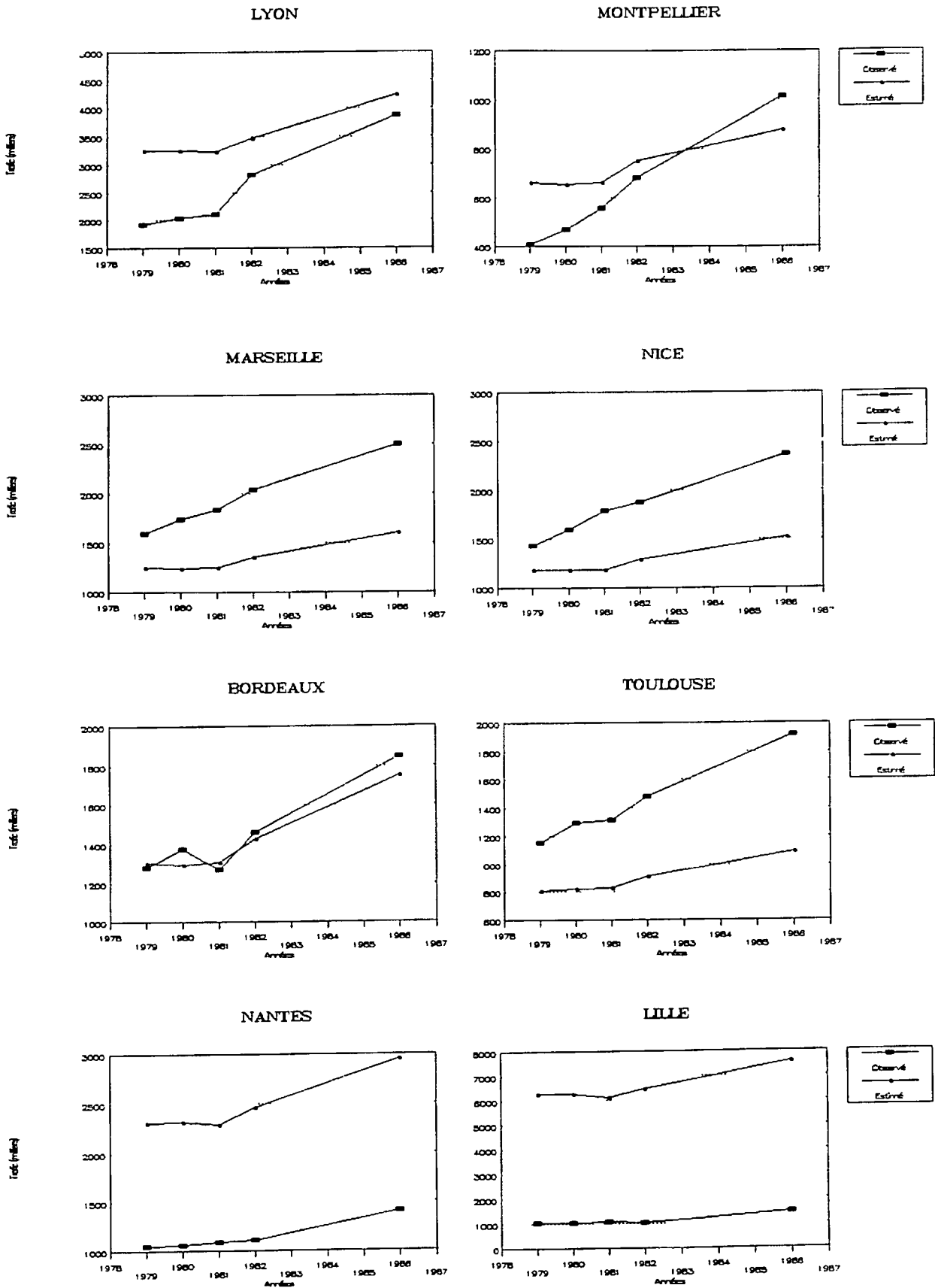
L'élasticité à l'attractivité de chaque ville (0,80) se situe alors à un niveau comparable à ce qu'on trouve dans la littérature<sup>1</sup>

Nous avons cherché en outre à observer le comportement de ce modèle dans le temps en comparant ses prévisions aux réalisations dans le passé en termes d'indicateurs de richesse la seule chronologie dont nous disposons est celle des données Eurostat, à savoir les valeurs ajoutées brutes aux prix du marché de chaque région. Par rapport au PIB régional la valeur ajoutée brute ne contient pas la production des administrations, ce qui peut être gênant du point de vue des déplacements générés par celles-ci. Faute de mieux, nous avons calculé les prévisions du modèle à partir des valeurs ajoutées brutes corrigées de l'inflation. Le fait de ne tenir compte que des valeurs ajoutées brutes implique une sous-estimation du trafic normalement prévu par le modèle. Nous nous attachons donc pas tant à la précision de l'estimation qu'à la comparaison des évolutions respectives des prévisions et des observations dans le temps

<sup>1</sup> Elasticité de 1,6 au revenu pour la mobilité de loisirs à courte distance par avion in R Doganis Flying Off Course The Economics of International Airlines George Allen & Unwin London 1986 pp 172 et suivantes



Graphique 2 16 Evolutions comparees des trafics estime et observe par le modele A pour les différentes liaisons Paris Province



L'examen de la prédiction de ce modèle dans le passé par rapport aux seules données Paris province dont nous disposons montre une relative constance dans l'erreur. En laissant de côté Lille dont la proximité avec Paris fait que le modèle train + avion en surestimerait le trafic, ce constat doit être toutefois nuancé. L'analyse des autres liaisons montre que le modèle sous-estime l'accélération du trafic ferroviaire à partir de 1982, si l'on excepte Paris-Nantes. D'une certaine manière ce modèle est moins dépendant de l'effet d'offre TGV ce qui le rend relativement neutre par rapport au contexte français et transposable au niveau international.

Ce modèle A ne restitue donc pas correctement le niveau absolu des trafics mais restitue de manière satisfaisante dans le temps le trend d'évolution de ces trafics. *Nous nous attacherons donc essentiellement à analyser les effets frontière en terme de variations.* C'est ce dernier modèle que nous avons retenu pour estimer les trafics théoriques sur les liaisons internationales.

## 4 LES SIMULATIONS AU NIVEAU INTERNATIONAL

### 4.1 Variables nationales, variables internationales

Le modèle national intègre, comme nous l'avons vu, une variable d'attractivité basée sur un indicateur de richesse. Pour passer au niveau international il était nécessaire de prendre en considération une variable reposant sur une unité commune. Notre choix s'est porté sur un indicateur de valeur ajoutée brute au prix du marché. Cet indicateur, fourni par le recueil de données EUROSTAT<sup>2</sup>, est libellé en ECU. Ces données ont fait l'objet d'un redressement<sup>3</sup>. Il nous fallait en effet prendre en compte les dérivés monétaires des différents pays par rapport à l'ECU.

### 4.2 Les deux modèles théoriques transnationaux

Compte-tenu du fait que nous ne disposons des valeurs ajoutées brutes régionales françaises que jusqu'en 1986 et des données de trafic entre villes de province de 1986 à 1988, le modèle français transposable à l'international a été calculé pour l'année 1986.

Unités de mesure

- les masses  $M_i$  et  $M_j$  sont exprimées en millions d'ECU corrigés en base 1985  
(Valeur Ajoutée Régionale / Population Région) x Population Agglomération
- la distance vol d'oiseau est exprimée en millimètres, mesurée sur la carte de l'Europe au 1/4 000 000, éditée par la Commission des Communautés Européennes

Le "meilleur" modèle, celui qui s'ajuste sur les 18 liaisons, excluant Lille et Nice, se traduit ainsi au niveau international

---

<sup>2</sup> cf annexe n°1

<sup>3</sup> cf annexe n°5

Modele B (sans Lille et sans Nice)  $R^2 = 0,958$

- elasticite a la valeur ajoutée 1,12
- élasticité à la distance vol d'oiseau -0,89
- constante  $\exp(-26,71)$

On retrouve dans ce modele l'élasticite elevee a l'attractivite (1,12) traduisant la centralité propre a la France

Le deuxième modele, excluant les liaisons au depart de Paris mais en conservant Lille et Nice soient 24 liaisons se traduit ainsi au niveau international

Modele A (sans Paris)  $R^2 = 0,574$

- élasticite a la valeur ajoutée 0,84
- élasticité à la distance vol d'oiseau 1,62
- constante  $\exp(14,60)$

L'élasticité à l'attractivite de chaque ville (0,84) se situe alors comme nous l'avons vu, a un niveau acceptable et nous retenons ce modele A pour le calcul de l'évolution des effets-frontière

### 4.3 Les pays retenus

Les bases de données que nous avons pu nous procurer nous ont contraint dans un premier temps a nous concentrer sur un nombre limite de pays

- pour certains pays nous ne disposons pas de donnees complètes relatives aux trafics internationaux C est le cas notamment pour des pays comme l'Espagne le Portugal ou la Grece ,
- les variables que nous avons privilégiées et qui nous ont permis d'établir un passage entre un modèle national et un modele international, reposent en grande partie sur des données fournies par la Communauté Européenne C est pourquoi des pays tels que la Suisse ou l'Autriche ne figurent pas dans notre échantillon final

Six pays ont donc fait l'objet de simulations

- la RFA Munich Francfort Dusseldorf, Hanovre Cologne Hambourg, Brême Stuttgart ,
- la France Paris ,
- la Belgique Bruxelles
- la Grande-Bretagne Londres ,
- les Pays-Bas Amsterdam (y compris Rotterdam avec Londres)
- l'Italie Rome, Milan

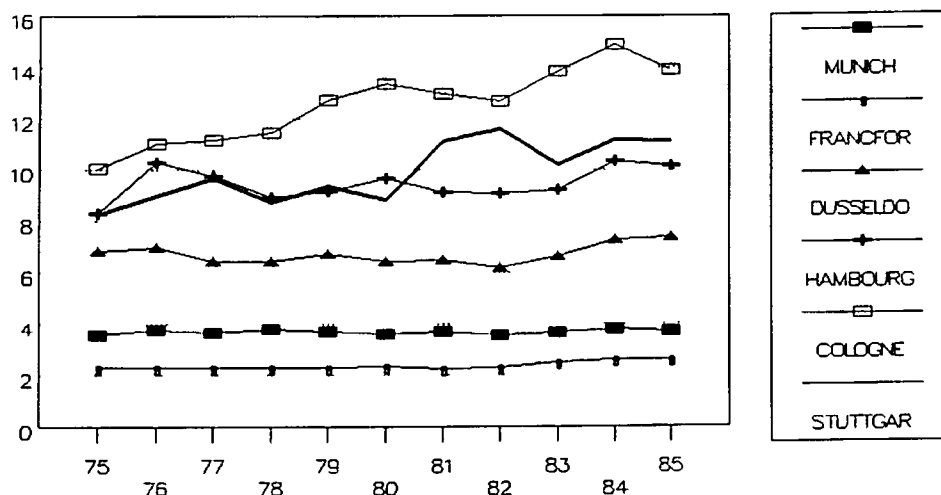
L'ensemble des liaisons suivantes ont été retenues

BRUXELLES	PARIS		
BRUXELLES	ROME		
BRUXELLES	MILAN		
BRUXELLES	AMSTERDAM		
BRUXELLES	MUNICH		
BRUXELLES	FRANCFORT		
BRUXELLES	DUSSELDORF		
BRUXELLES	HAMBOURG		
BRUXELLES	COLOGNE		
BRUXELLES	STUTTGART		
BRUXELLES	LONDRES		
PARIS	ROME		
PARIS	MILAN		
PARIS	AMSTERDAM		
PARIS	MUNICH		
PARIS	FRANCFORT		
PARIS	DUSSELDORF		
PARIS	HAMBOURG		
PARIS	COLOGNE		
PARIS	STUTTGART		
PARIS	LONDRES		
ROME	MUNICH		
		ROME	FRANCFORT
		ROME	LONDRES
		MILAN	MUNICH
		MILAN	FRANCFORT
		MILAN	DUSSELDORF
		MILAN	LONDRES
		AMSTERDAM	MUNICH
		AMSTERDAM	FRANCFORT
		AMSTERDAM	DUSSELDORF
		AMSTERDAM	HAMBOURG
		AMSTERDAM	BREME
		AMSTERDAM	LONDRES
		ROTTERDAM	LONDRES
		MUNICH	LONDRES
		FRANCFORT	LONDRES
		DUSSELDORF	LONDRES
		HAMBOURG	LONDRES
		COLOGNE	LONDRES
		HANOVRE	LONDRES
		BREME	LONDRES

Ces liaisons sont au nombre de 42

Une première analyse des effets-frontières selon les différentes liaisons nous amène à nous interroger sur la qualité des données de trafic, compte-tenu des différences d'ordres de grandeur des effets-frontière notamment avec les différentes villes de RFA

Graphique 2 17 Effets-frontiere Paris-villes de RFA (modele A)



En effet les données dont nous disposons notamment celles concernant les trafics aériens semblent ne pas comptabiliser correctement les déplacements<sup>4</sup>. L'exemple le plus frappant semble être celui de Francfort et Hambourg : on sait qu'un grand nombre de vols entre les villes européennes et Hambourg transitent par Francfort, avec un changement de compagnie à Francfort. Or une ambiguïté subsiste sur la comptabilisation réelle des trafics entre une ville donnée A et Hambourg : ces trafics sont-ils comptabilisés sur Francfort pour la première partie du voyage, ou ne le sont-ils pas comme le suggère la définition de l'UIC ? Dans ce dernier cas ces trafics sont-ils comptabilisés effectivement dans la relation entre la ville A et Hambourg, dans la mesure où il ne s'agit pas de vols directs ? De fait, notre modèle conduit à une sous-estimation apparente du trafic théorique (donc de l'effet-frontière) pour Francfort par rapport à une sur-estimation du trafic observé et inversement pour Hambourg.

Afin d'obtenir des résultats plus significatifs nous avons donc calculé un effet frontière global par pays, à partir des villes nommées ci-dessus. La solution consiste à estimer les trafics internationaux théoriques pour chacune des villes de l'ensemble des pays considérés, puis à les agréger pour calculer des effets-frontière inter-pays<sup>5</sup>. Seul le couple Pays-Bas-Italie n'a pu faire l'objet d'une estimation, car nous ne disposons pas de données de ce trafic.

<sup>4</sup> Les statistiques UIC précisent : Les nombres de passagers transportés entre les pays et les aéroports indiqués par des avions commerciaux ne comprennent que ceux qui commencent et terminent leur voyage sur un même vol. Le trafic de transit (passagers poursuivant leur voyage par un vol différent) n'est pas pris en compte sur les relations considérées.

<sup>5</sup> cf annexe 4 : trafics observés, trafics estimés et effets frontière (modèle A) par liaison et par pays.

### 4 4 Resultats

Pour les seuls couples Belgique-Italie et Grande Bretagne-Italie le trafic estimé est inferieur au trafic realise

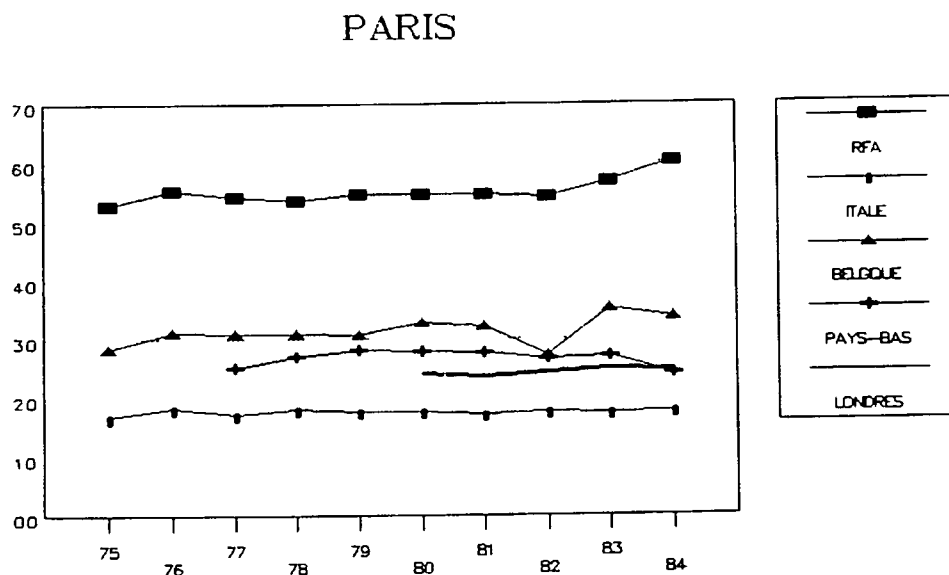
Nous pouvons dresser un tableau decrivant les relations trafics estimés-trafics réalisés

Estimation ->	Bonne	Moyenne	Mauvaise
Estimé > Observe	LONDRES-RFA PAYS-BAS RFA ITALIE-RFA	BRUXELLES-PARIS PARIS-RFA PARIS-ITALIE BELGIQUE-LONDRES PARIS-AMSTERDAM	PAYS-BAS-LONDRES BELGIQUE-PAYS-BAS
Estime < Observe	BELGIQUE ITALIE	LONDRES-ITALIE	

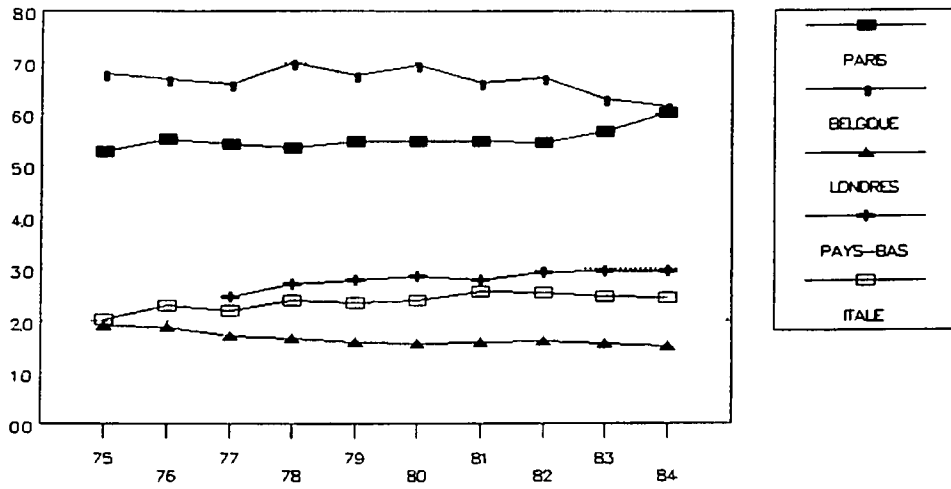
A partir de ces estimations de trafics nous avons calcule les effets frontières Ces derniers sont directement issus du rapport entre le trafic estimé par le modèle et le trafic effectivement realise

Nous présentons dans les graphiques suivants les courbes d évolution des effets frontière de 1975 a 1984 par pays

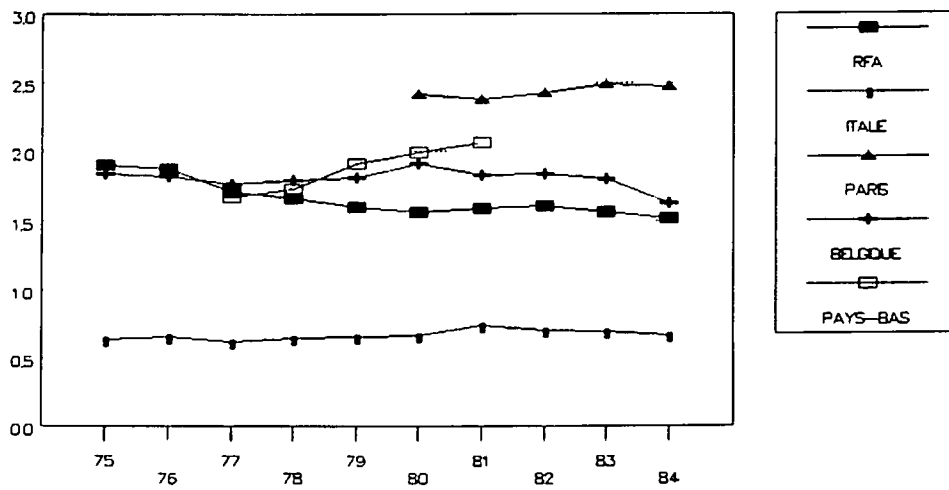
Graphiques 2 18 Effets frontiere par pays (Modele A)



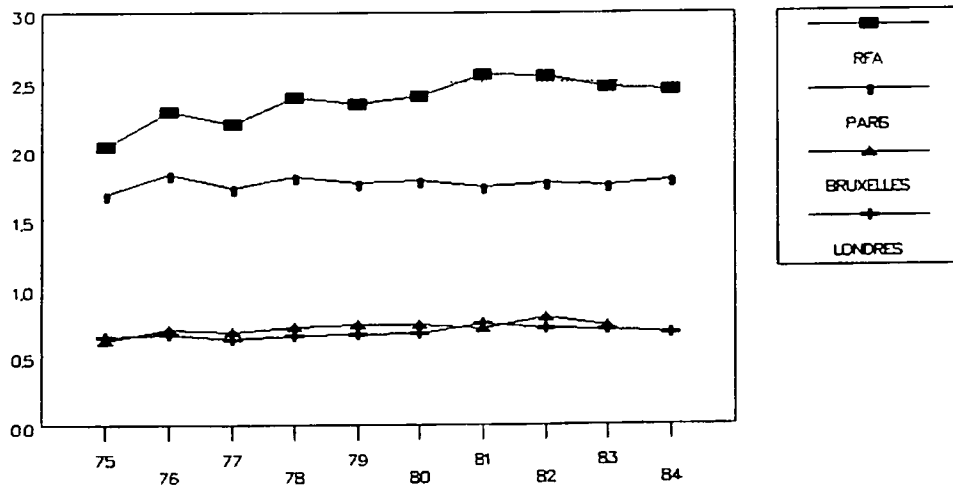
### RFA



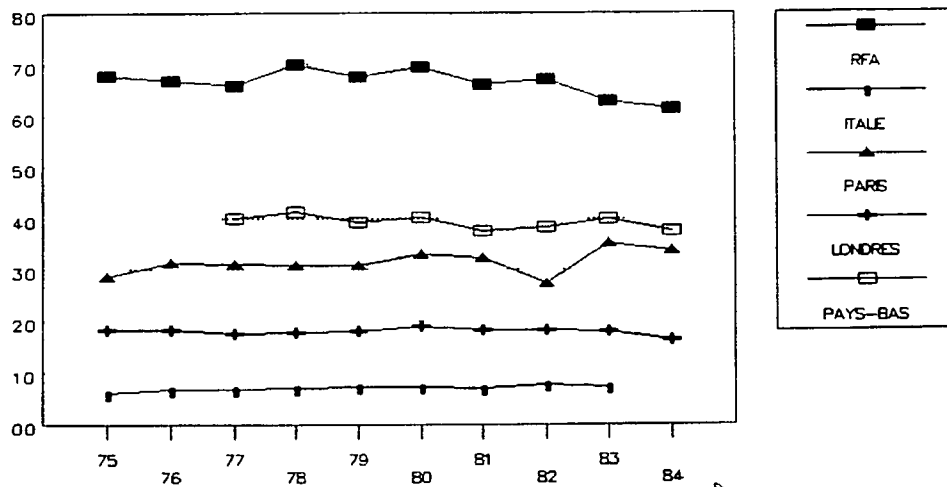
### LONDRES



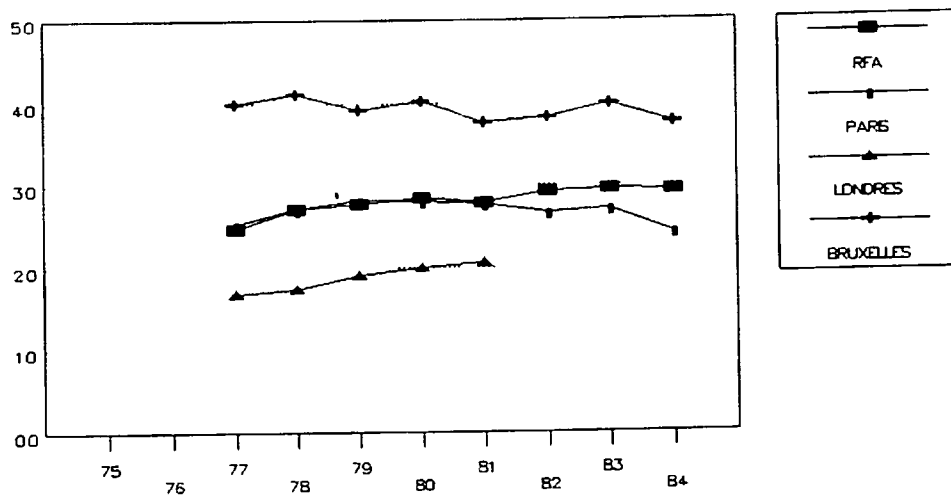
### ITALIE



### BELGIQUE



### PAYS-BAS





Pour les couples Belgique-Italie et Grande-Bretagne-Italie l'effet frontière est inférieur à l'unité. Cela découle directement du fait de trafics estimés inférieurs aux trafics réalisés.

On constate également une grande variation des niveaux des effets frontières selon les couples de pays.

Mais comme nous l'avons déjà souligné, la signification de ces résultats exprimés en valeur absolue est peu pertinente. Ce qui importe c'est la dynamique d'évolution de ces effets frontière au fil des années.

Afin d'annuler les effets des valeurs extrêmes, nous avons calculé des variations annuelles moyennes d'effet frontière à partir d'une fonction de régression par rapport au temps.

#### EFFET FRONTIERE (Modèle A) variation annuelle moyenne

	PARIS	BRUXELLES	LONDRES	AMSTERDAM	ITALIE
RFA	+ 0,94%	0,76%	- 2,10%	+ 2,38%	+ 2,00%
PARIS		+ 1,28%	+ 0,97%	- 0,54%	+ 0,09%
BRUXELLES			0,46%	- 0,80%	+ 2,04%
LONDRES				+ 7,18%	+ 1,12%

Ces résultats ne sont évidemment pas conformes à ce que l'on pouvait attendre, dans la mesure où dans 10 cas sur 15 l'effet frontière apparaît comme croissant. Ils sont donc en contradiction avec des tendances bien établies, comme par exemple celles des séries longues des déplacements nationaux et internationaux de personnes (tous modes) établies pour l'Allemagne<sup>6</sup>. L'explication de ces résultats peut tenir à plusieurs carences.

La faiblesse des données est sans doute la plus importante dans la mesure où celles-ci ne prennent pas en compte les transports routiers. Or, pour la période de calage du modèle (1975-1985), il est vraisemblable que les déplacements par route ont connu un important effet d'offre, en raison du développement du réseau autoroutier, en particulier en France. On ne peut donc exclure que dans un certain nombre de cas le transfert vers la route ait plus que compensé l'abaissement de l'effet frontière.

- En raison de discontinuités dans la base statistique, certaines relations n'ont pu être convenablement estimées. C'est en particulier le cas pour Londres-Amsterdam qui donne le résultat le plus mauvais, alors que l'équation correspondante n'a pu être calée que sur une série de 5 ans.

L'essentiel du trafic de notre base statistique est aérien, mais cette base est limitée aux grands aéroports. Or, dans cette période, les aéroports de second rang ont bénéficié

<sup>6</sup> H.G. Nusser, Effects of Frontier Impedance Factors, Colloque Les couloirs Rhin-Rhône dans l'Espace Européen, 12-13 Oct. 1989, Lyon.

d'un nombre considérable d'ouvertures de lignes internationales qui ont pu capter une part significative de la croissance du trafic

- Enfin, nous ne pouvons exclure les faiblesses propres au modèle utilisé. Il n'est pas établi, par exemple, qu'il résiste bien dans les périodes de croissance nulle ou négative.

Tous ces éléments conduisent à penser que l'érosion de l'effet frontière est sensiblement sous-estimée.

## 5 CONCLUSION

### 5.1 Une vraisemblable décroissance

Compte tenu des remarques précédentes, il est légitime de tenir pour vraisemblables les ordres de grandeur des taux de variation négatifs. Dans la mesure où ils s'établissent entre -0,5 et -2 % par an, des hypothèses de cet ordre semblent pouvoir être retenues dans les prévisions. En l'état actuel du pouvoir séparateur du modèle utilisé, il serait prudent, toutefois, d'établir des prévisions différenciées selon différentes hypothèses (par exemple H1 - 1 % et H2 - 2 %).

Le fait que ces ordres de grandeur aient été constatés pour plusieurs relations en dépit d'une estimation par défaut rend ces hypothèses de travail relativement consistantes.

### 5.2 Des pistes d'amélioration méthodologiques

La méthodologie mise en œuvre semble adaptée à la détermination des évolutions vraisemblables des effets frontière à la réserve près qui tient à l'absence du transport routier dans les statistiques disponibles. Elle présente cependant l'inconvénient de ne pas fournir un calage du coefficient d'effet frontière dans la mesure où celui-ci ne pourrait reposer que sur une évaluation stricte des masses qui doivent être affectées à chaque centroïde. La valeur ajoutée se révèle être le meilleur indicateur, mais doit-elle être rapportée à la région urbaine, à un espace régional, à une délimitation propre à chaque ville ?

Il nous paraît que pour surmonter cette difficulté, la piste méthodologique la plus prometteuse soit un modèle à coefficient structurel pour lequel les masses ont le mérite d'être calées sur les marges d'une matrice d'échange. Rappelons la définition des coefficients structurels de ce type de modèle : si  $x_{ij}$  est le flux entre  $i$  et  $j$

$$\begin{aligned} \text{et } x_i &= \sum_j x_{ij} \\ x_j &= \sum_i x_{ij} \\ x &= \sum_i x_i = \sum_j x_j \end{aligned}$$

le coefficient structurel de la relation (i, j) est défini par

$$a_{ij} = x_{ij} / (x_i \times x_j / x)$$

Ce coefficient peut donc être interprété comme une mesure de l'infraction à l'hypothèse d'une distribution des flux ne dépendant que des masses des zones. Son mérite est de présenter généralement des évolutions chronologiques très régulières et donc de permettre des extrapolations particulièrement fiables. Le problème de prévision se réduit alors à une projection convenable des marges, ce qui nous semble pouvoir être résolu avec les séries chronologiques de valeurs ajoutées (le formatage ne porte plus alors sur ces valeurs ajoutées mais sur les émissions, ce qui résout le problème des masses).

En outre, ces coefficients structurels apportent une mesure, en valeur absolue, de l'effet frontière par comparaison entre des  $a_{ij}$  intra nationaux et des  $a_{ij}$  internationaux.

La condition de mise en œuvre de cette méthode est bien entendu la disponibilité de tableaux  $x_{ij}$  complets, comportant tout à la fois des relations nationales et internationales. Avec les données disponibles pour cette étude, nous ne disposons pas de ces tableaux ni en statique, ni en chronologique. Ne sont-ils pas accessibles avec quelques pôles allemands ? Peut-on imaginer de les reconstituer ?

Tout développement de cette étude nous semble ainsi passer par l'une des deux pistes soit la connaissance des flux routiers, en homogénéité avec les flux aériens et ferroviaires disponibles, soit la connaissance des seuls flux aériens et ferroviaires mais avec une homogénéité national-international.

**6 ANNEXES**

<b>6 1 Annexe n°1</b>	<b>Sources des donnees nationales et internationales</b>	<b>p 45</b>
<b>6 2 Annexe n°2</b>	<b>Trafics internationaux</b>	<b>p 47</b>
<b>6 3 Annexe n°3</b>	<b>Partage modal du trafic international</b>	<b>p 59</b>
<b>6 4 Annexe n°4</b>	<b>Trafics observes et trafics estimes au niveau international (Modele A)</b>	<b>p 71</b>
<b>6 5 Annexe n°5</b>	<b>Valeurs ajoutes brutes corrigees par pays</b>	<b>p 79</b>

**ANNEXE N°1****DONNEES NATIONALES ET INTERNATIONALES****Donnees nationales****1 - Produit interieur brut français par region**

**Source** INSEE La France et ses régions 1988

**Periodes** 1984

**2 - Trafic ferroviaire français zone a zone (en milliers de voyageurs)**

Toutes liaisons entre les zones de Paris Nice, Marseille Lyon Toulouse Bordeaux, Nantes  
Montpellier Lille

**Source** S N C F

**Periodes** 1986, 1987 1988

**3 - Trafic ferroviaire français ville a ville (en milliers de voyageurs)**

Liaisons uniquement de Paris vers les villes de Nice Marseille Lyon Toulouse, Bordeaux  
Nantes, Montpellier Lille

**Source** S N C F

**Periodes** 1967, 1972, 1979 à 1982

**4 - Trafic aerien français ville a ville (en milliers de voyageurs)**

Toutes les liaisons entre les villes de Paris, Nice, Marseille, Lyon Toulouse Bordeaux Nantes  
Montpellier et Lille

**Source** S N C F

**Periodes** 1987 et 1988

**5 - Trafic aerien français a l'arrivee et au depart de Paris ville a ville (en milliers de voyageurs)**

**Source** S N C F

**Periodes** 1975 à 1988

**6 - Distances et temps de parcours SNCF ville a ville en France**

**Source** Indicateur ville a ville S N C F 1987 1988

Remarques Les distances sont les plus courtes distances SNCF, les temps sont calculés  
comme suit meilleur temps reconstitue entre chaque ville avec une penalite de 3 heures en  
cas de changement à Paris

**7 - Temps de parcours sur les lignes aeriennes interieures françaises**

**Source** Air-Inter (Horaires n°57 mars-oct 1988)

**Donnees internationales****8 - Statistiques du trafic international de voyageurs Trafic aerien (regulier et non regulier), relations de pays a pays et de ville a ville**

Pays representés Autriche Belgique, Danemark, Espagne France, Grece, Italie Pays-Bas Portugal R F A , R U Suisse

Nombre total de voyageurs pour les deux sens réunis, en milliers de voyageurs par an

**Sources** U I C

**Periodes** 1960 puis chaque année de 1965 a 1987

**9 - Statistiques du trafic international de voyageurs Trafic ferroviaire (relations importantes suivies en priorite) ville a ville, en 1ère et 2eme classe**

Pays representes Autriche Belgique Danemark, Espagne, France, Grece, Italie, Pays-Bas Portugal R F A R U Suisse Luxembourg, Suede, Tchecoslovaquie Turquie, Yougoslavie

Nombre total de voyageurs par an pour les deux sens réunis

**Sources** U I C

**Periodes** chaque année de 1971 à 1987

**10 - Valeur ajoutée brute au prix du marche par region**

Unité en Milliards d ECU

**Source** Office statistique des Communautés Europeennes (Eurostat 1987) avec reactualisation en date du 08/09/1989

**Periodes** de 1975 a 1984, reactualisation jusqu'en 1986 pour certains pays seulement

**11 - Populations regionales en milliers d'habitants**

**Source** Office statistique des Communautés Europeennes (Eurostat 1987)

**Periodes** de 1975 à 1984

**12 - Indices des prix a la consommation des 12 pays de la Communauté Europeenne, au niveau mensuel, trimestriel et annuel**

Unité l'ECU, base 100 en 1985

Pays représentés RFA France, Italie Belgique, Luxembourg Royaume Uni, Danemark (1955-1988) Irlande (1956-88), Pays-Bas (1957-1988), Espagne, Grèce Portugal (1970-88)

**Source** Office statistique des Communautés Europeennes (Eurostat 1987)

**Periodes** de 1970 à 1988

**13 - Populations des Régions urbaines des villes europeennes, ville comprise**

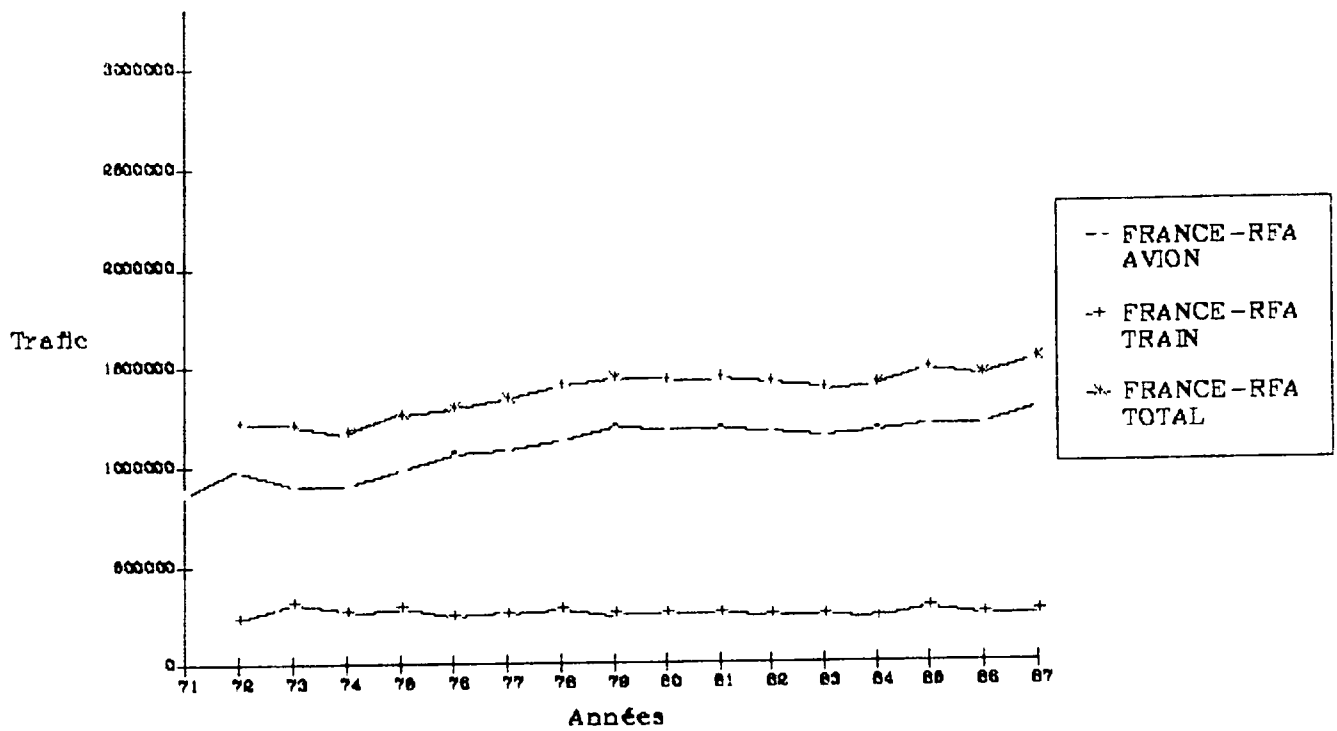
**Source** Recueil de l'Union Internationale des Transports Publics (1985-86)

**Periodes** données selon les recensements des différents pays

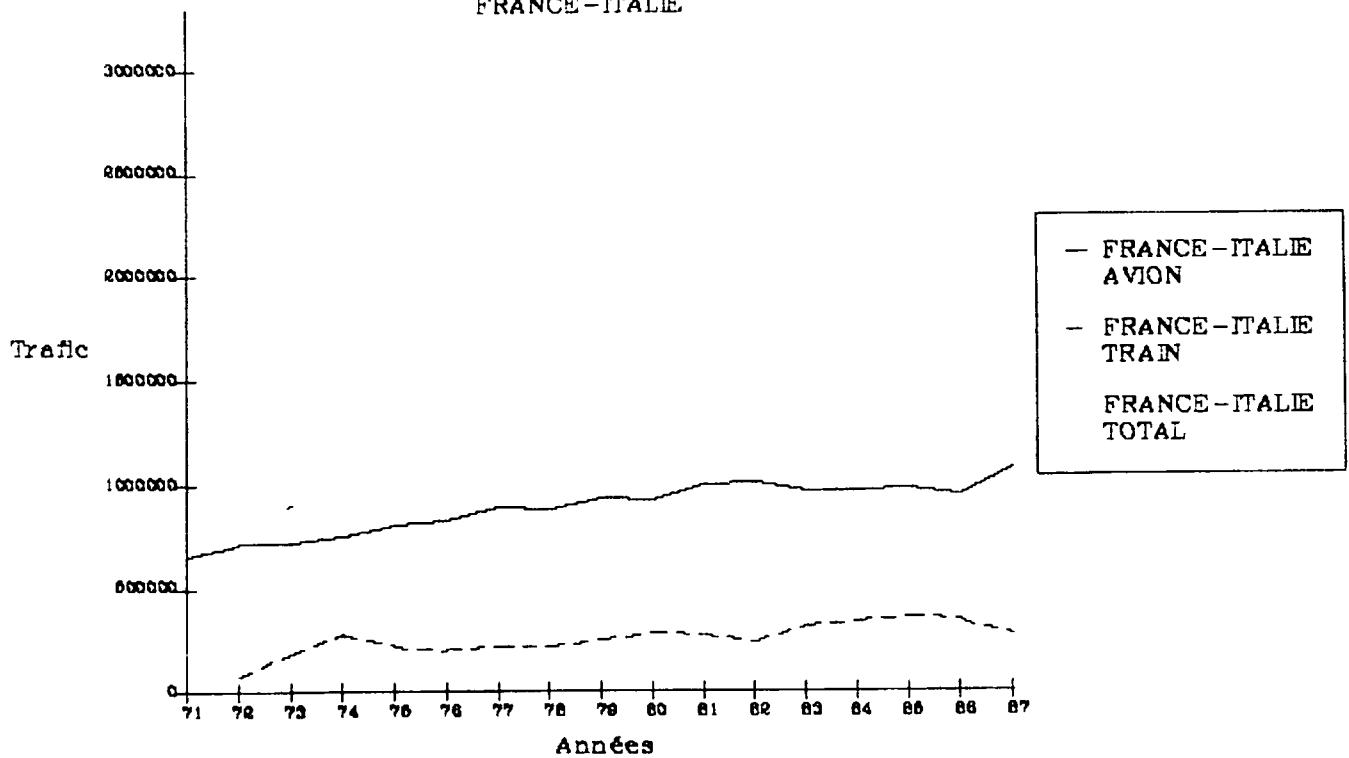
**ANNEXE N°2**

**TRAFICS INTERNATIONAUX**

### FRANCE - RFA

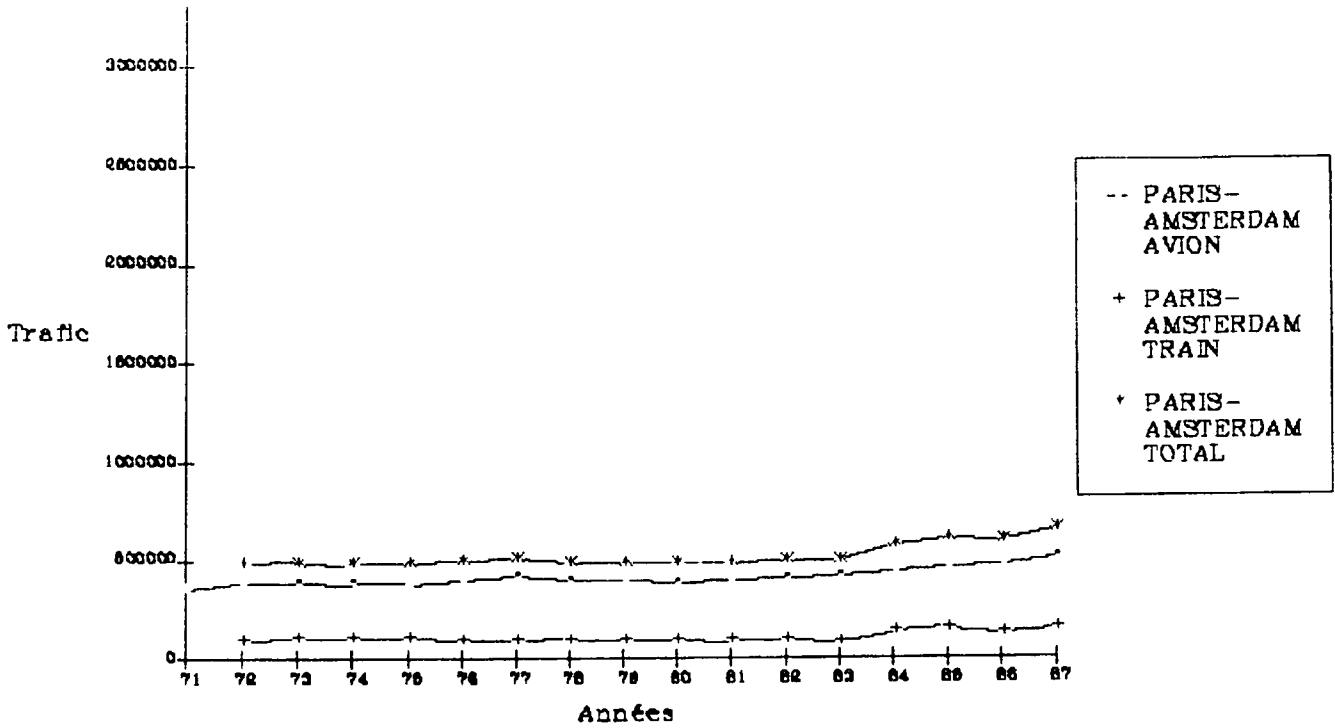


### FRANCE - ITALIE

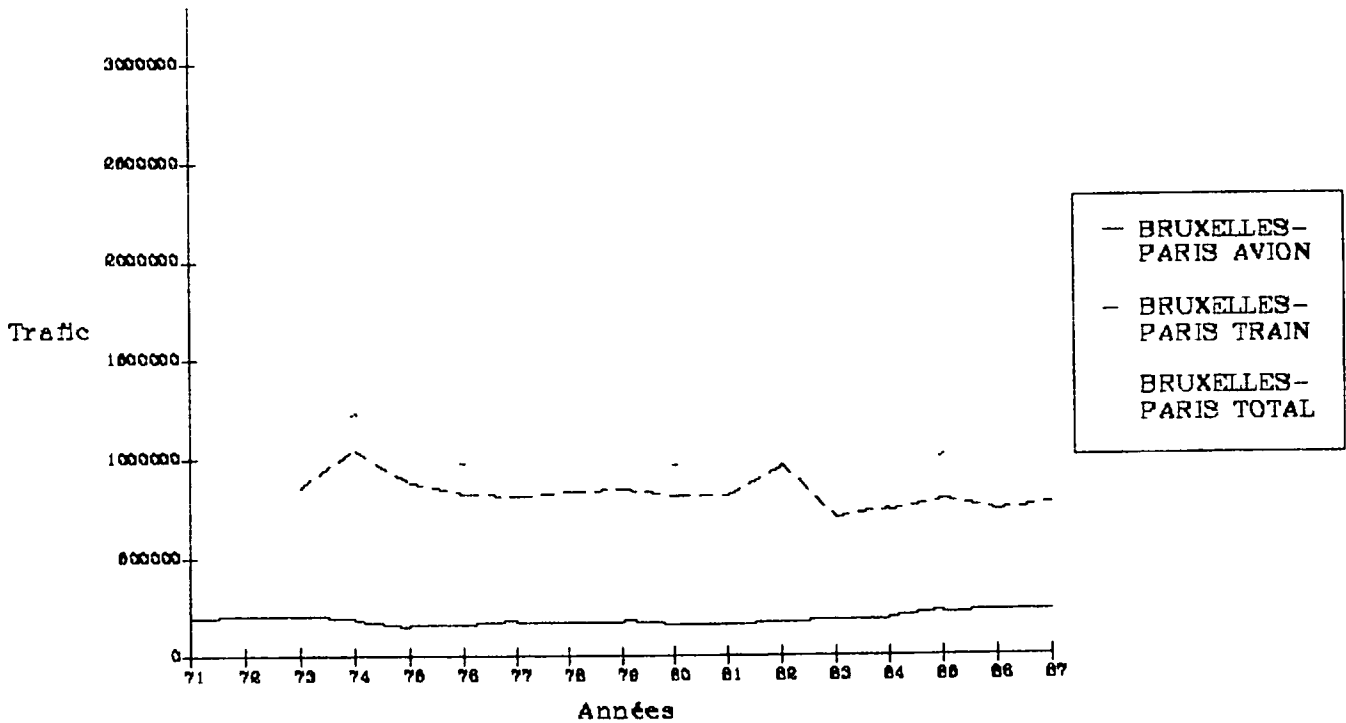




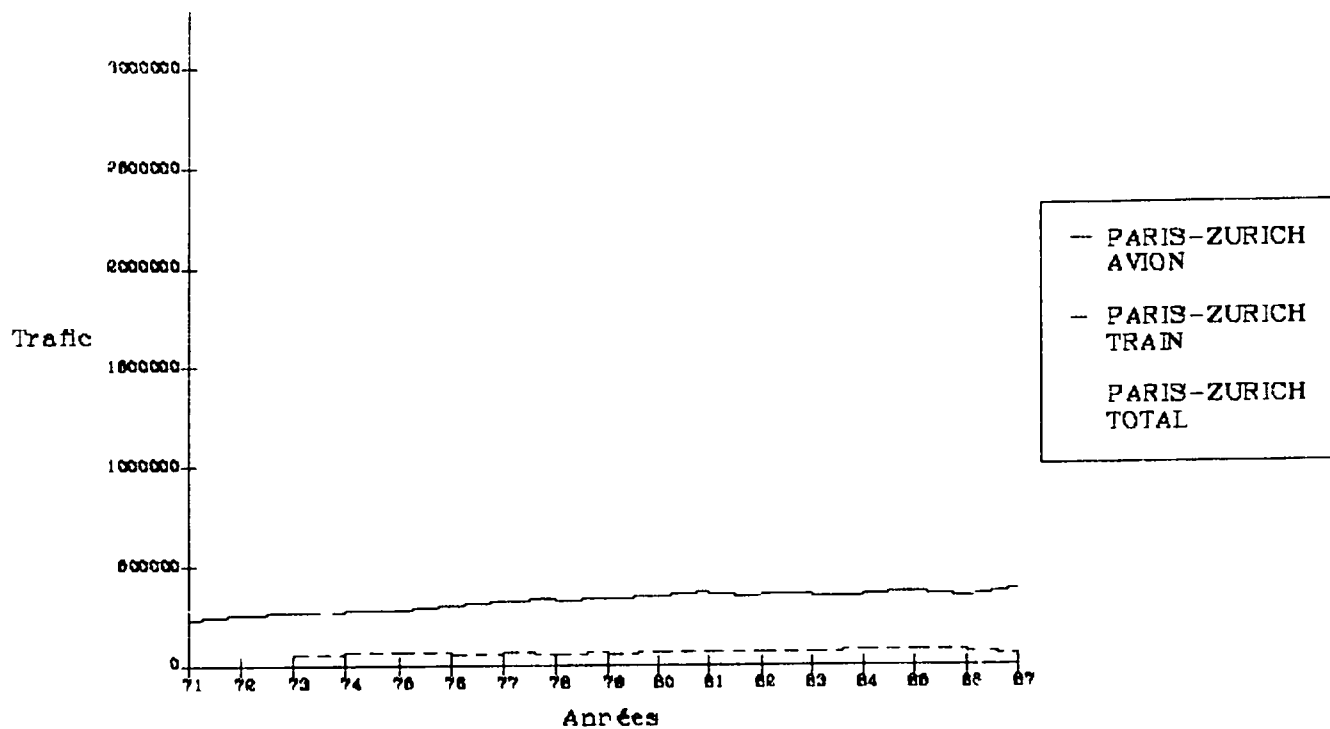
PARIS-AMSTERDAM



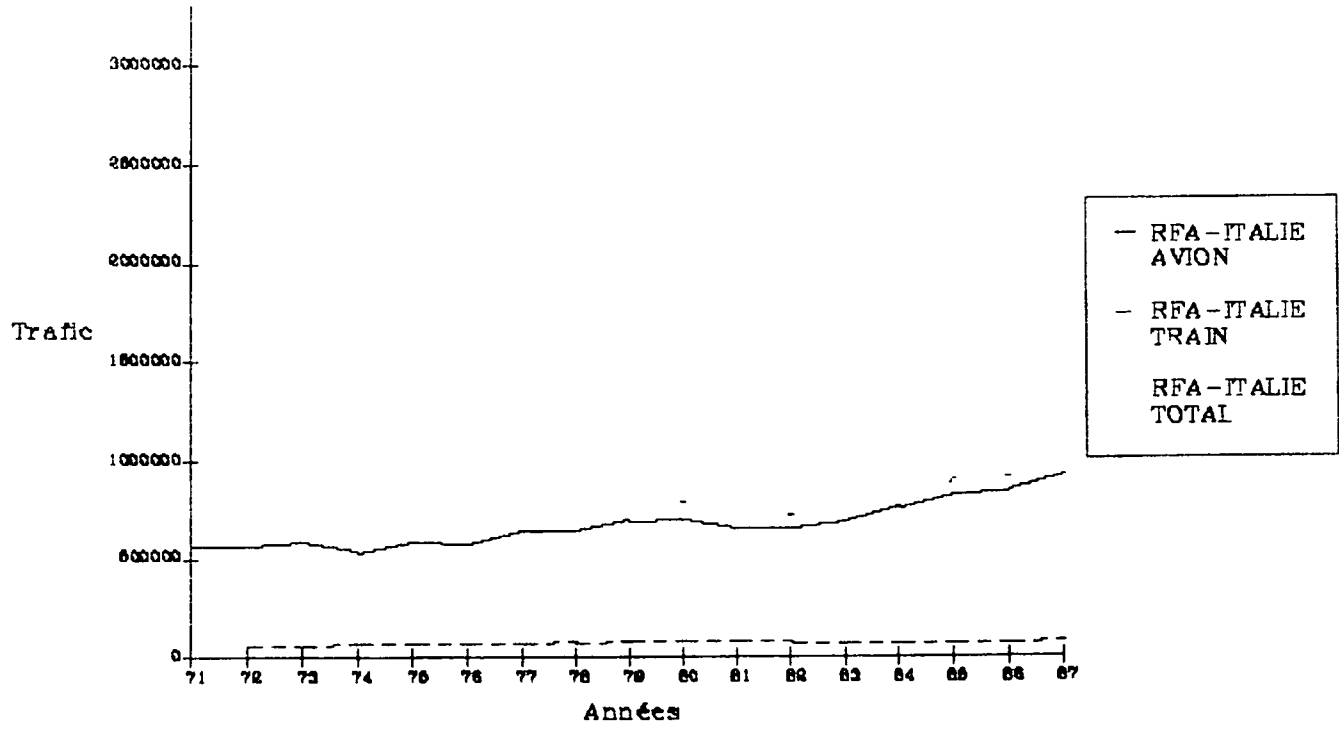
PARIS-BRUXELLES



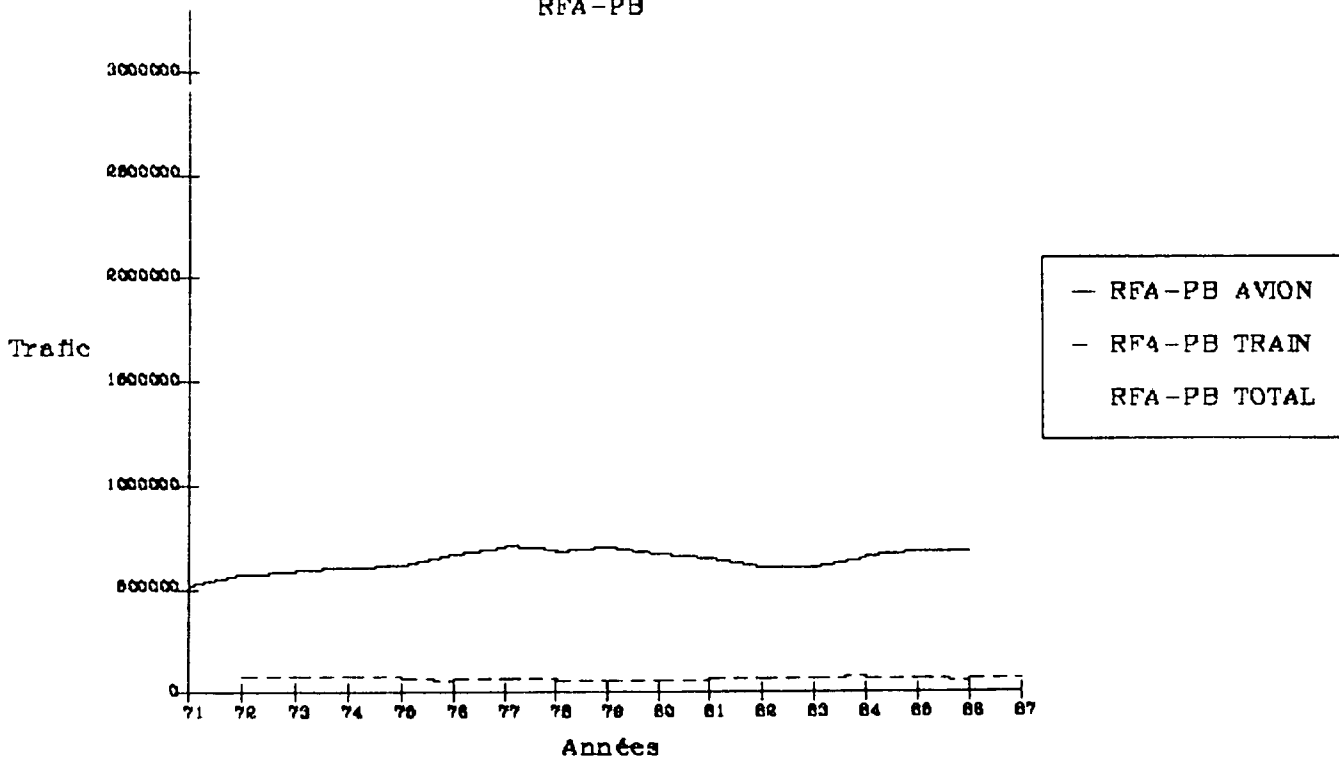
PARIS-ZURICH



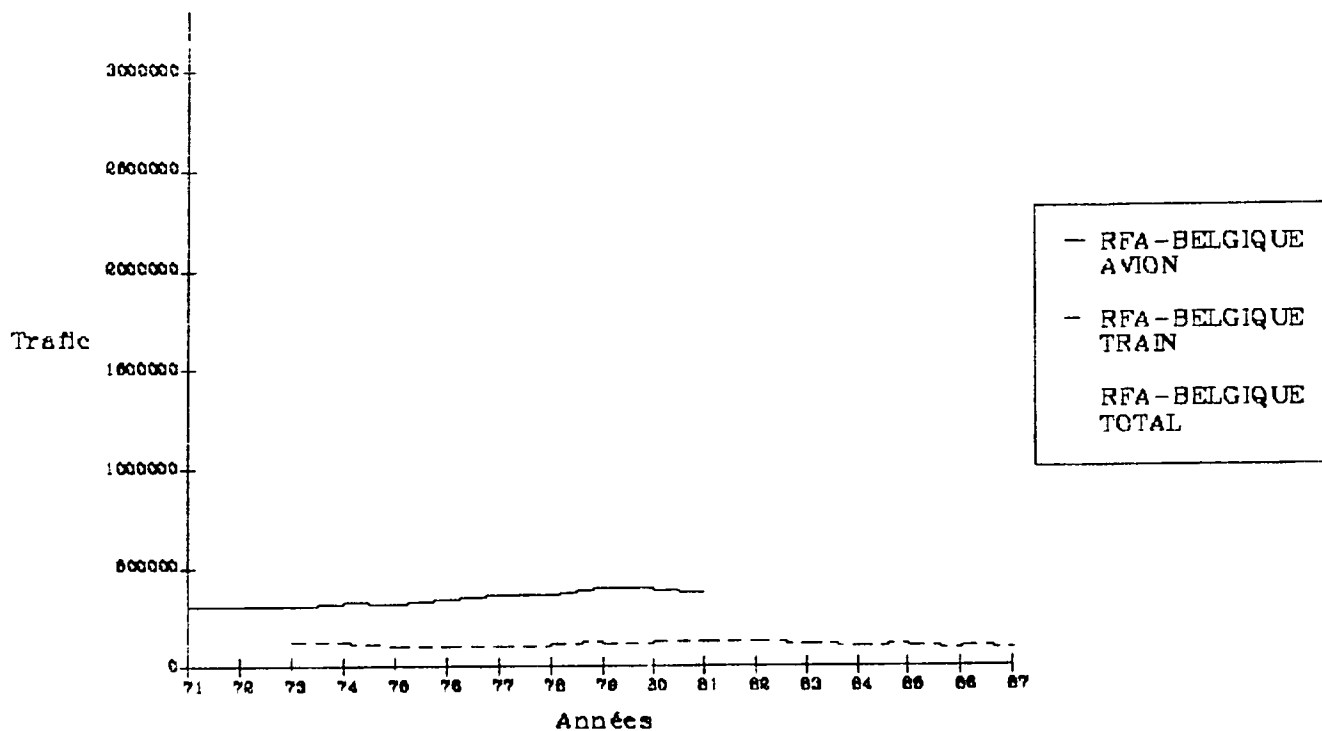
RFA-ITALIE



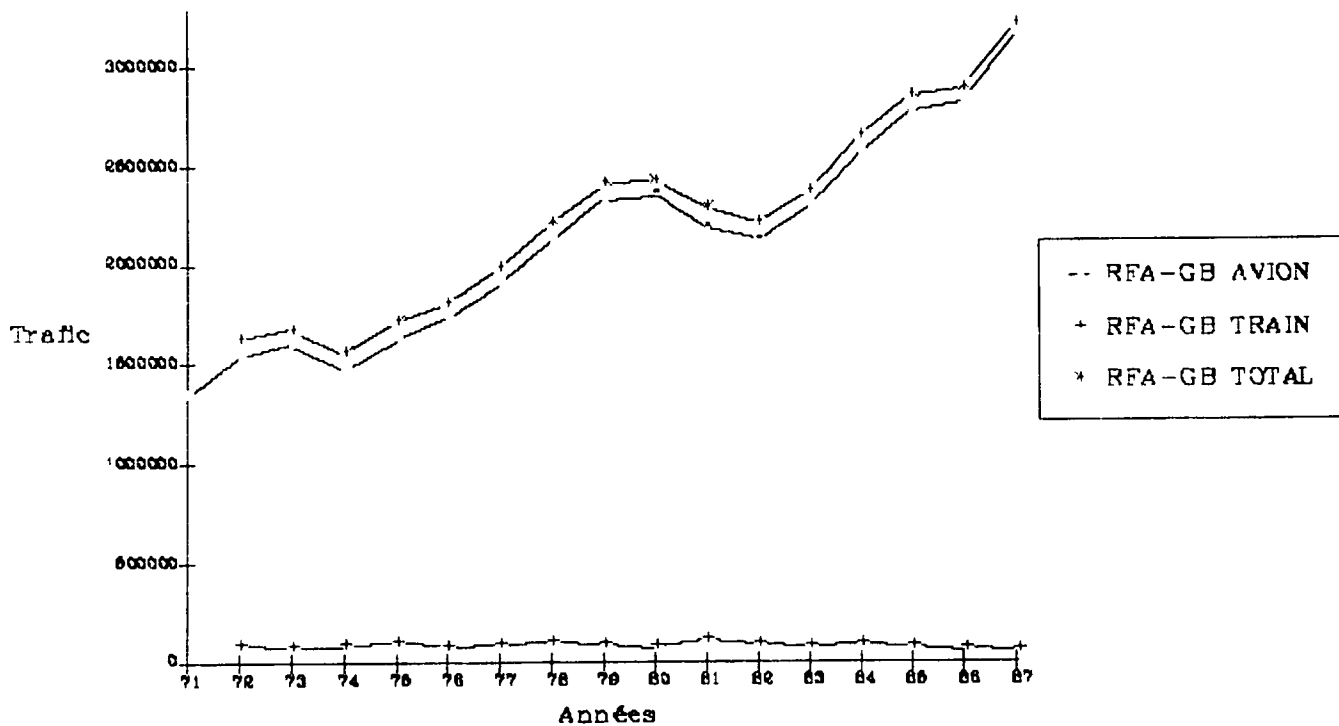
RFA-PB



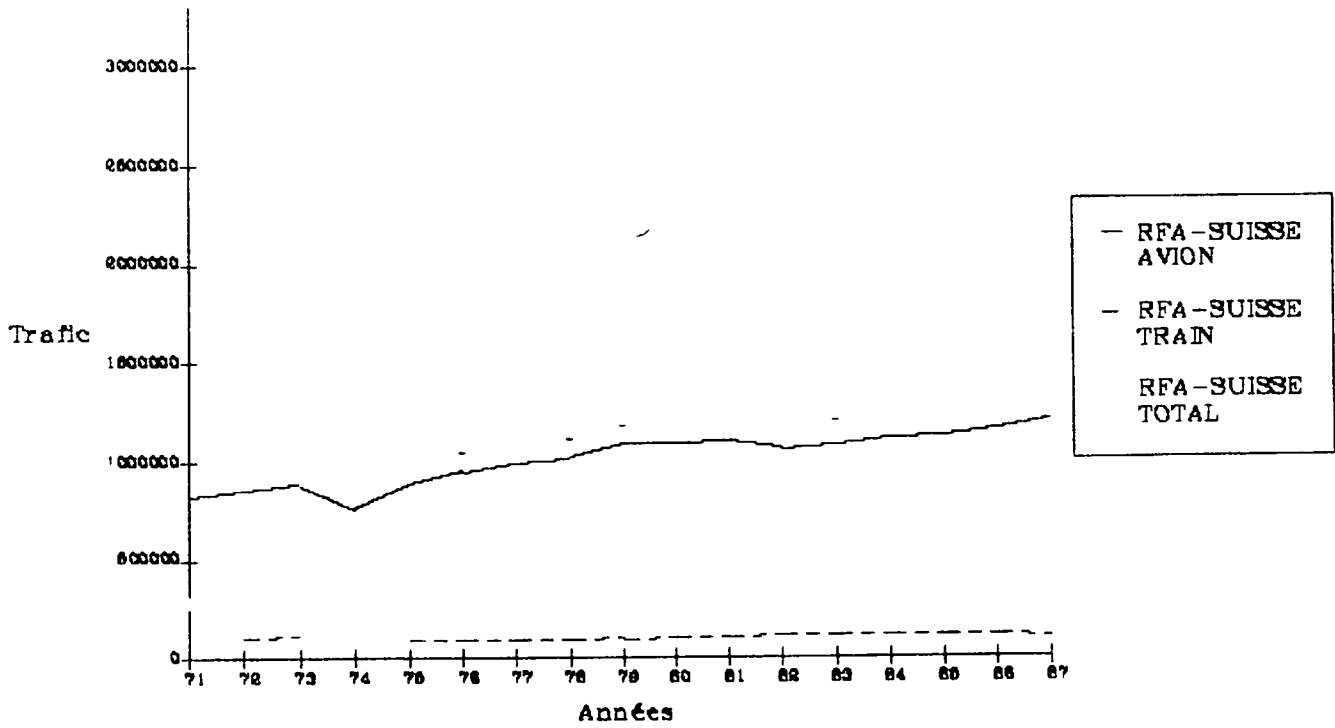
RFA-BELGIQUE



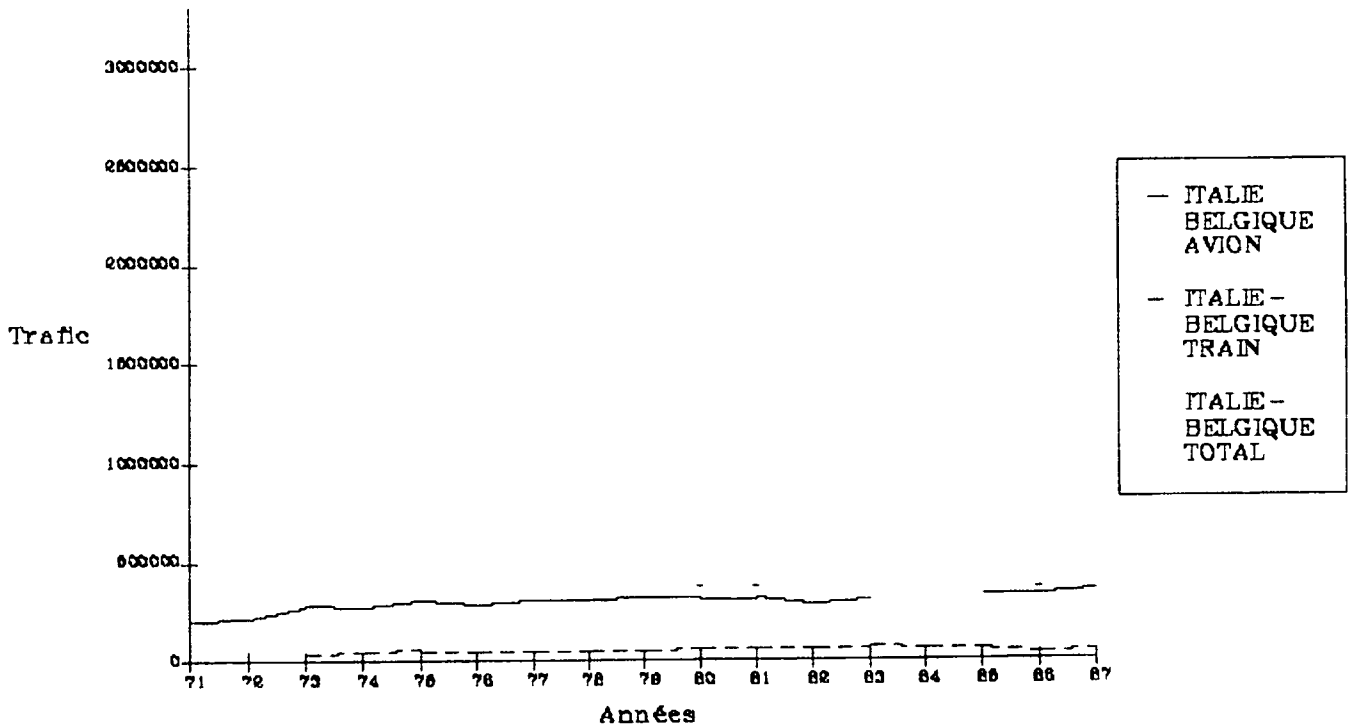
RFA-GB



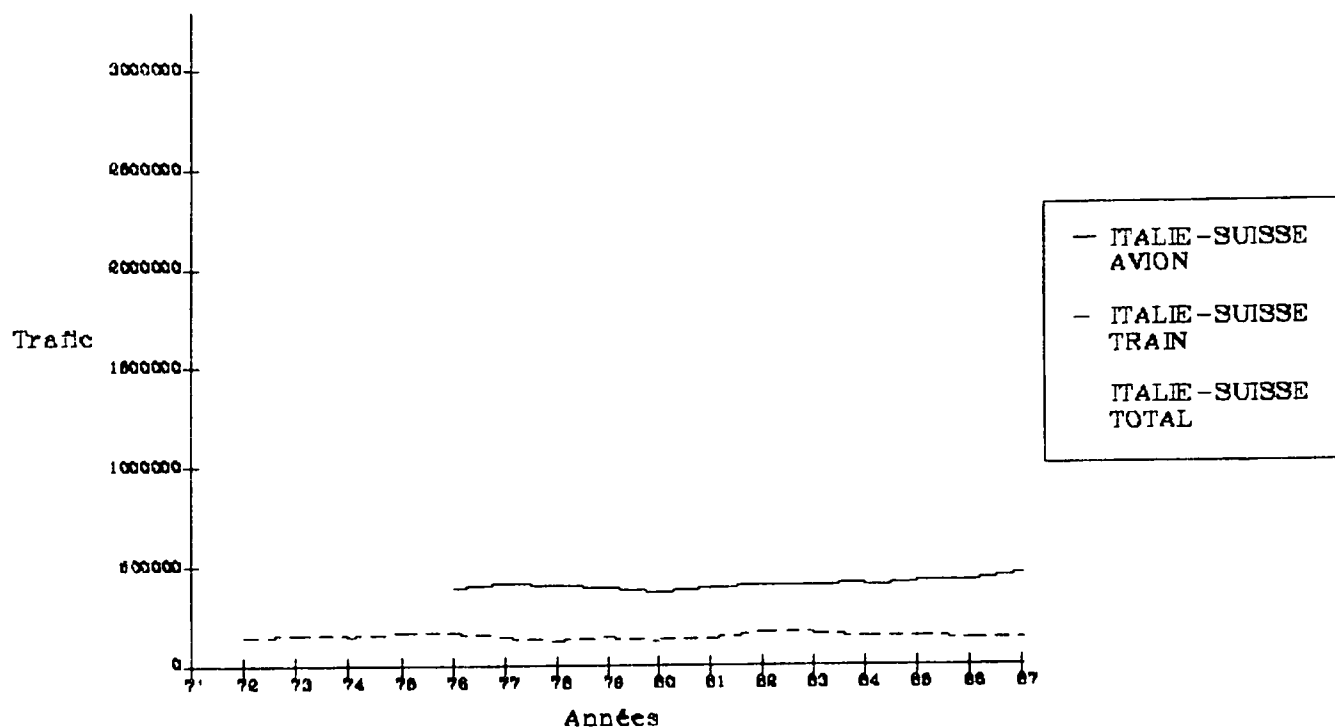
RFA - SUISSE



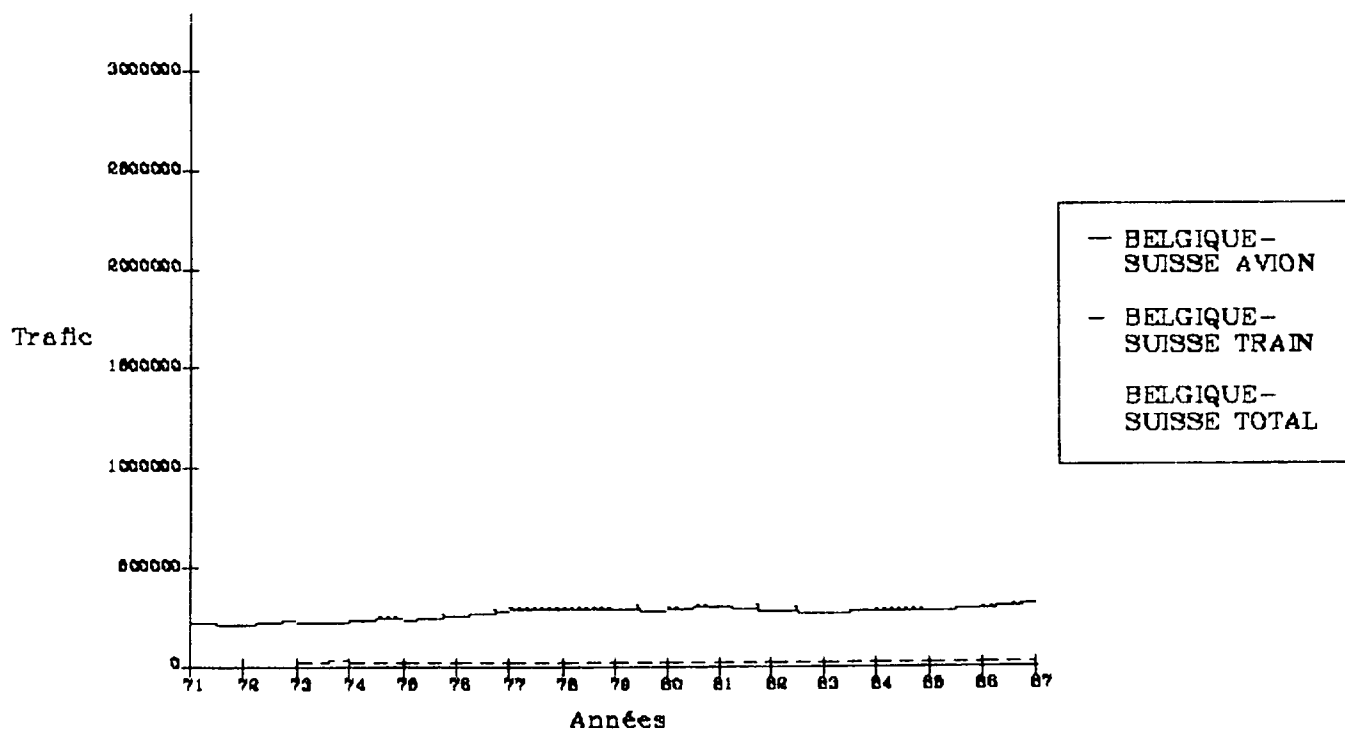
ITALIE - BELGIQUE



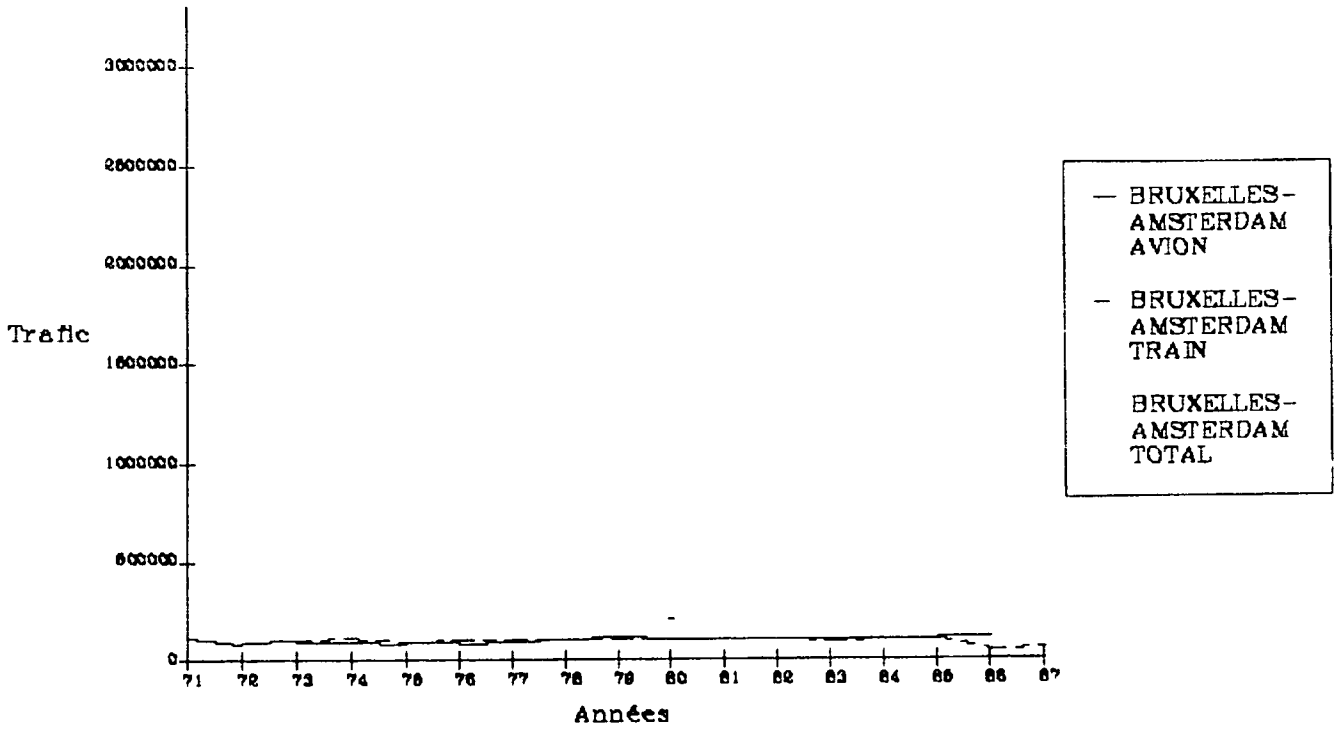
### ITALIE - SUISSE



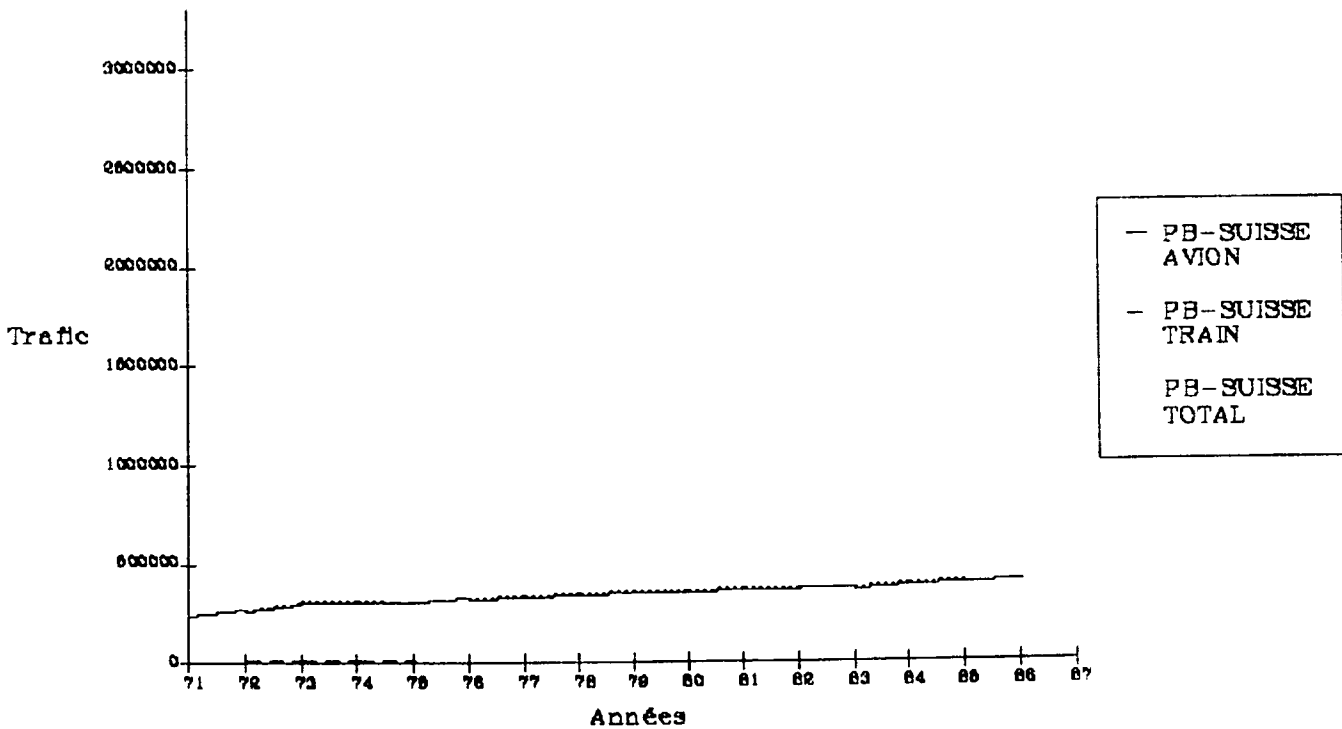
### BELGIQUE - SUISSE



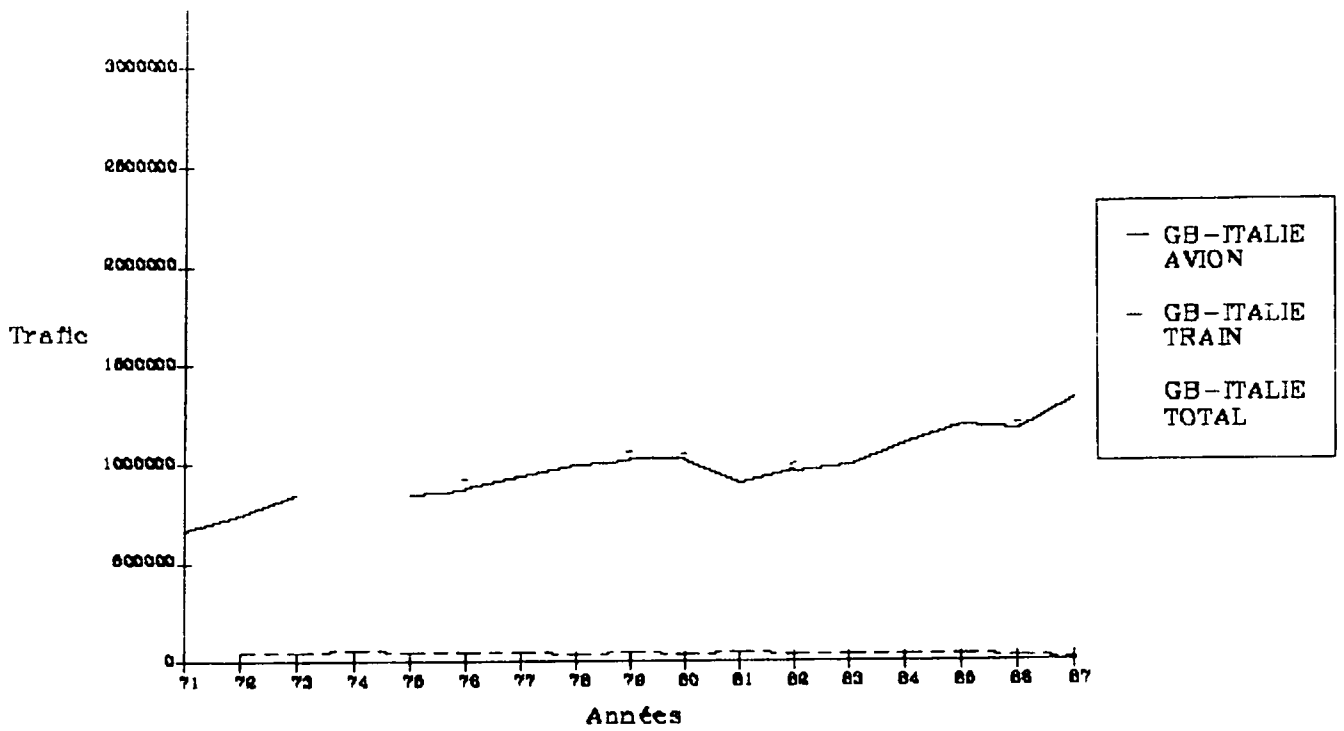
### AMSTERDAM BRUXELLES



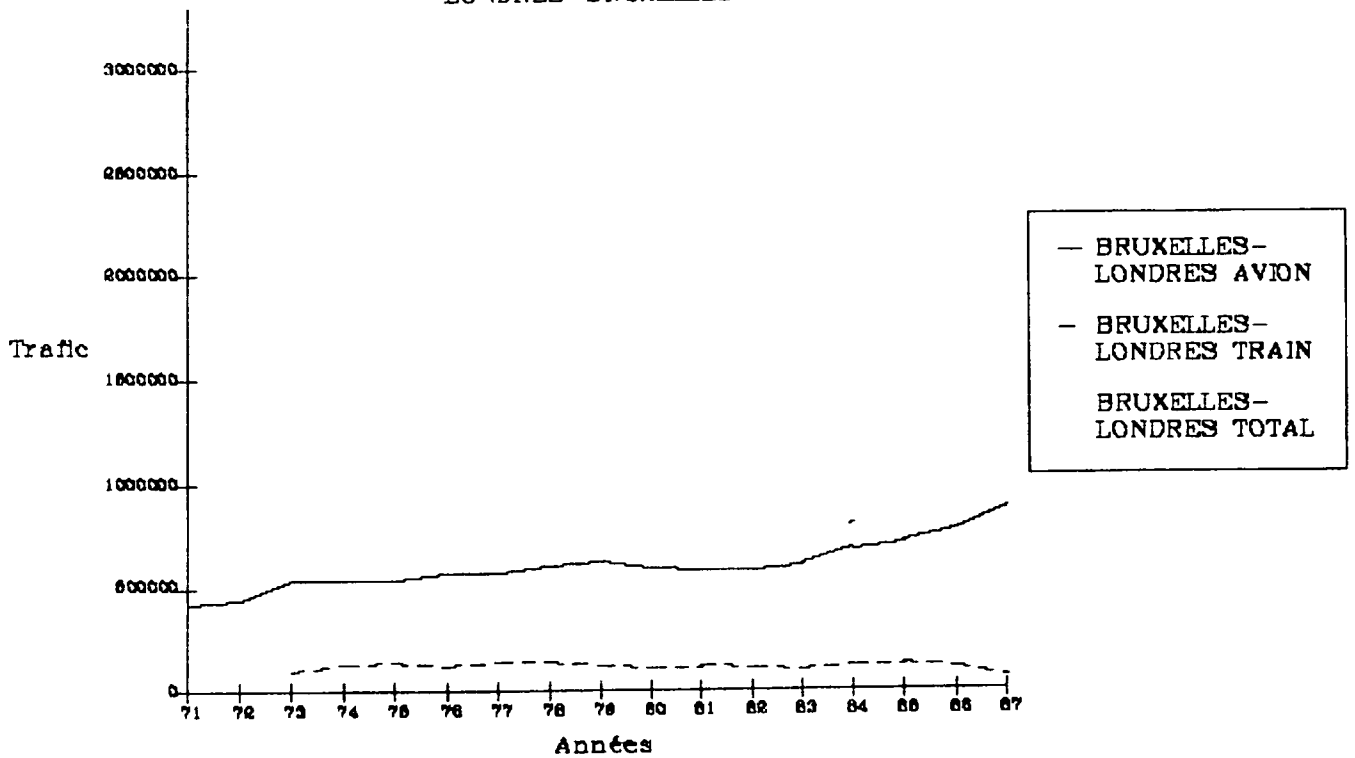
### PB-SUISSE



GB-ITALIE

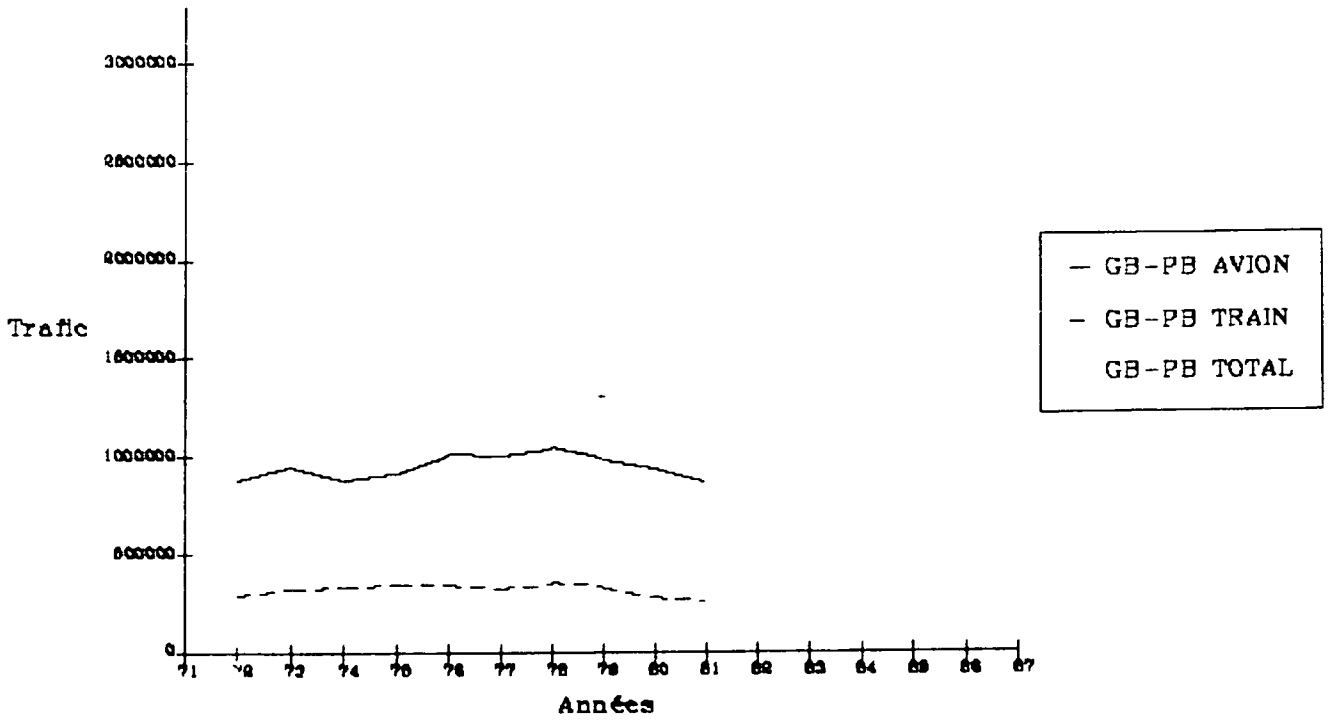


LONDRES-BRUXELLES

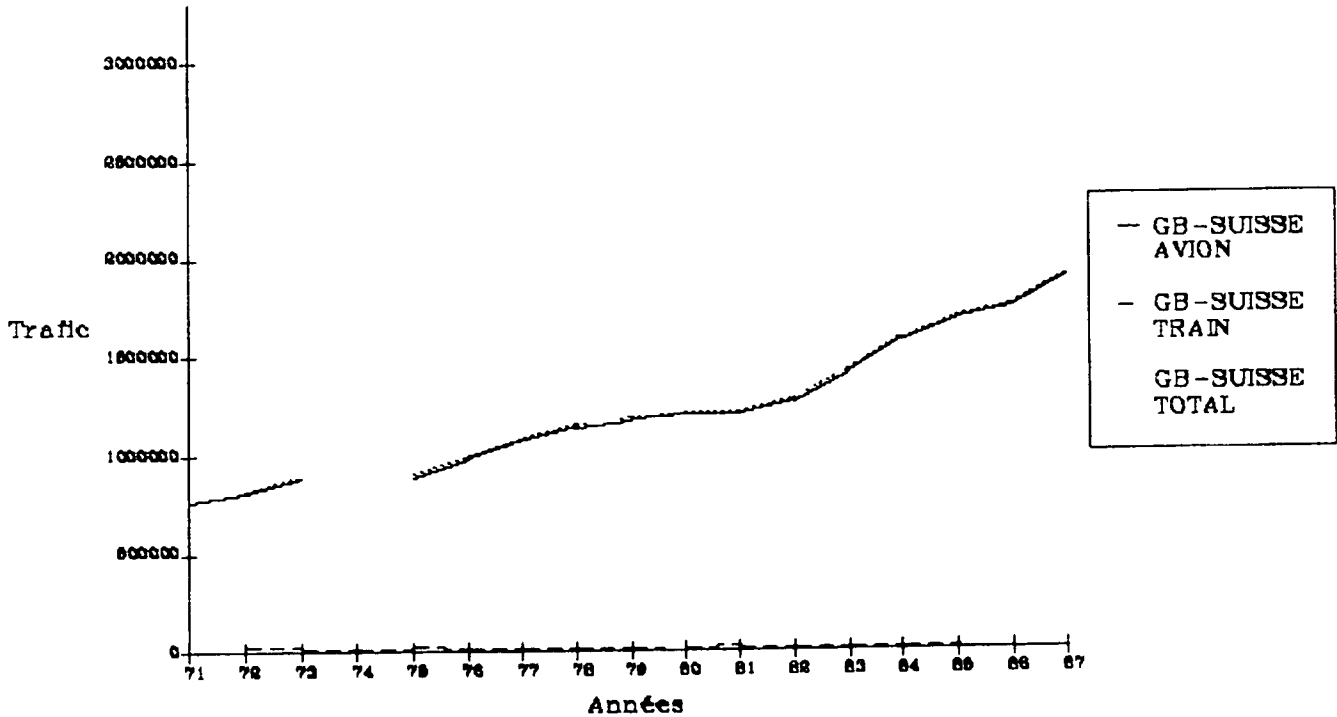




GB-PB



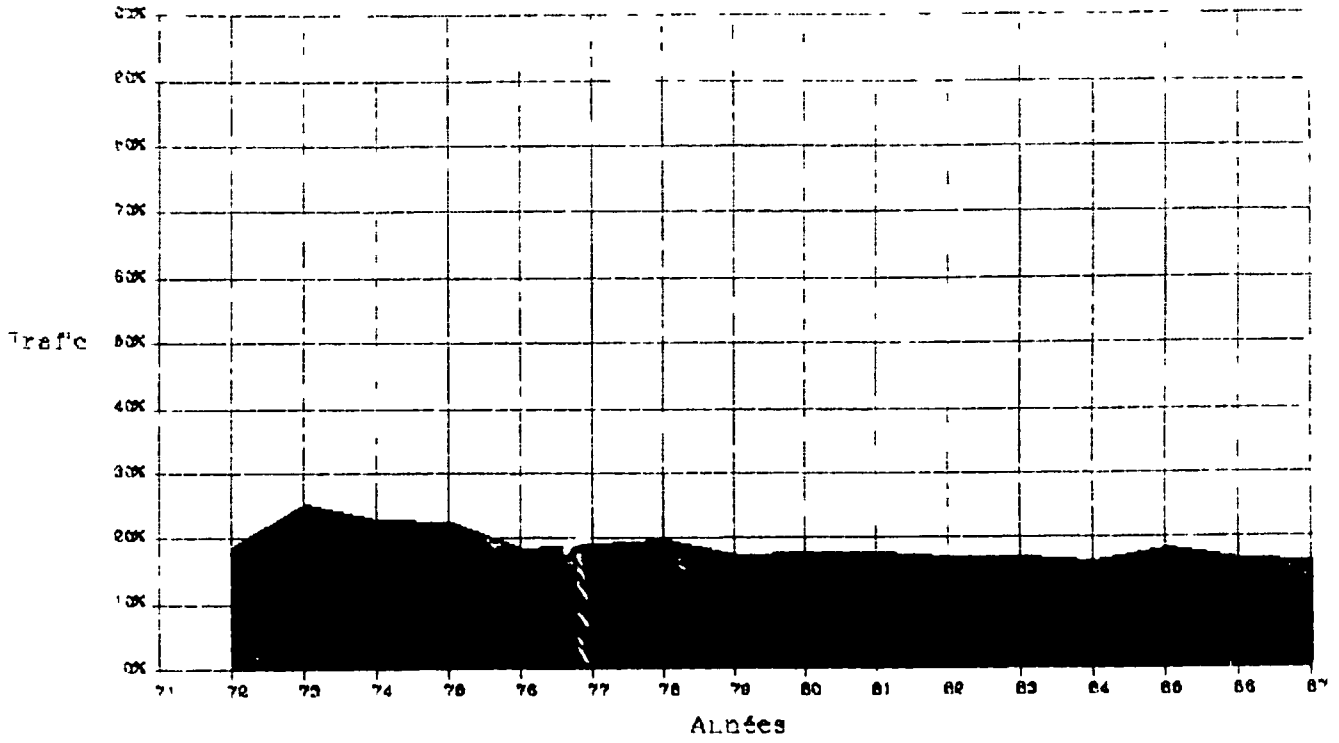
GB-SUISSE



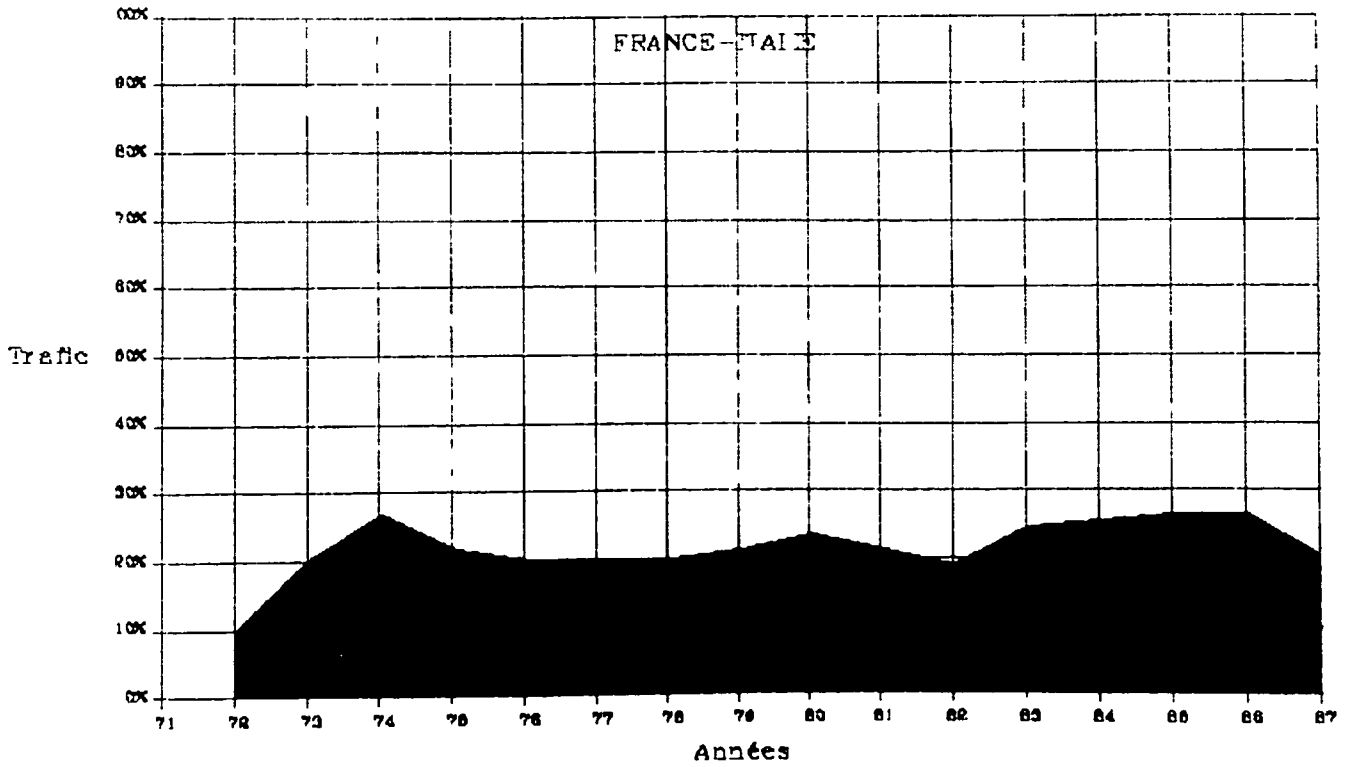
**ANNEXE N°3**

**PARTAGE MODAL DU TRAFIC INTERNATIONAL**

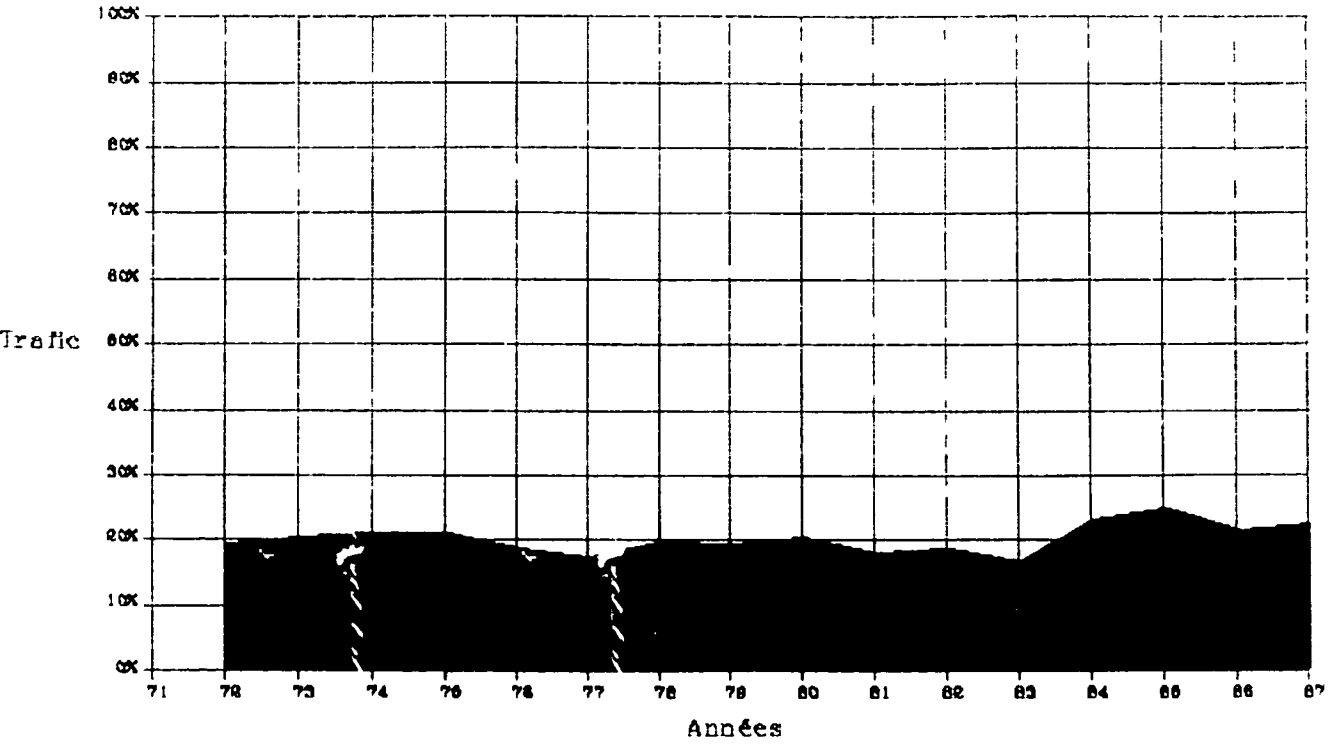
FRANCE - 1977



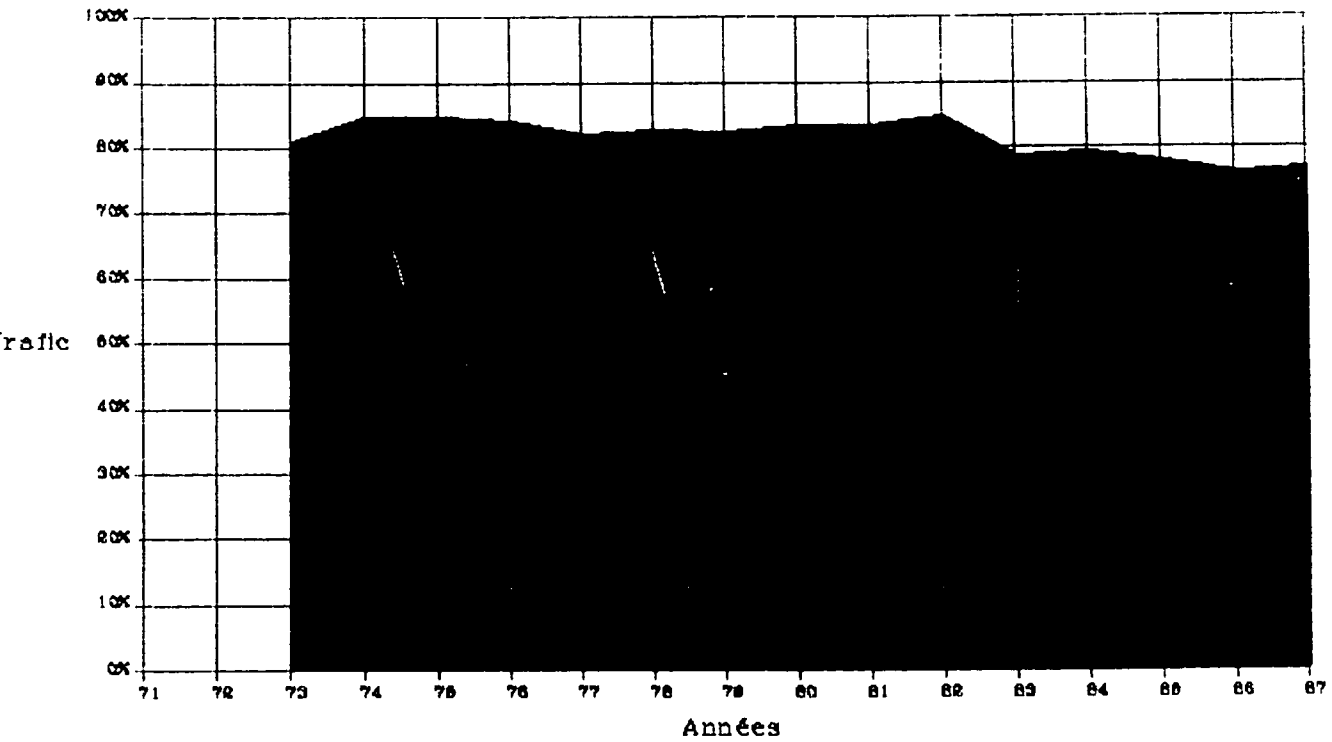
FRANCE - ITALIE



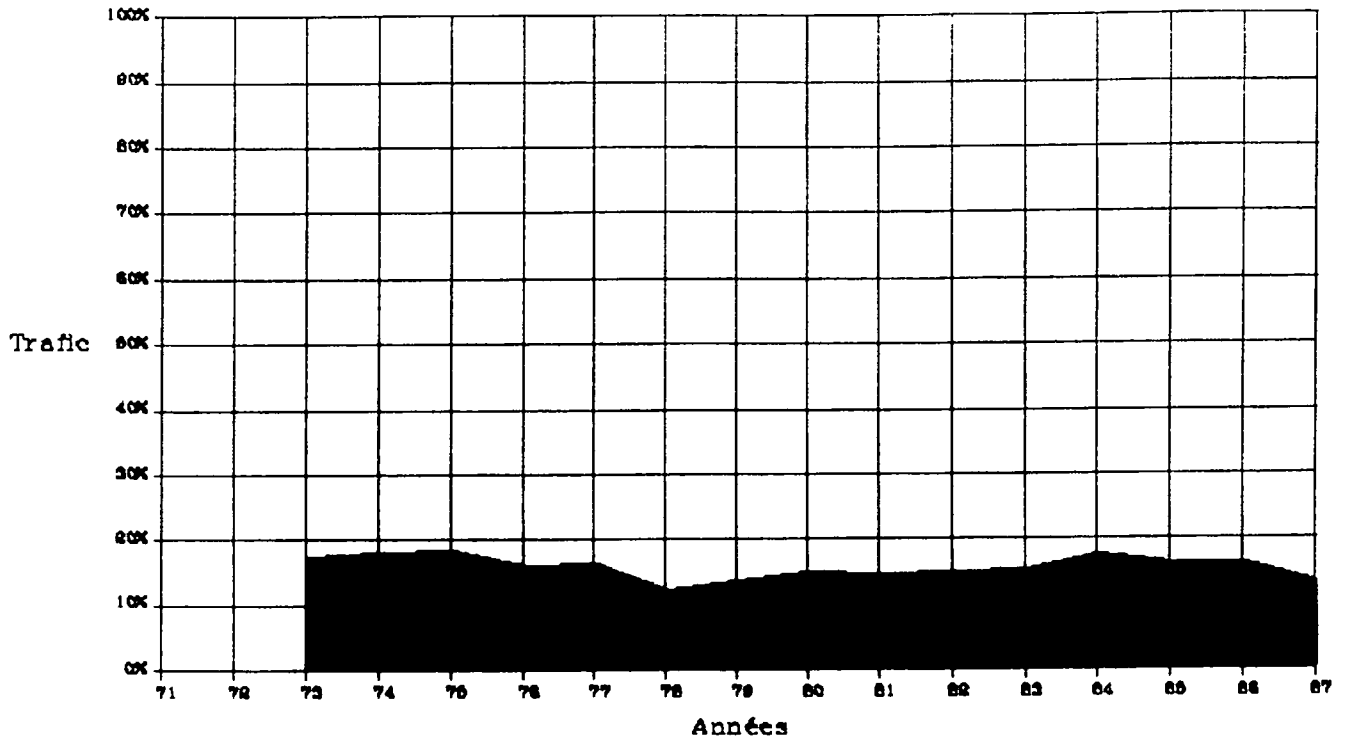
PARIS - AMSTERDAM



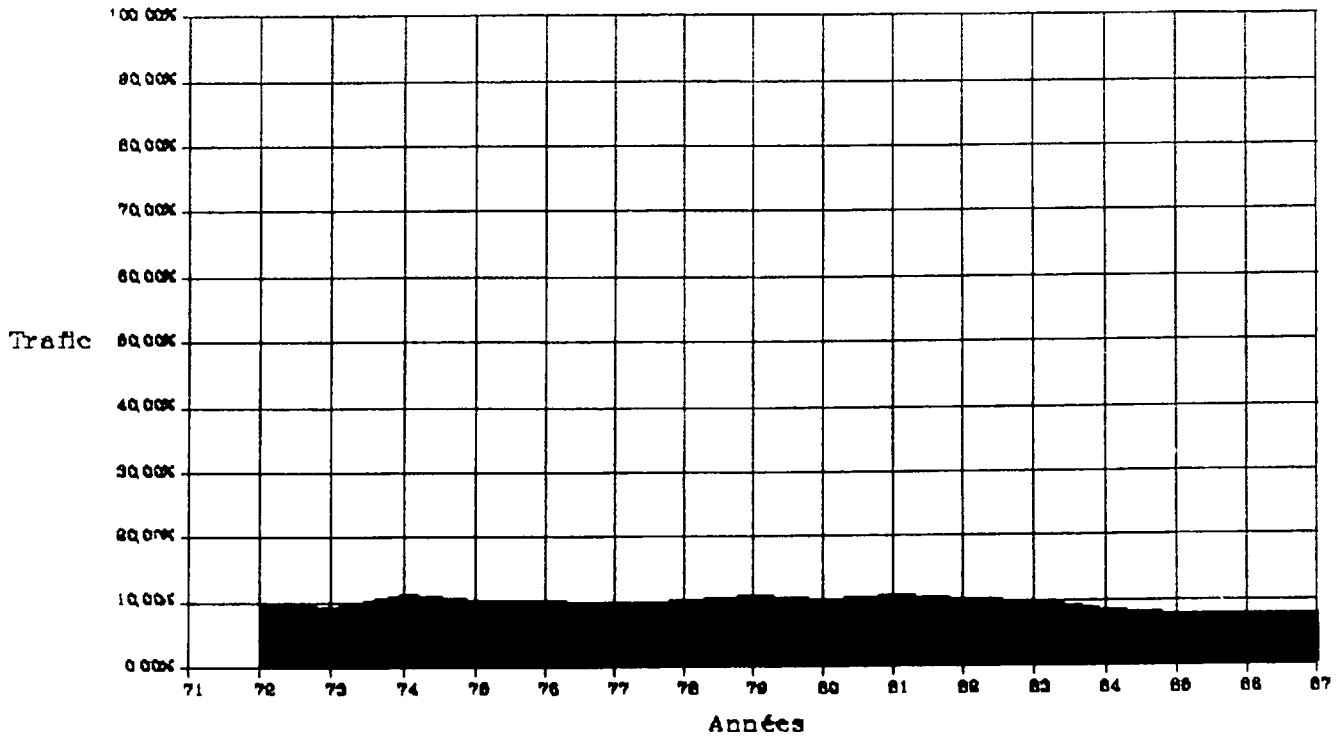
PARIS - BRUXELLES



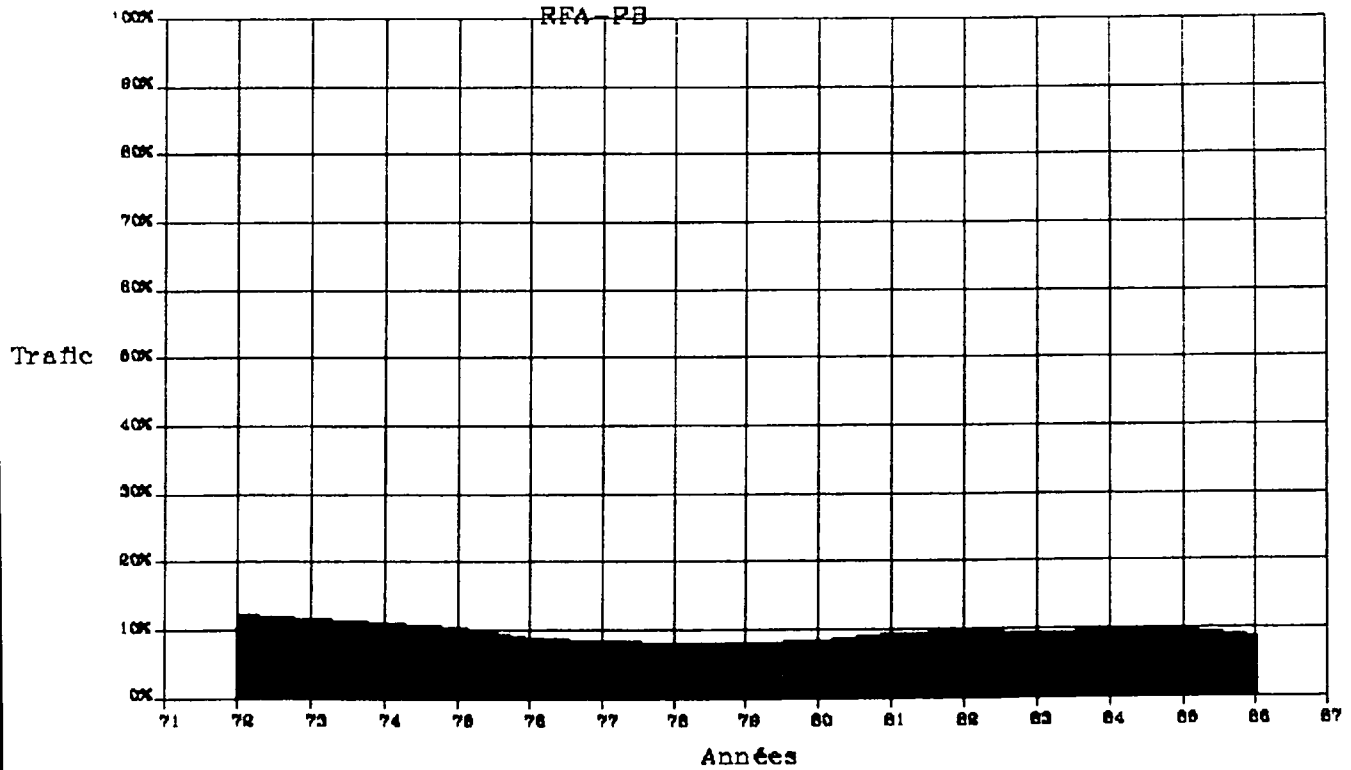
PARIS-ZURICH



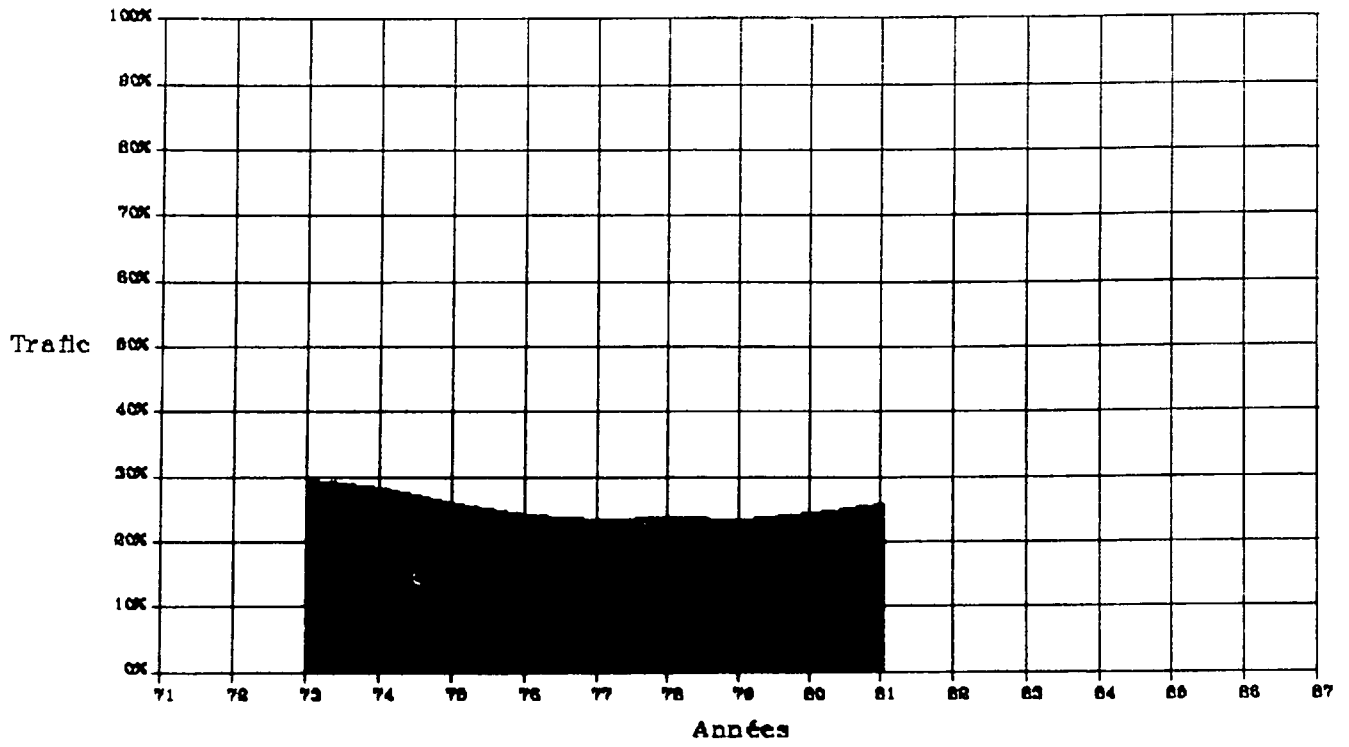
RFA - ITALIE



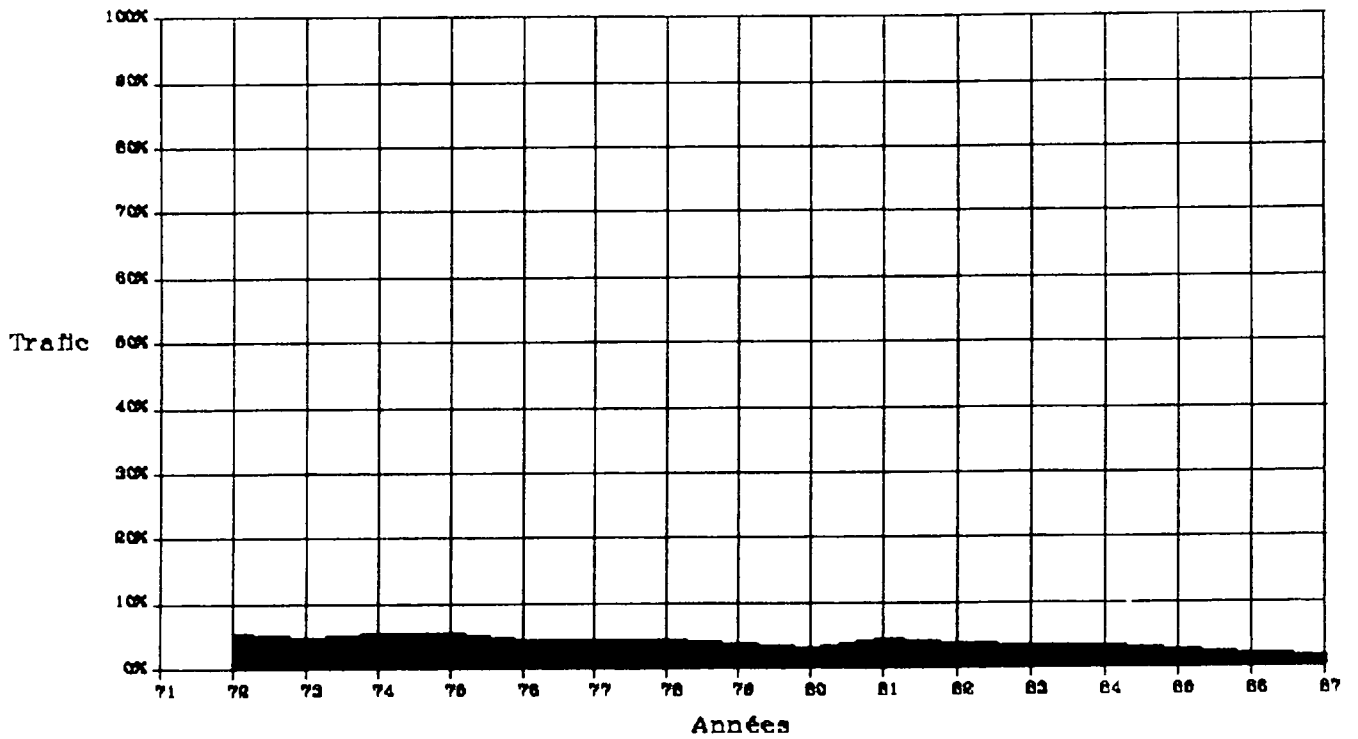
RFA - PB



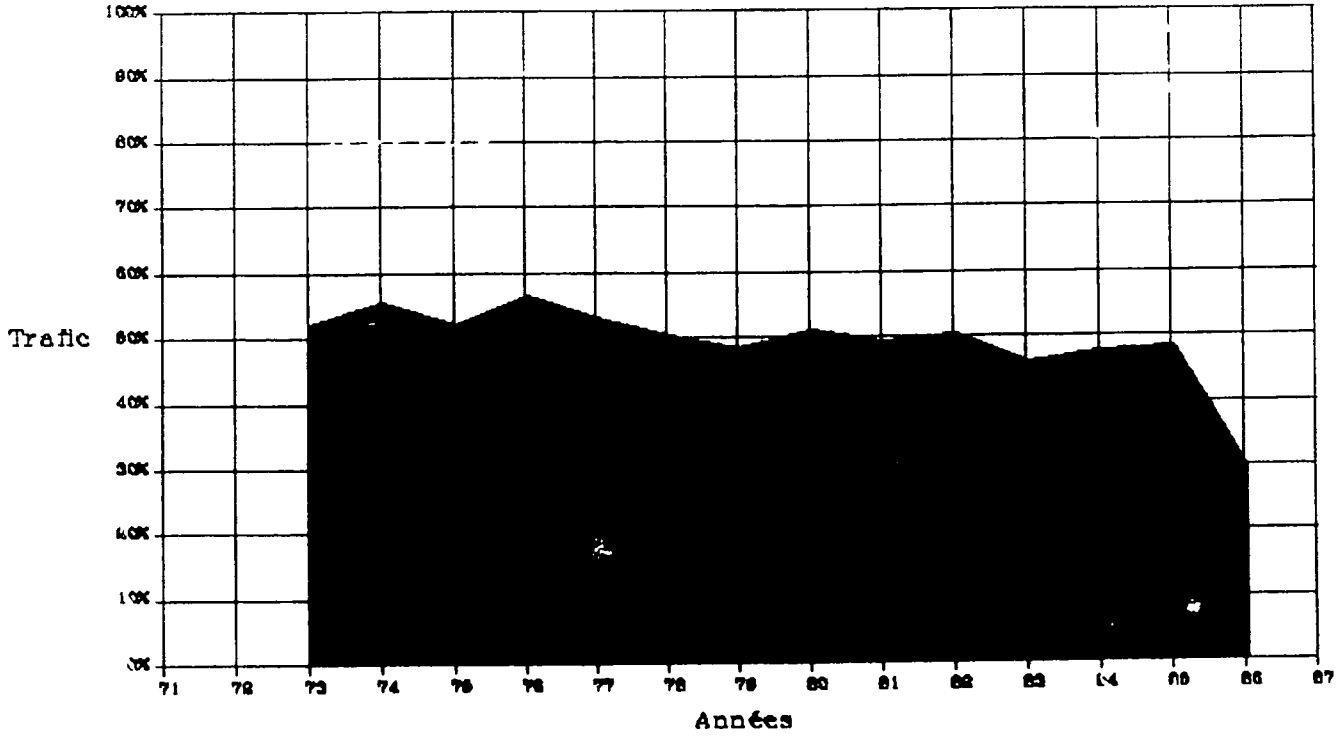
RFA-BELGQUE



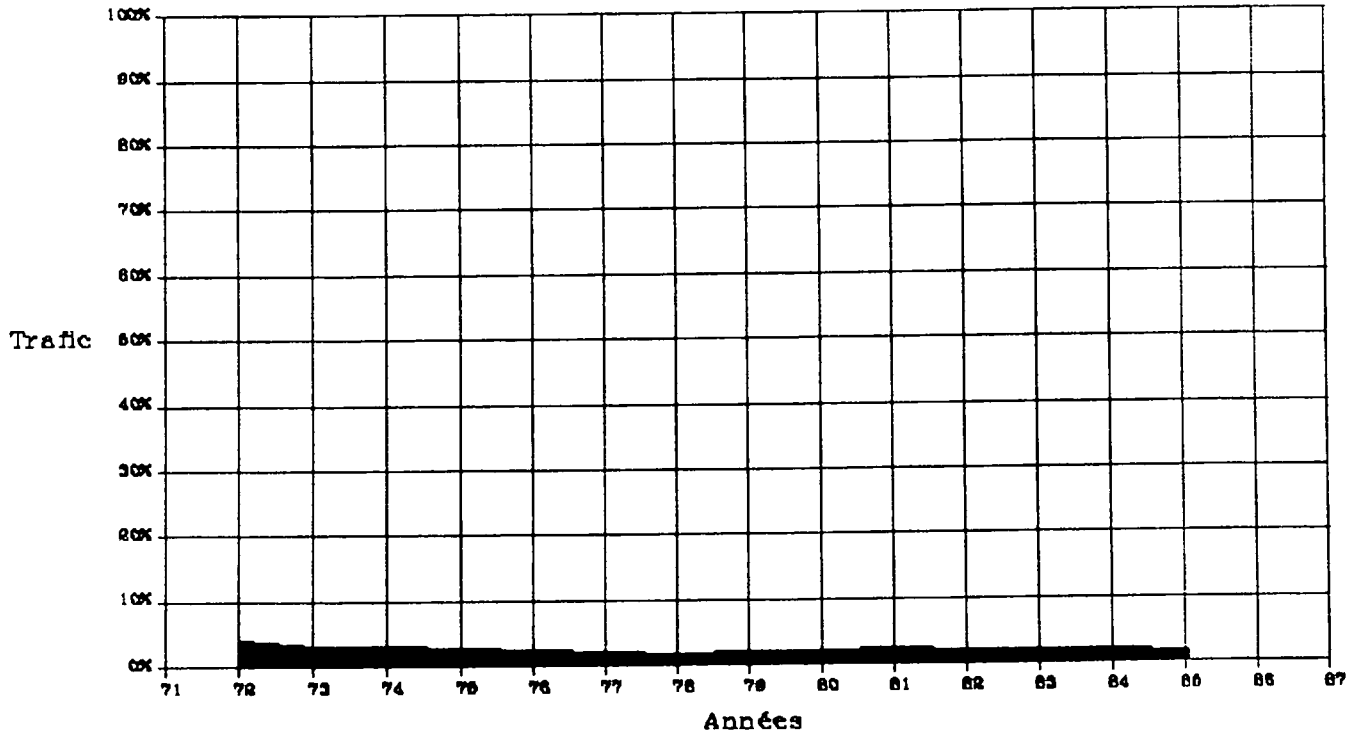
RFA-GB



### AMSTERDAM BRUXELLES

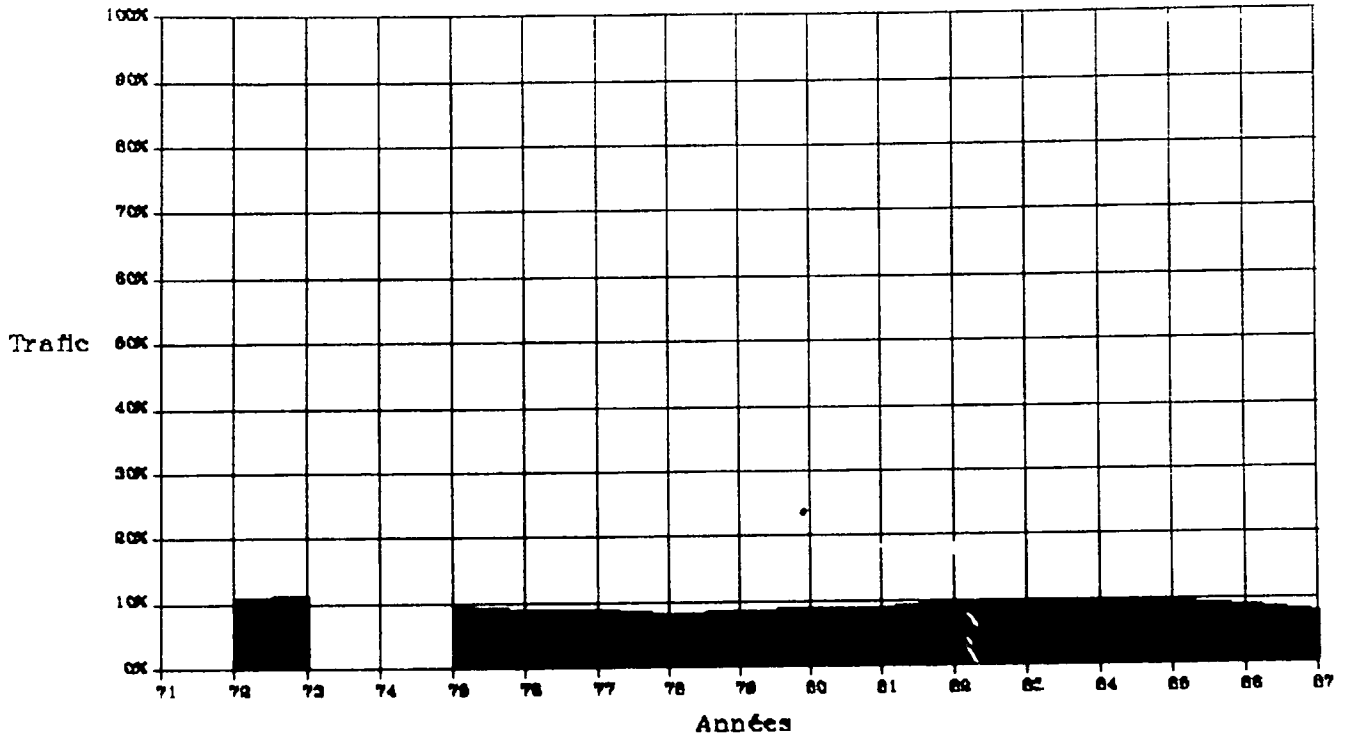


### PB-SUISSE

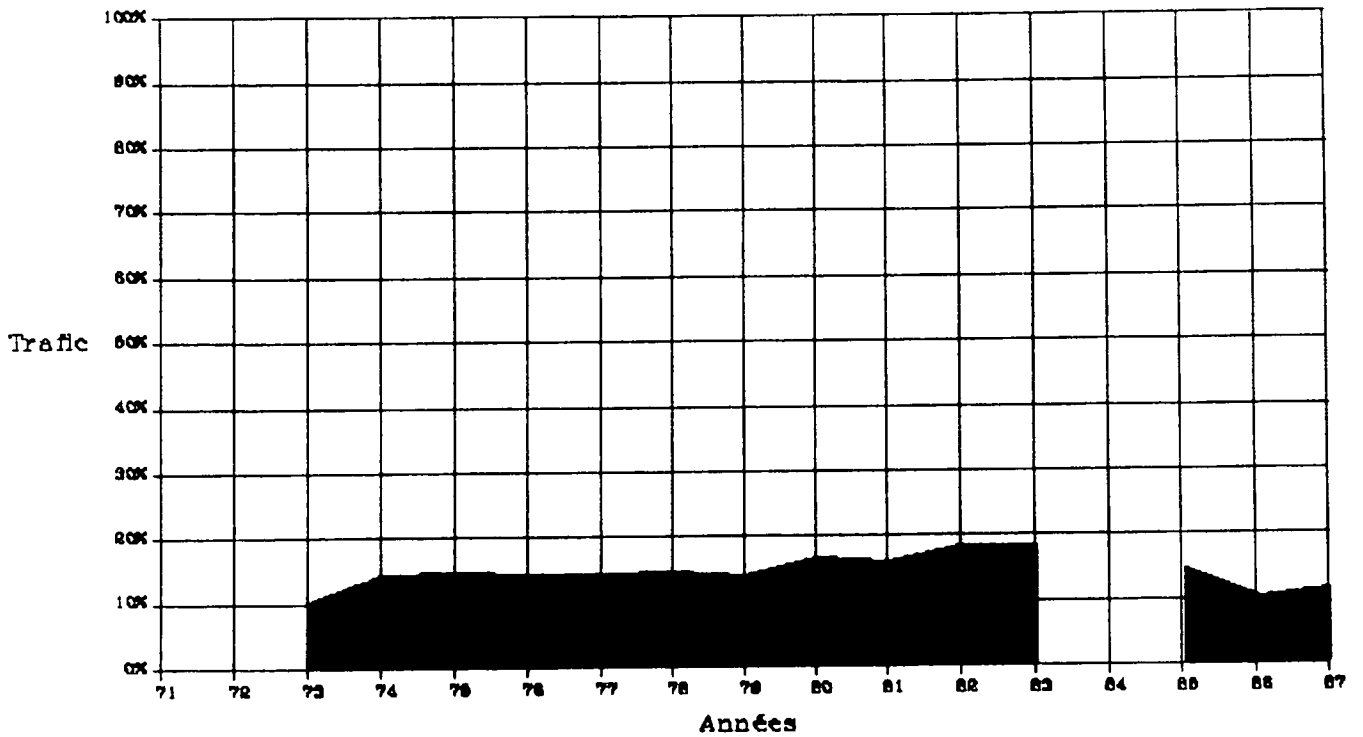




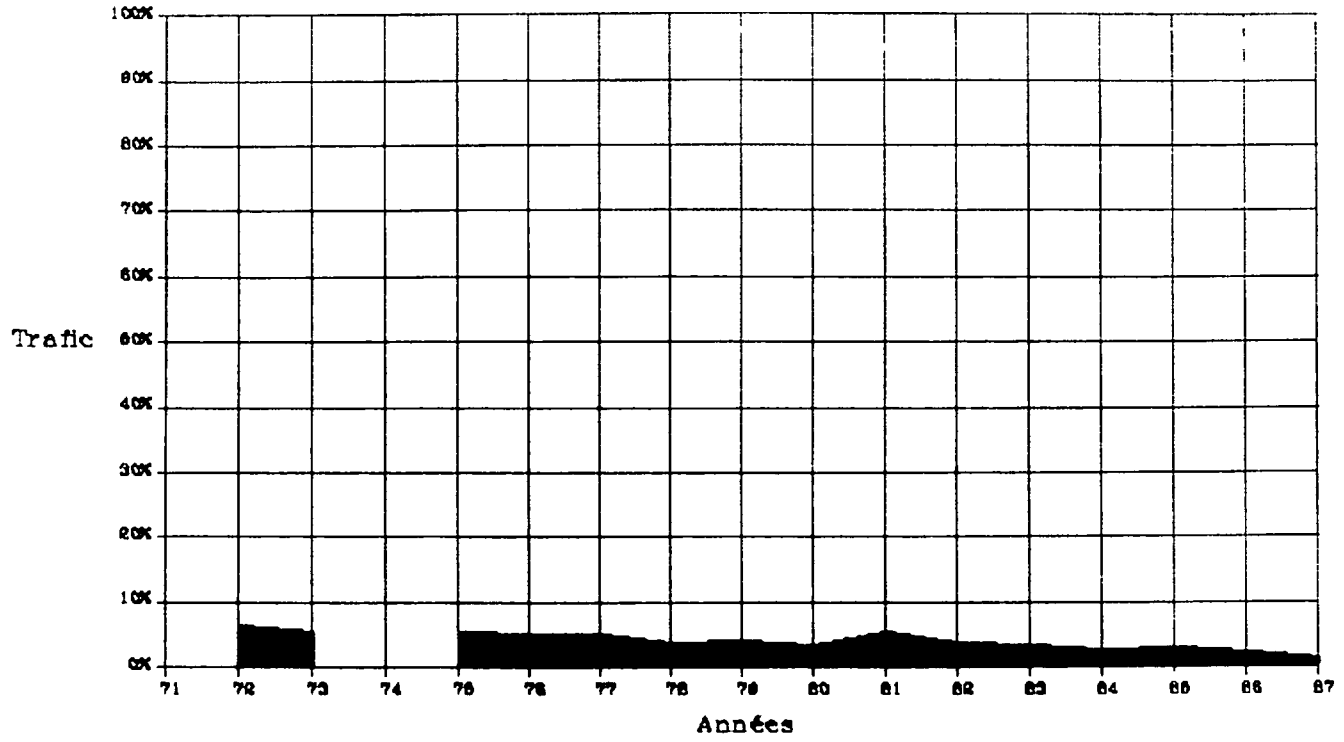
RFA - SUISSE



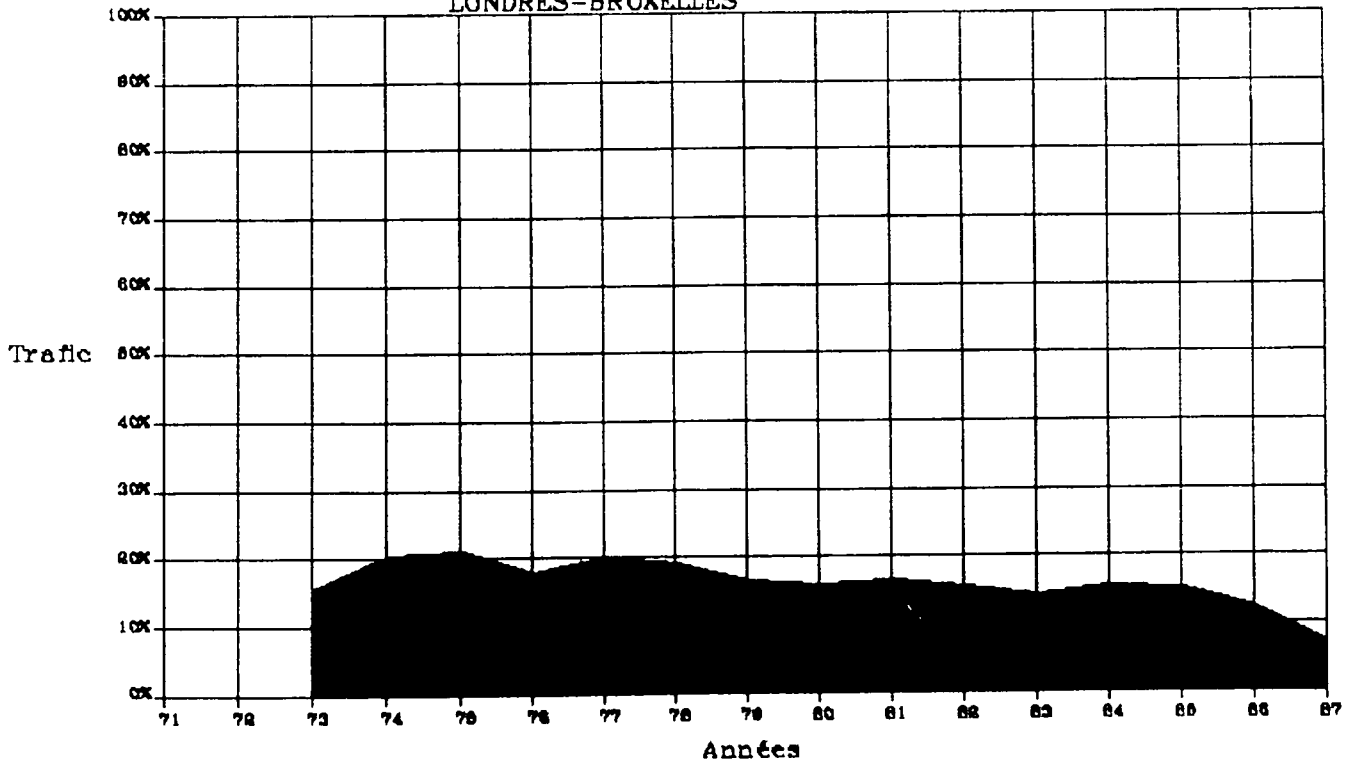
ITALIE - BELGIQUE



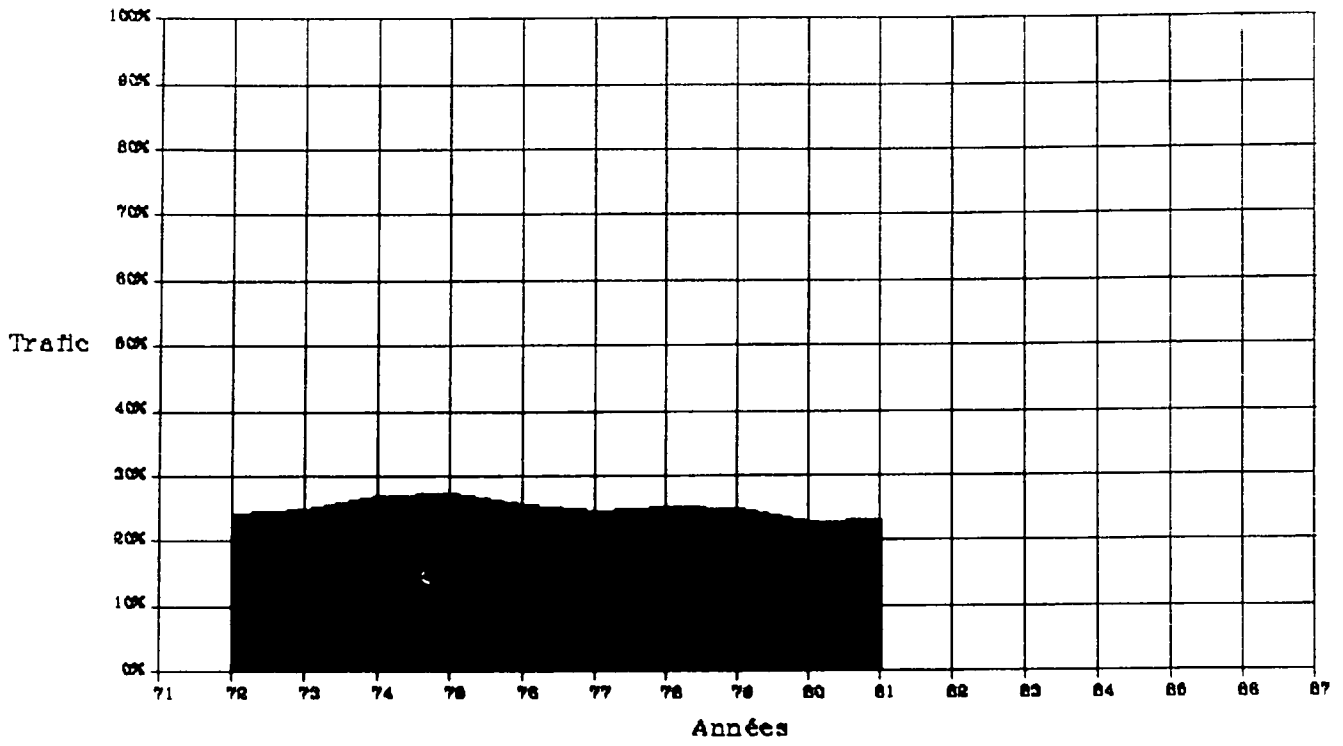
GB-ITALIE



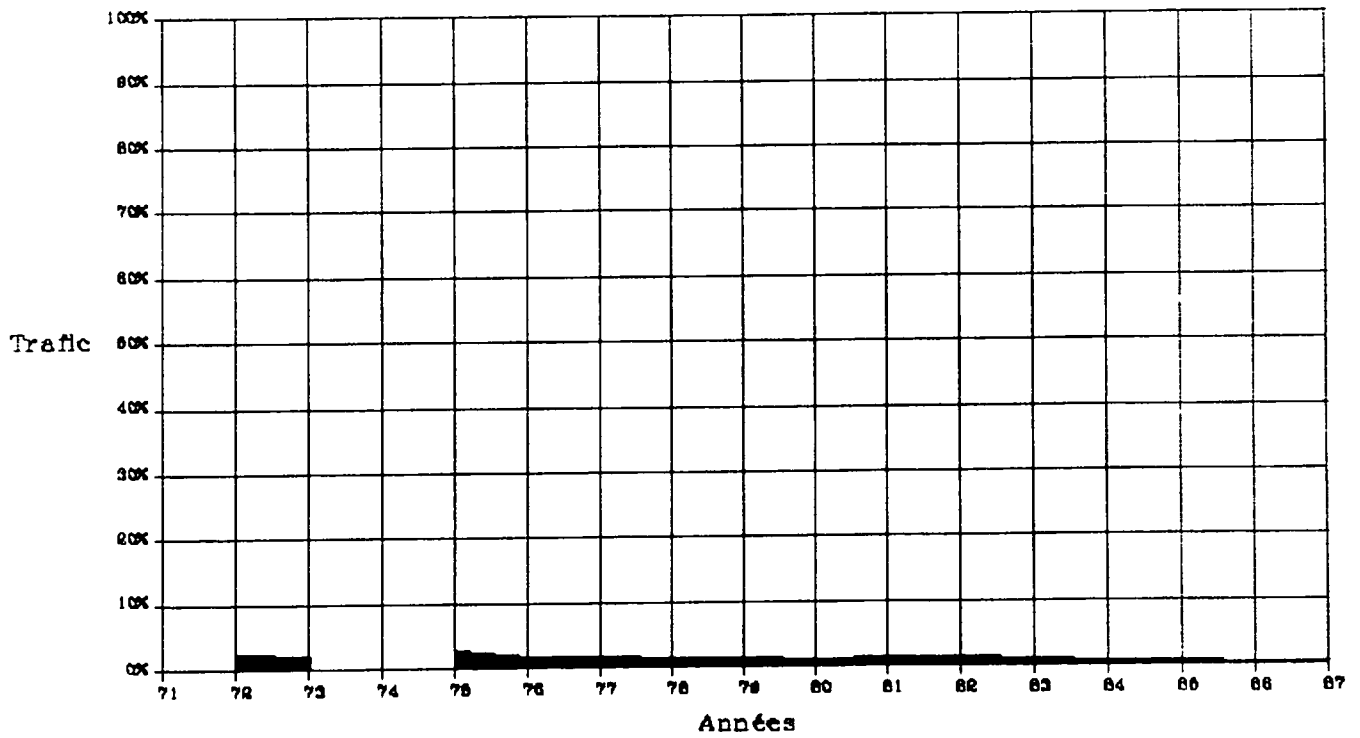
LONDRES-BRUXELLES



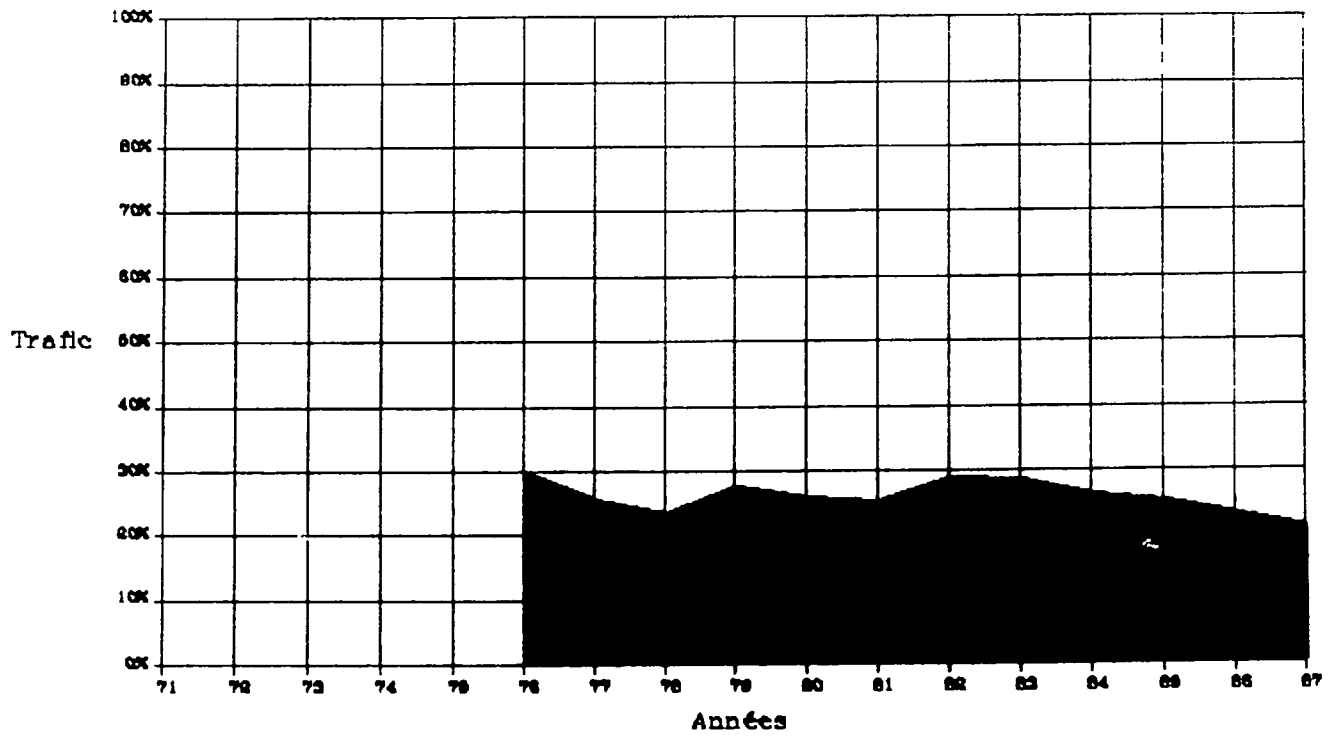
### GB-PE



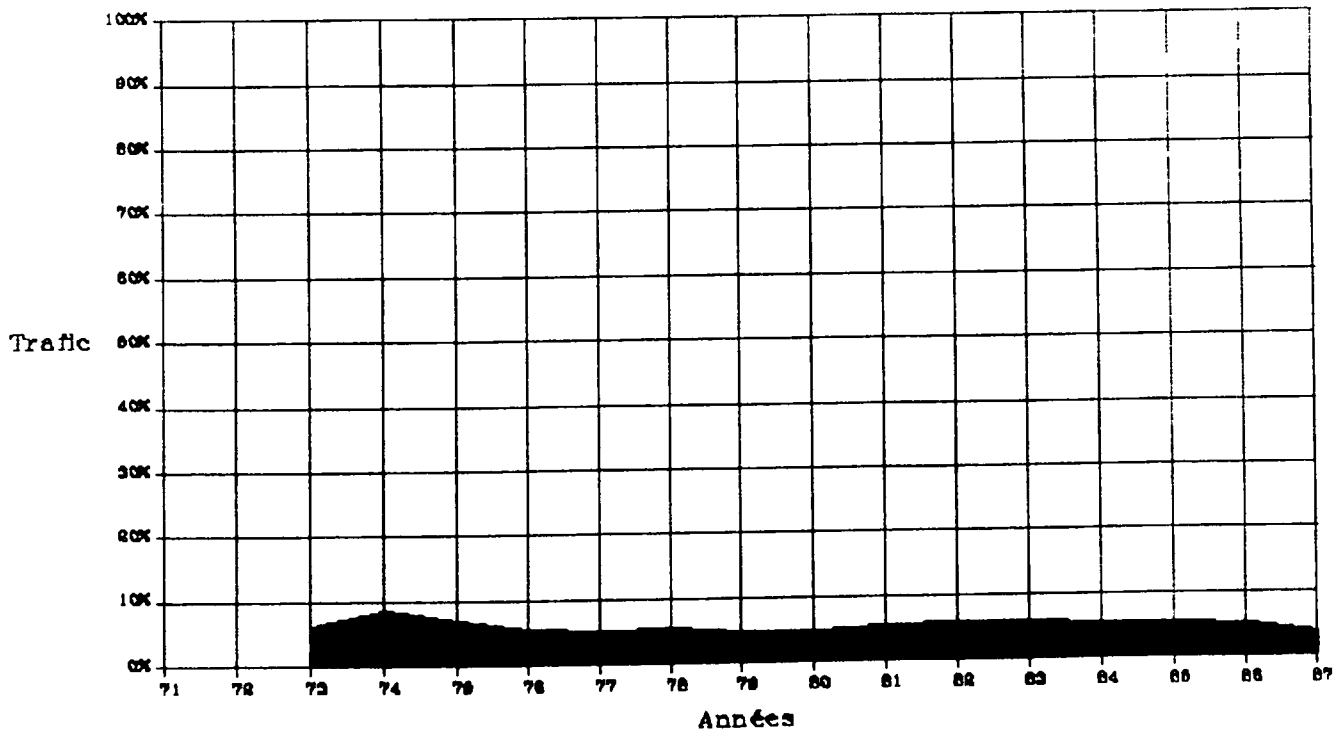
### GB-SUISSE



### ITALE - SUISSE



### BELGIQUE - SUISSE



**ANNEXE N°4**

**TRAFICS OBSERVES, TRAFICS ESTIMES ET EFFETS FRONTIERE  
AU NIVEAU INTERNATIONAL (MODELE A)**

<b>TRAFICS OBSERVES PAR LIAISONS</b>													
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
BRPA	1031	976	982	1006	1026	970	978	1135	880	928	1009	963	998
BRRO	158	137	151	151	144	154	150	148	148	143	152	141	163
BRMI	196	194	204	200	217	217	224	191	213		228	221	235
BRAM	186	193	198	201	216	210	212	208	196	210	219	155	
BRMU	41	51	58	66	69	68	61	59	59	63	66	73	111
BRFR	230	239	248	231	248	242	238	242	268	289	288	281	287
BRDU	44	41	41	41	47	45	43	40	38	41	42	45	47
BRHA	31	33	33	33	35	34	43	34	22	20	31	31	28
BRCO													
BRST	19	21	22	25	27	30	32	30	40	47	39	39	40
BRLO	684	695	714	748	752	708	703	694	713	807	849	883	942
BRGE	132	145	154	160	161	159	168	157	148	149	148	149	160
BRZU	120	127	141	141	144	139	147	136	133	139	144	149	153
PARO	490	485	517	535	591	589	618	601	588	599	600	576	620
PAMI	538	544	591	568	601	617	655	646	687	700	730	710	724
PAAM	480	494	507	490	485	482	485	498	497	574	609	601	656
PAMU	183	188	197	199	215	221	218	226	225	234	252	249	270
PAFR	485	525	538	565	594	583	601	576	554	575	604	574	590
PADU	201	210	229	237	237	247	244	248	237	232	236	250	250
PAHA	135	115	123	138	141	132	141	138	140	133	141	136	139
PACO	153	149	148	149	140	133	137	136	127	127	140	133	144
PAST	103	102	97	111	108	115	92	86	100	98	104	106	133
PALO						3477	3556	3403	3471	3639		3454	3551
PAZU	338	352	375	369	385	399	419	413	408	426	436	414	434
ROMU	98	93	106	100	115	114	105	115	115	122	128	122	148
ROFR	162	146	162	167	194	185	151	152	156	187	209	193	221
ROLO	451	434	487	496	505	488	440	464	492	529	564	530	572
ROGE		142	151	144	149	148	151	159	155	151	155	144	162
MIMU	80	82	91	92	95	102	96	85	95	95	97	104	113
MIFR	210	217	233	239	261	257	254	249	260	282	324	335	366
MIDU	104	103	115	110	107	123	125	123	131	138	138	157	150
MILO	442	484	496	529	555	560	507	530	536	602	666	668	781
MIGE		138	127	117	118	122	114	131	125	126	130	123	123
MIZU		267	267	252	262	219	254	268	270	267	274	278	294
AMMU	103	125	134	128	131	127	119	115	110	120	138	145	
AMFR	288	300	303	294	306	292	288	273	286	314	325	327	
AMDU	81	77	87	87	91	87	89	81	77	83	80	85	
AMHA	174	184	189	179	180	171	163	152	152	156	153	137	
AMBE	40	49	57	55	57	54	56	51	47	48	52	45	
AMLO	997	1073	1058	1098	1029	971	918						
AMGE	84	90	94	113	117	117	124	125	123	127	134		
AMZU	225	238	245	235	240	244	249	252	249	267	267		
RTLO	261	279	269	292	275	238	202						
MULO	357	339	337	377	414	482	440	481	525	600	640	656	703
MUZU	241	259	273	287	309	320	302	293	313	320	319	308	313
FRLO	536	589	663	691	744	726	689	655	768	874	959	968	1153
FRGE	124	133	142	138	151	154	160	153	159	156	159	166	186
FRZU	289	305	306	304	334	335	350	338	340	372	380	374	381
DULO	303	343	357	405	420	427	394	387	394	436	461	481	507
DUZU	181	191	210	214	214	209	210	217	215	215	203	224	225
HALO	239	271	284	326	351	343	339	306	308	324	324	327	361
HAZU	81	90	98	101	104	105	110	106	105	107	107	120	124
COLO	142	125	170	209	238	201	188	178	175	202	217	206	224
COZU	60	62	61	68	72	72	72	69	68	60	74	77	76
HVLO	86	88	112	131	161	161	156	135	129	142	162	153	165
BELO	54	54	67	74	79	78	79	66	64	68	83	84	89
LOGE	422	456	488	519	563	559	586	635	705	779	831	855	955
LOZU	492	545	602	637	632	652	628	642	716	807	865	896	957

<b>TRAFICS OBSERVES PAR PAYS</b>
----------------------------------

	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87
PARIS RFA	1260	1289	1332	1399	1435	1431	1433	1410	1383	1399	1477	1448	1526
BRUXELLES RFA	365	385	402	396	426	419	417	405	427	460	466	469	513
LONDRES RFA	1717	1809	1990	2213	2407	2418	2285	2208	2363	2646	2846	2875	3202
AMSTERDAM RFA	686	735	770	743	765	731	715	672	672	721	748	739	
ITALIE RFA	574	559	616	616	677	679	635	639	662	729	799	807	885
PARIS ITALIE	1028	1029	1108	1103	1192	1206	1273	1247	1275	1299	1330	1286	1344
BRUXELLES ITALIE	354	331	355	351	361	371	374	339	361		380	362	398
LONDRES ITALIE	893	918	983	1025	1060	1048	947	994	1028	1131	1230	1198	1353
RFA TOUS	4602	4777	5110	5367	5710	5678	5485	5334	5507	5955	6336	6338	
PAYS BAS LONDRES	1258	1352	1327	1390	1304	1209	1120						

<b>TRAFICS ESTIMES PAR LIAISONS</b>											
-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
BRPA	2932	3045	3047	3103	3146	3185	3147	3110	3091	3122	
BRRO	62	65	68	71	75	78	76	77	78	79	
BRMI	156	165	172	180	188	195	189	191	183	187	
BRAM			790	827	847	846	798	796	782	790	
BRMU	114	120	125	133	139	142	136	135	134	143	
BRFR	323	339	353	374	388	396	375	372	371	391	
BRDU	761	789	810	846	876	886	838	824	810	856	
BRHA	314	324	334	346	361	361	344	340	337	353	
BRCO	796	825	847	885	916	926	876	861	847	895	
BRST	165	173	180	188	195	198	189	187	184	194	
BRLO	1259	1266	1258	1339	1361	1355	1289	1274	1286	1316	
PARO	483	517	529	554	583	600	622	620	647	672	
PAMI	1250	1362	1387	1444	1519	1547	1592	1587	1576	1640	
PAAM			1282	1330	1371	1350	1346	1327	1352	1389	1482
PAMU	651	705	722	759	797	802	811	800	824	895	940
PAFR	1116	1208	1233	1293	1352	1358	1360	1335	1379	1481	1561
PADU	1370	1464	1475	1525	1590	1585	1585	1541	1570	1689	1741
PAHA	1117	1186	1201	1232	1295	1273	1285	1253	1289	1375	1431
PACO	1534	1640	1652	1708	1781	1775	1775	1725	1758	1891	1949
PAST	851	917	937	970	1011	1015	1024	999	1018	1094	1157
PALO	7859	8156	7938	8372	8569	8409	8462	8263	8648	9000	9911
ROMU	152	165	176	192	208	216	217	218	228	250	
ROFR	90	97	103	112	121	126	125	125	131	142	
ROLO	187	194	197	215	227	230	230	229	242	255	
MIMU	498	549	583	633	685	703	701	705	700	770	
MIFR	263	289	307	332	358	367	362	362	361	393	
MIDU	164	178	186	199	214	217	214	212	208	227	
MILO	385	407	411	447	472	473	468	467	471	496	
AMMU			99	107	114	113	109	109	111	120	119
AMFR			260	280	295	293	280	277	283	304	303
AMDU			737	784	826	812	775	760	766	824	803
AMHA			508	536	568	551	531	523	531	567	558
AMBE			298	311	319	312	302	297	298	309	303
AMLO			978	1061	1097	1062	1019	1005	1040	1082	1127
RTLO			1241	1346	1391	1347	1293	1275	1319	1373	1430
MULO	240	252	256	281	296	293	285	281	294	323	332
FRLO	422	442	448	492	515	509	491	482	505	550	566
DULO	628	651	650	703	735	721	694	674	698	760	765
HALO	700	720	723	776	817	791	768	749	783	846	860
COLO	646	669	668	723	756	741	713	693	717	782	787
HVLO	311	328	330	360	372	371	358	350	360	393	396
BELO	312	326	328	347	354	346	337	328	338	356	360



<b>TRAFICS ESTIMES PAR PAYS</b>
---------------------------------

	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
PARIS RFA	6639	7120	7220	7487	7826	7808	7840	7653	7838	8425	8779
BRUXELLES RFA	2473	2570	2649	2772	2875	2909	2758	2719	2683	2832	
LONDRES RFA	3259	3388	3403	3682	3845	3772	3646	3557	3695	4010	4066
AMSTERDAM RFA			1902	2018	2122	2081	1997	1966	1989	2124	2086
ITALIE RFA	1167	1278	1355	1468	1586	1629	1619	1622	1628	1782	
PARIS ITALIE	1733	1879	1916	1998	2102	2147	2214	2207	2223	2312	
BRUXELLES ITALIE	218	230	240	251	263	273	265	268	261	266	
LONDRES ITALIE	572	601	608	662	699	703	698	696	713	751	
RFA TOUS			16529	17427	18254	18199	17860	17517	17833	19173	
PAYS BAS LONDRES			2219	2407	2488	2409	2312	2280	2359	2455	2557

## EFFETS FRONTIERE PAR LIAISONS

	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85
BRPA	2 84	3 12	3 10	3 08	3 07	3 28	3 22	2 74	3 51	3 36	
BRRO	0 39	0 47	0 45	0 47	0 52	0 51	0 51	0 52	0 53	0 55	
BRMI	0 80	0 85	0 84	0 90	0 87	0 90	0 84	1 00	0 86		
BRAM			3 99	4 11	3 92	4 03	3 76	3 83	3 99	3 76	
BRMU	2 78	2 35	2 16	2 02	2 01	2 09	2 23	2 29	2 27	2 27	
BRFR	1 40	1 42	1 42	1 62	1 56	1 64	1 58	1 54	1 38	1 35	
BRDU	17 30	19 24	19 76	20 63	18 64	19 69	19 49	20 60	21 32	20 88	
BRHA	10 13	9 82	10 12	10 48	10 31	10 62	8 00	10 00	15 32	17 65	
BRCO											
BRST	8 68	8 24	8 18	7 52	7 22	6 60	5 91	6 23	4 60	4 13	
BRLO	1 84	1 82	1 76	1 79	1 81	1 91	1 83	1 84	1 80	1 63	
PARO	0 99	1 07	1 02	1 04	0 99	1 02	1 01	1 03	1 10	1 12	
PAMI	2 32	2 50	2 35	2 54	2 53	2 51	2 43	2 46	2 29	2 34	
PAAM			2 53	2 71	2 83	2 80	2 78	2 66	2 72	2 42	2 43
PAMU	3 56	3 75	3 66	3 81	3 71	3 63	3 72	3 54	3 66	3 82	3 73
PAFR	2 30	2 30	2 29	2 29	2 28	2 33	2 26	2 32	2 49	2 58	2 58
PADU	6 82	6 97	6 44	6 43	6 71	6 42	6 50	6 21	6 62	7 28	7 38
PAHA	8 27	10 31	9 76	8 93	9 18	9 64	9 11	9 08	9 21	10 34	10 15
PACO	10 03	11 01	11 16	11 46	12 72	13 35	12 96	12 68	13 84	14 89	13 92
PAST	8 26	8 99	9 66	8 74	9 36	8 83	11 13	11 62	10 18	11 16	11 13
PALO						2 42	2 38	2 43	2 49	2 47	
ROMU	1 55	1 77	1 66	1 92	1 81	1 89	2 07	1 90	1 98	2 05	
ROFR	0 56	0 66	0 64	0 67	0 62	0 68	0 83	0 82	0 84	0 76	
ROLO	0 41	0 45	0 40	0 43	0 45	0 47	0 52	0 49	0 49	0 48	
MIMU	6 22	6 70	6 41	6 88	7 21	6 89	7 30	8 29	7 37	8 11	
MIFR	1 25	1 33	1 32	1 39	1 37	1 43	1 43	1 45	1 39	1 39	
MIDU	1 58	1 73	1 62	1 81	2 00	1 76	1 71	1 72	1 59	1 64	
MILO	0 87	0 84	0 83	0 84	0 85	0 84	0 92	0 88	0 88	0 82	
AMMU			0 74	0 84	0 87	0 89	0 92	0 95	1 01	1 00	0 86
AMFR			0 86	0 95	0 96	1 00	0 97	1 01	0 99	0 97	0 93
AMDU			8 47	9 01	9 08	9 33	8 71	9 38	9 95	9 93	10 04
AMHA			2 69	2 99	3 16	3 22	3 26	3 44	3 49	3 63	3 65
AMBE			5 23	5 65	5 60	5 78	5 39	5 82	6 34	6 44	5 83
AMLO			0 92	0 97	1 07	1 09	1 11				
RTLO			4 61	4 61	5 06	5 66	6 40				
MULO	0 67	0 74	0 76	0 75	0 71	0 61	0 65	0 58	0 56	0 54	0 52
FRLO	0 79	0 75	0 68	0 71	0 69	0 70	0 71	0 74	0 66	0 63	0 59
DULO	2 07	1 90	1 82	1 74	1 75	1 69	1 76	1 74	1 77	1 74	1 66
HALO	2 93	2 66	2 55	2 38	2 33	2 31	2 27	2 45	2 54	2 61	2 65
COLO	4 55	5 35	3 93	3 46	3 18	3 69	3 79	3 89	4 10	3 87	3 63
HVLO	3 62	3 73	2 95	2 75	2 31	2 30	2 29	2 59	2 79	2 77	2 44
BELO	5 78	6 04	4 90	4 69	4 48	4 44	4 27	4 97	5 28	5 24	4 34

<b>EFFETS FRONTIERE PAR PAYS</b>
----------------------------------

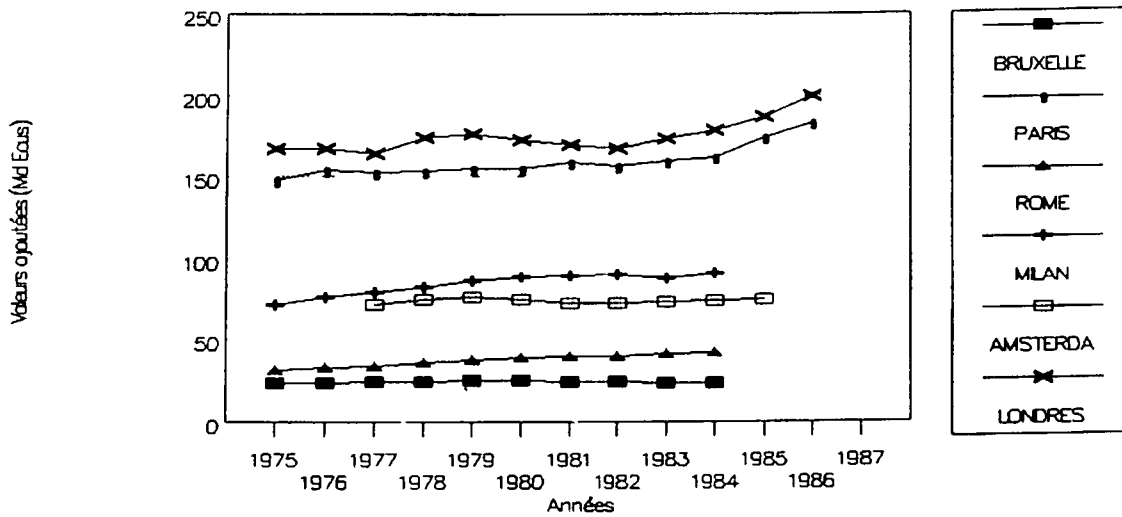
	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
RFA TOUS			3 23	3 25	3 20	3 21	3 26	3 28	3 24	3 22
PARIS RFA	5 27	5 52	5 42	5 35	5 45	5 46	5 47	5 43	5 67	6 02
BRUXELLES RFA	6 78	6 68	6 59	7 00	6 75	6 94	6 61	6 71	6 28	6 16
LONDRES RFA	1 90	1 87	1 71	1 66	1 60	1 56	1 60	1 61	1 56	1 52
AMSTERDAM-RFA			2 47	2 72	2 77	2 85	2 79	2 93	2 96	2 95
ITALIE RFA	2 03	2 29	2 20	2 38	2 34	2 40	2 55	2 54	2 46	2 44
PARIS ITALIE	1 69	1 83	1 73	1 81	1 76	1 78	1 74	1 77	1 74	1 78
BRUXELLES ITALIE	0 62	0 69	0 68	0 72	0 73	0 74	0 71	0 79	0 72	
LONDRES ITALIE	0 64	0 65	0 62	0 65	0 66	0 67	0 74	0 70	0 69	0 66
BRUXELLES PARIS	2 84	3 12	3 10	3 08	3 07	3 28	3 22	2 74	3 51	3 36
PARIS AMSTERDAM			2 53	2 71	2 83	2 80	2 78	2 66	2 72	2 42
PARIS LONDRES						2 42	2 38	2 43	2 49	2 47
BRUXELLES LONDRES	1 84	1 82	1 76	1 79	1 81	1 91	1 83	1 84	1 80	1 63
PAYS-BAS LONDRES			1 67	1 73	1 91	1 99	2 06			
BRUXELLES AMSTERDAM			3 99	4 11	3 92	4 03	3 76	3 83	3 99	3 76

**ANNEXE N°5**

**VALEURS AJOUTEES BRUTES CORRIGEES PAR PAYS**

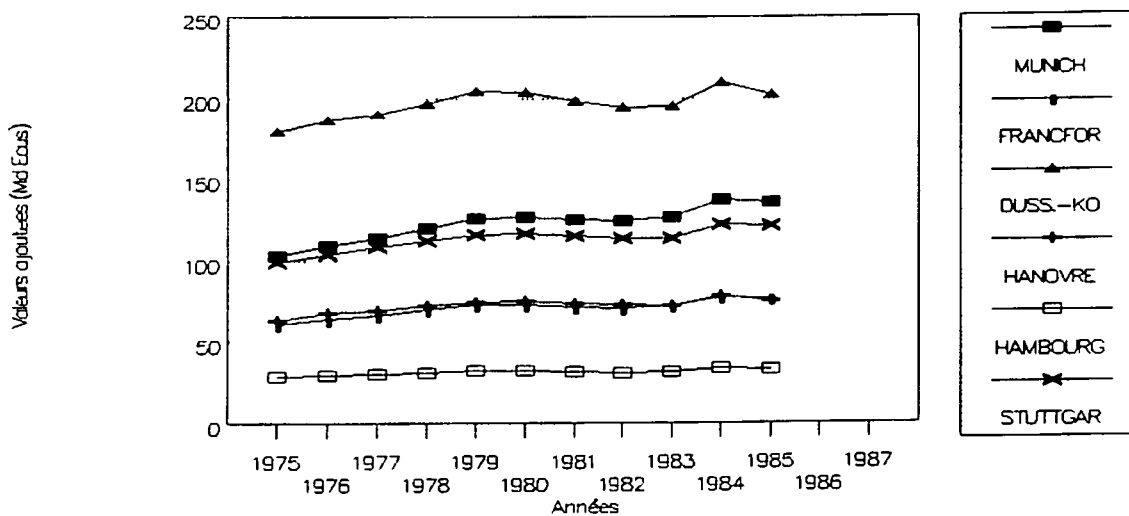
## VALEURS AJOUTEES BRUTES REGIONALES

en Milliard d'Ecus (inflation déduite)



## VALEURS AJOUTEES BRUTES REGIONALES

en Milliard d'Ecus (inflation déduite)



<b>LISTE DES GRAPHIQUES</b>
-----------------------------

Graphique 2 1	Evolution du trafic international train + avion avec Paris	5
Graphique 2 2	Evolution du trafic international train + avion avec Londres	6
Graphique 2 3	Evolution du trafic international train + avion avec la RFA	6
Graphique 2 4	Evolution du trafic international train + avion avec les Pays-Bas	7
Graphique 2 5	Evolution du trafic international train + avion avec l'ITALIE	8
Graphique 2 6	Evolution du trafic international train + avion avec Bruxelles	8
Graphique 2 7	Relation trafic distance SNCF en 1988	10
Graphique 2 8	Trafic SNCF Paris-Lyon et Paris-Lille	11
Graphique 2 9	Trafic SNCF Paris-autres villes	11
Graphique 2 10	Trafic avion entre Paris et les principaux aeroports de province (1)	12
Graphique 2 11	Trafic avion entre Paris et les principaux aeroports de province (2)	13
Graphique 2 12	Trafic aérien national selon la distance à vol d'oiseau (France)	20
Graphique 2 13	Tarif aérien selon la distance a vol d'oiseau (France)	21
Graphique 2 14	Part du fer dans le trafic train + avion selon la distance tarifaire SNCF entre Paris et Province (1988)	22
Graphique 2 15	Part du fer dans le trafic train + avion selon le meilleur temps de parcours SNCF entre Paris et Province (1988)	22
Graphique 2 16	Evolutions comparées des trafics estime et observe par le modèle A pour les différentes liaisons Paris-Province	32
Graphique 2 17	Effets-frontiere Paris-villes de RFA (modele A)	36
Graphiques 2 18	Effets-frontiere par pays (Modèle A)	37



<b>TABLE DES MATIERES</b>
---------------------------

<b>1 INTRODUCTION</b>	<b>3</b>
<b>2 METHODOLOGIE</b>	<b>3</b>
2 1 Un modele gravitaire	4
2 2 Les donnees internationales	5
2 3 Les donnees nationales	9
<b>3 LES MODELES FRANÇAIS</b>	<b>14</b>
3 1 Les modeles TRAIN	16
3 2 Les modeles AVION	19
3 3 Les modeles TRAIN + AVION	25
3 4 Les modeles TRAIN + AVION avec les PIB regionaux actualises	28
3 5 Quels modeles nationaux retenir ?	30
3 5 1 Un modele "tous modes"	30
3 5 2 Les liaisons retenues	30
3 5 3 Discussion sur le choix des variables	30
3 5 4 Les deux 'meilleurs' modeles	31
<b>4 LES SIMULATIONS AU NIVEAU INTERNATIONAL</b>	<b>33</b>
4 1 Variables nationales, variables internationales	33
4 2 Les deux modeles theoriques transnationaux	33
4 3 Les pays retenus	34
4 4 Resultats	37
<b>5 CONCLUSION</b>	<b>41</b>
5 1 Une vraisemblable decroissance	41
5 2 Des pistes d'amelioration methodologiques	41
<b>6 ANNEXES</b>	<b>43</b>