



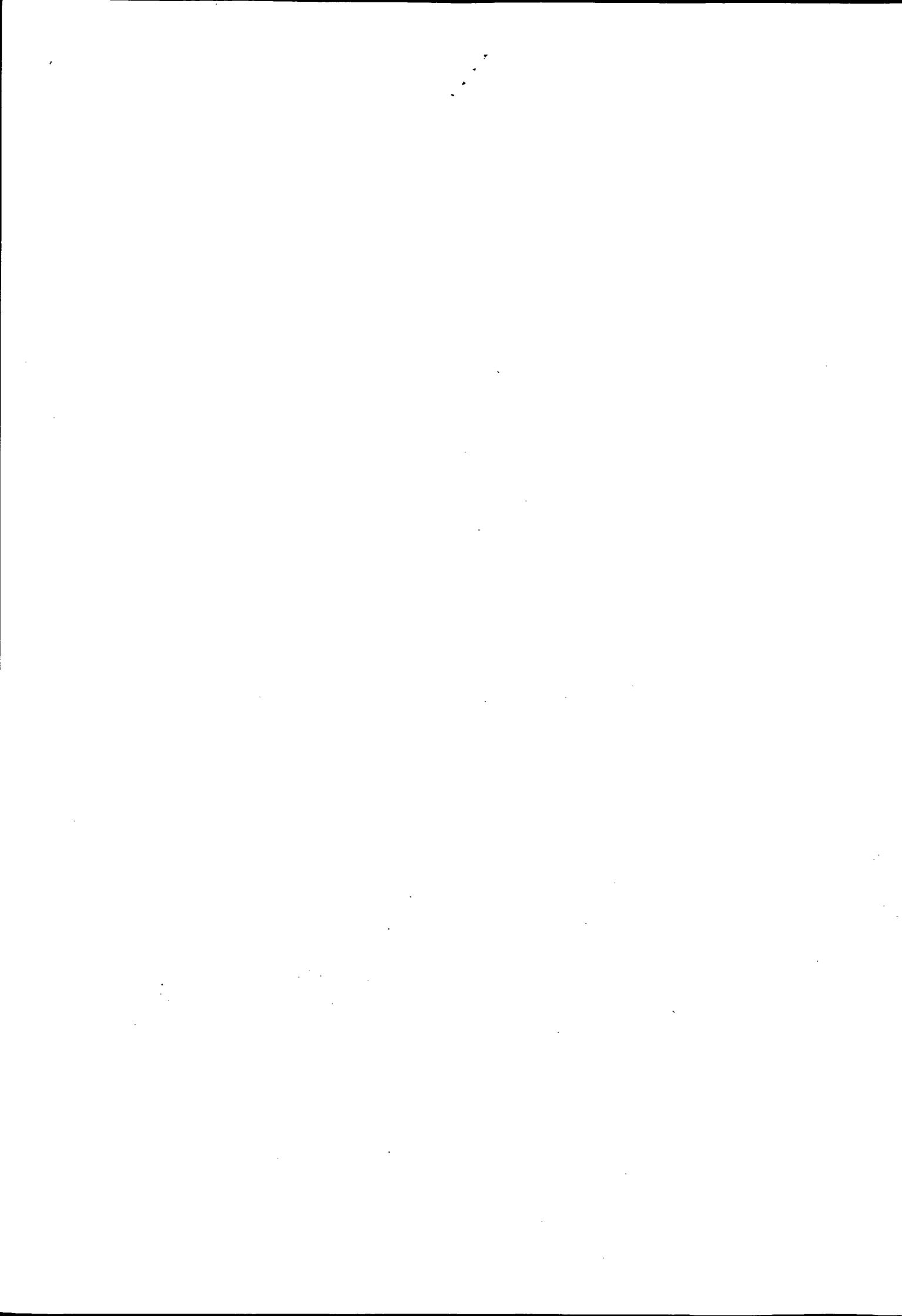
Ministère  
de l'Équipement, des  
Transports  
et du Tourisme



# MODÉLISATION DE TRAFICS DE VOYAGEURS

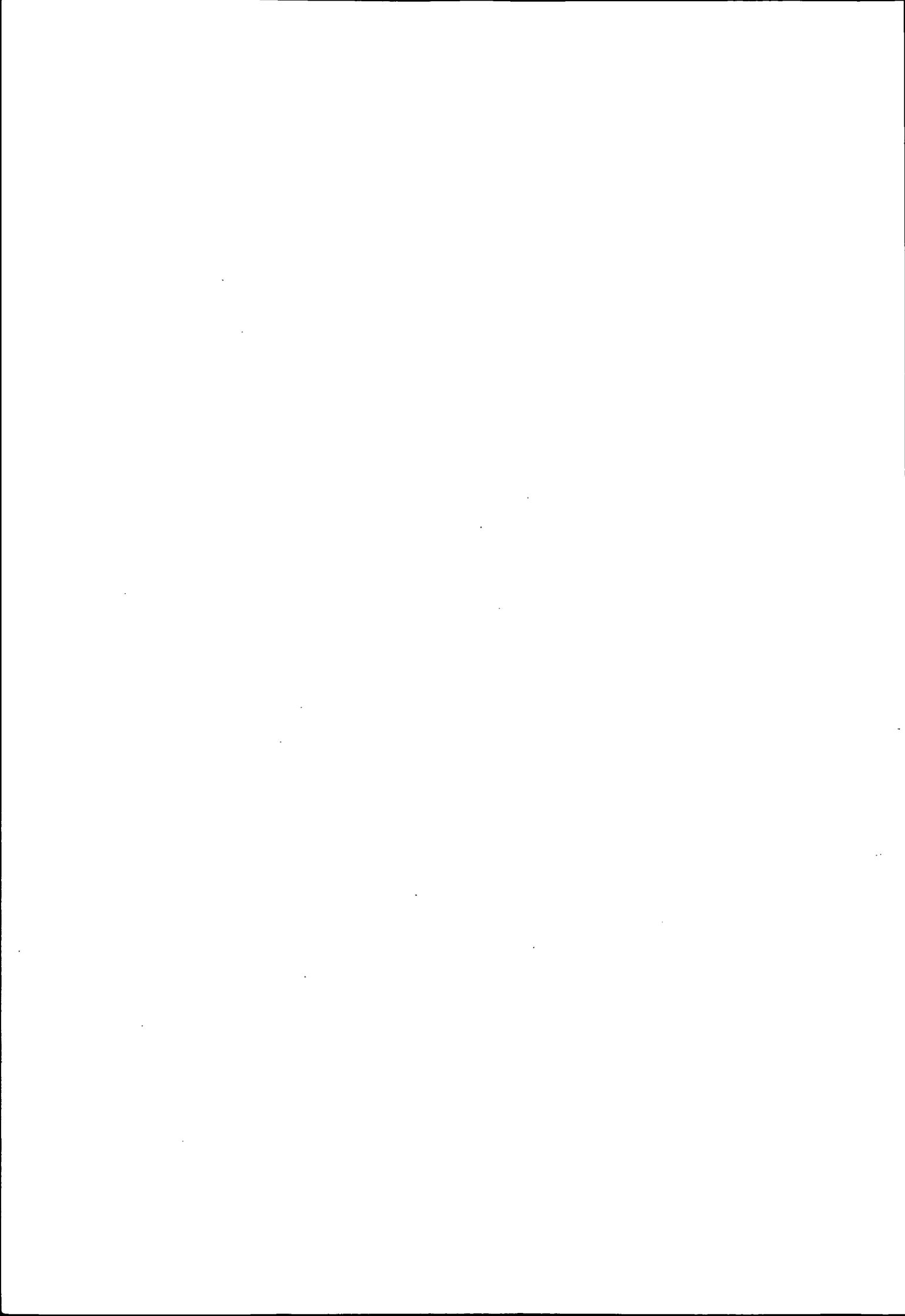
Tour Pascal B  
92055 PARIS -  
LA DEFENSE  
Cedex 04  
Téléphone  
(1) 40 81 21 22  
Télécopie  
(1) 40 81 17 71

Stage de Laurence NGUYEN  
sous la direction de Jean-Christophe BLAIN

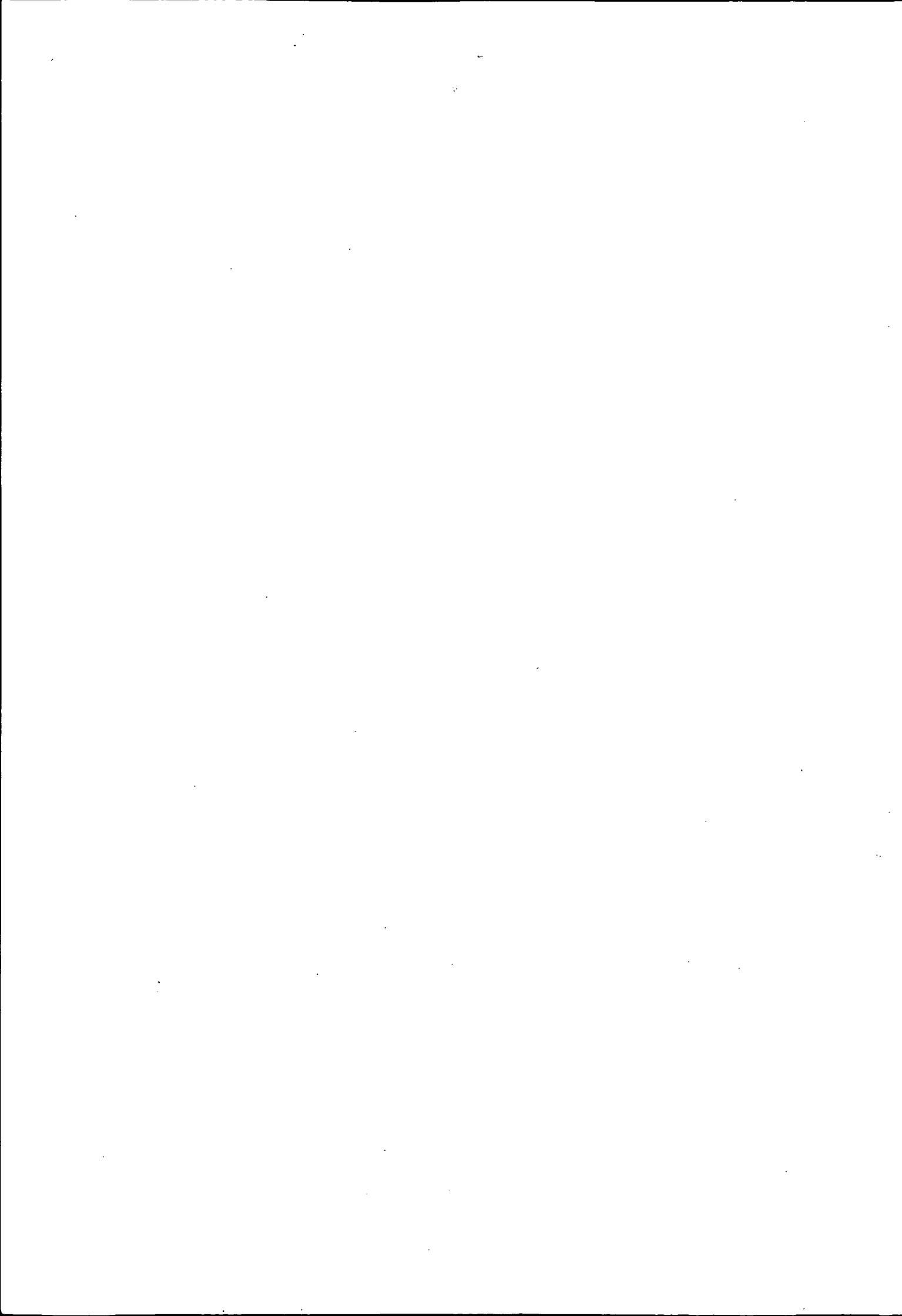


Ce rapport poursuit des travaux de modélisation  
effectués à l'OEST depuis quelques années  
(voir bibliographie de la note de synthèse).

Il a par ailleurs bénéficié des conseils de Maurice Girault,  
ainsi que d'Anne Perrot et de Jean-Pierre Puig.



**NOTE DE SYNTHÈSE DU RAPPORT**





## MODÉLISATION DE TRAFICS DE VOYAGEURS : prise en compte de la qualité de l'offre.

J.-Ch. BLAIN, Laurence NGUYEN

L'OEST effectue de manière permanente des travaux de modélisation économétrique des trafics intérieurs de voyageurs(\*). Les résultats obtenus servent notamment aux prévisions annuelles des trafics des trois modes de transport domestique : trafic de voyageurs sur les lignes intérieures d'Air Inter, trafic de voyageurs sur le réseau principal de la SNCF, trafics routiers sur le réseau national et sur les autoroutes concédées. Afin d'améliorer ces prévisions et de mieux expliquer les mécanismes qui ont régi les évolutions passées, nous avons récemment poursuivi ces travaux, et nous nous proposons ici de passer en revue les meilleures équations retenues pour les quatre trafics précédemment cités.

(\*) cf. bibliographie en fin de note.

### Methodologie

Pour chaque type de trafic, nous avons essayé de définir des variables représentatives des effets revenu, prix, concurrence, et qualité de l'offre. Ce dernier effet a été systématiquement testé, alors que les modélisations antérieures (cf. bibliographie) ont rarement utilisé l'offre comme variable explicative. Les estimations ont été faites sur des spécifications additive, multiplicative (Log-linéaire) et en taux d'accroissement.

### Trafic intérieur d'Air Inter

La décennie 80 est une période de très forte expansion du trafic des compagnies aériennes en général. Air Inter ne déroge pas à la règle et la courbe retraçant l'évolution de son trafic domestique (par opposition aux lignes européennes) présente une rupture de pente entre les années 1970 et les années 1980, imputable notamment à l'utilisation de gros porteurs, au réaménagement des lignes en service et à l'augmentation des fréquences, c'est-à-dire à des modifications des conditions d'offre.

A côté de l'effet revenu représenté par la consommation des ménages -cfm- ou bien par le produit intérieur brut total ou marchand -pib ou pibm-, et de l'effet de prix représenté par le produit moyen -aiprod m : prix moyen relatif du kilomètre parcouru payé par le passager-, la qualité de l'offre doit être prise en compte dans une modélisation dont la période recouvre ces vingt années de bouleversement structurel. En guise de variables explicatives de cet effet, nous avons testé le nombre de sièges-kilomètres offerts -aisko-, le nombre de lignes en service -nbligne-, et un trend temporel -trend80 - valant 0 de 1970 à 1979, 1 en 1980, 2 en 1982, etc... Comme on s'y attendait, les variables aisko et trend80 améliorent considérablement l'estimation et permettent de supprimer l'autocorrélation des résidus due à la rupture de pente. Aisko est d'ailleurs de toutes les variables explicatives, la seule affichant elle aussi une rupture en 1980.

Par ailleurs, les deux variables aisko et trend80 apparaissent simultanément significatives. Le trend reprend en effet une partie de l'effet prix qui n'est pas traduite par le produit moyen: en diversifiant la politique tarifaire selon la catégorie d'usagers ou en pratiquant la modulation horaire (tarifs bleu-blanc-rouge), Air Inter a pu élargir sa clientèle et augmenter son trafic à produit moyen constant.

Enfin, nous avons testé l'effet concurrence entre le train et l'avion par l'intermédiaire des variables de produit moyen SNCF -snprod m-, de longueur des lignes parcourues par les TGV -lignetgv-, et de nombre de voyageurs-kilomètres dans les TGV -vktgv- ou dans tous les trains en première classe. C'est le nombre de voyageurs-kilomètres dans les TGV, variable homogène en terme d'unité avec

la variable expliquée, qui traduit le mieux cet effet de concurrence. Notre équation permet ainsi d'élargir au niveau national le phénomène qui avait été constaté ponctuellement sur certaines origines-destinations : en 1990, le trafic d'Air Inter sur la ligne Paris-Nantes a diminué de 30%, selon les données DGAC, suite à la mise en service du TGV Atlantique!

L'équation finalement retenue est la suivante :

Période : 1975-1992

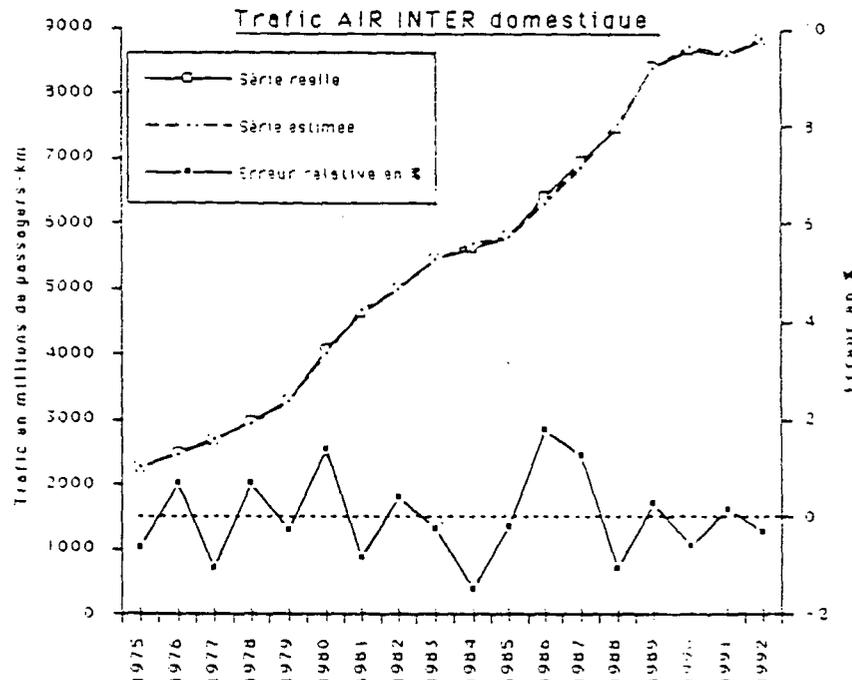
$$\ln(aipkda) = 0,75 \ln(pibm) - 0,53 \ln(aiprodm) - 0,017 \ln(vktgv)$$

(6,8)                      (-7,2)                      (-2,3)

$$+ 0,56 \ln(aisko) + 0,054 \ln(trend80) - 11,7$$

(8,8)                      (2,5)                      (-12,5)

$R^2 = 0,9996$        $See = 0,011$        $DW = 2,45$



Cette équation permet d'apprécier différemment l'élasticité du trafic aérien à la croissance; elle est ici de 0,75 alors que nos précédentes modélisations réalisées sans la variable d'offre estimaient cette élasticité à 1,5 environ. Quand le produit intérieur brut marchand et le nombre de sièges-kilomètres offerts évoluent de façon parallèle comme entre 1980 et 1992 où ils sont très corrélés, on peut modéliser le trafic avec une seule des deux variables qui reprend l'explication de la seconde (en effet, si  $y=ax_1+bx_2+c$  et  $x_2=dx_1+e$  alors la modélisation  $y=Ax_1+B$  avec  $A=a+bd$  et  $B=c+be$  apparaîtra satisfaisante). Mais si leurs évolutions divergent brutalement c'est-à-dire si la relation linéaire entre les deux variables explicatives se détend (comme c'est probablement le cas cette année où le pib diminue en volume), cette solution trop simple devient fallacieuse et conduit à des prévisions erronées.

L'élasticité au trafic TGV paraît faible. Cet effet structurel de concurrence intermodale serait mieux cerné par une modélisation sur des données désagrégées par ligne.

**Trafic sur le réseau principal SNCF**

Nous avons envisagé quatre effets expliquant le trafic sur le réseau principal constitué de l'ensemble des lignes parcourues par les trains de voyageurs hormis les lignes de la banlieue parisienne.

L'effet revenu est représenté par les grands agrégats macroéconomiques que sont la cfm, le pib total ou le pib marchand. Dans nos précédents travaux, nous

## MODÉLISATION

avons toujours retenu la consommation des ménages -cfm- comme variable explicative du trafic ferroviaire sur le réseau principal. Ce choix est à nouveau confirmé, dans les modèles à deux, trois ou quatre effets. On l'explique par le fait que les voyageurs dont le motif de déplacement est à caractère personnel et qui relèvent donc de la consommation finale des ménages, sont beaucoup plus nombreux que les voyageurs d'affaires, contrairement à ce que l'on peut constater dans le transport aérien expliqué lui par le produit intérieur brut.

L'effet prix a été testé au travers des variables de produit moyen SNCF en francs courants ou constants -snprodm-, et par le rapport du prix du kilomètre parcouru en train par un voyageur sur le réseau principal au prix moyen du carburant (pondéré par les consommations respectives d'essence ordinaire, de super, de super sans plomb et de gasoil) nécessaire pour parcourir la même distance avec une voiture particulière -pxratio. C'est le produit moyen en francs constants qui est finalement retenu.

On a tenté d'expliquer l'effet concurrence par les variables de longueur des autoroutes, et de prix des carburants -pcarb. La variable pcarb représente le prix relatif moyen du litre de carburant consommé par les véhicules particuliers. Enfin, on introduit un effet d'offre par l'intermédiaire des variables de longueur des lignes électrifiées utilisées par les trains de voyageurs, de longueur des lignes parcourues par les TGV, et de vitesse moyenne des trains sur le réseau principal -snvitrp. La courbe d'évolution de snvitrp reflète clairement la mise en service des TGV en affichant une rupture de pente en 1981 et une autre en 1989. Cette caractéristique confère sans doute à cette variable ses propriétés explicatives qui nous conduisent à la retenir.

L'équation finale est donc :

Période : 1976-1992

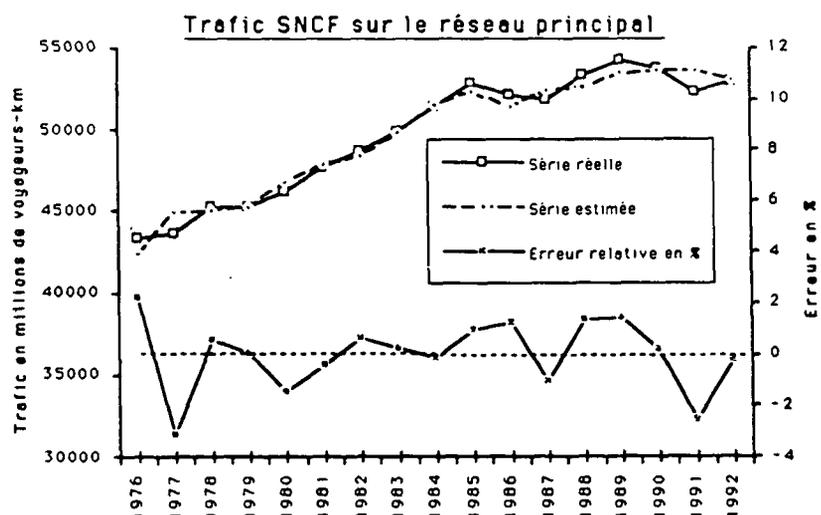
$$\ln(\text{snvkrp}) = 0,43 \ln(\text{cfm}) - 0,70 \ln(\text{snprodm}) + 0,20 \ln(\text{pcarb})$$

(2,7)                      (-3,8)                      (3,5)

$$+ 1,08 \ln(\text{snvitrp}) + 1,80$$

(2,4)                      (2,5)

$$R^2 = 0,967 \quad \text{See} = 0,016 \quad \text{DW} = 2,34$$



Comme pour la modélisation du trafic d'Air Inter, l'introduction de l'effet d'offre fait chuter l'élasticité de la variable de revenu : le coefficient de la cfm diminue de 0,8 à 0,43.

## MODELISATION

### Trafic routier sur le réseau national

Il s'agit ici du trafic routier total -partot- sur les routes nationales et les autoroutes exprimé en véhicules-km, et non pas du simple trafic de voyageurs. Son évolution laisse apparaître une rupture de tendance en 1986 liée au contre-choc pétrolier. Les modélisations selon les trois types de spécifications donnent des résultats très voisins. Trois variables correspondant aux effets revenu, prix et concurrence leur sont communes. Ainsi dans ces trois cas, l'effet revenu est représenté par la variable *pib*. Sachant que la circulation sur le réseau national est effectuée à hauteur de 70% par les voitures particulières qui entrent dans la comptabilité de la consommation des ménages, on peut être surpris de ne pas retenir plutôt la variable *cfm*. En fait, il semble que le trafic des véhicules utilitaires constituant du *pib* ait une sensibilité à l'activité économique et une amplitude de fluctuations beaucoup plus grandes.

L'effet prix, dont on a déjà évoqué l'importance, a été testé par l'intermédiaire de la variable *pcarb*, précédemment définie, et *ratiopx* qui est l'inverse de la variable *pxratio* : c'est le rapport du prix moyen du carburant nécessaire pour parcourir un kilomètre avec une voiture particulière au prix du kilomètre parcouru en train par un voyageur sur le réseau principal. Ce ratio qui a chuté de 1,5 en 1985 à 1,0 en 1991 ne peut être assimilé au rapport des prix des deux modes de transport puisqu'il n'intègre pas l'achat du véhicule ni les frais annexes d'utilisation et qu'il ne tient pas compte du nombre de passagers par voiture. En revanche, il ressemble beaucoup à un rapport de coûts marginaux auxquels l'utilisateur est souvent particulièrement sensible. C'est ainsi qu'on interprète le pouvoir explicatif de la variable *ratiopx* que l'on retient dans nos trois types de modélisations.

Un troisième effet est commun à ces différentes spécifications : l'effet concurrence par la vitesse moyenne des rapides-express de la SNCF -*snvit*. Nous avons aussi testé avec moins de réussite la vitesse moyenne de tous les trains, et le trafic sur le réseau principal exprimé en voyageurs-km.

Le parc des véhicules est un déterminant évident de la demande en matière de circulation. Les variables de parc sont très corrélées entre elles; de plus, elles sont fortement corrélées avec les variables de revenu ainsi qu'avec la longueur des autoroutes qui ont toutes augmenté de manière constante et linéaire. Nous avons testé le parc total -*parctot*- des véhicules en France : 'il s'agit du trafic total des véhicules. *Parctot* est significative dans les modélisations Log-linéaires et en taux de croissance.

Enfin, nous avons essayé d'introduire un effet d'offre par la longueur du réseau autoroutier -*resaut*. Il n'a pas pu être finalement retenu car la variable n'était pas significative. L'offre n'est pourtant pas totalement absente de l'équation, elle apparaît au travers de *snvit* sous la forme d'une concurrence par la qualité d'offre.

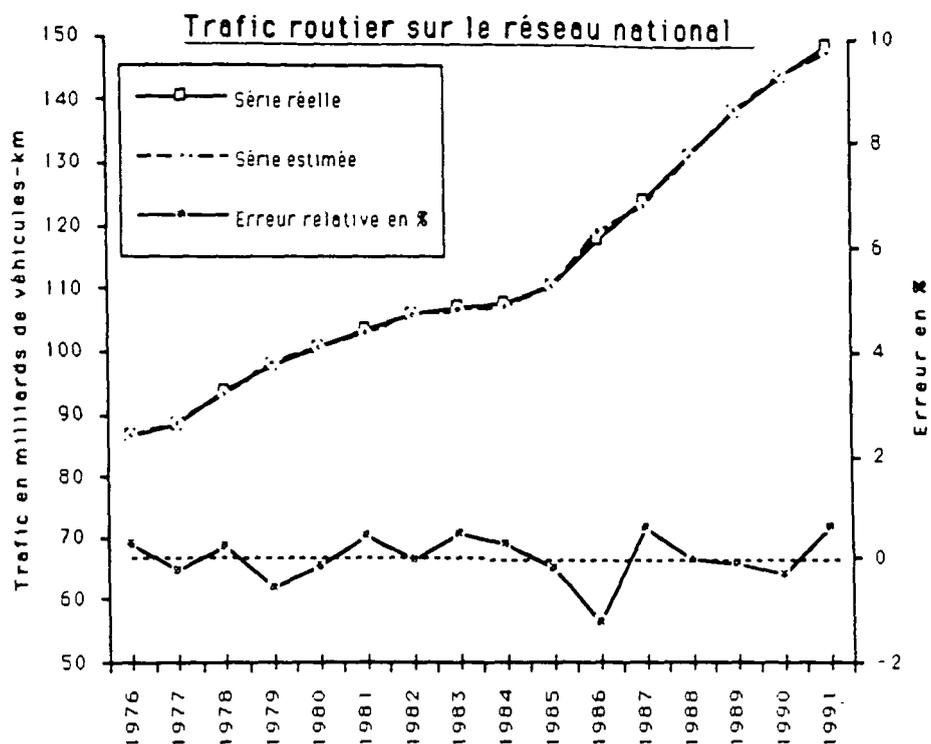
Nous obtenons l'équation :

Période : 1976-1991

$$\ln(\text{partot}) = 1,20 \ln(\text{pib}) - 0,22 \ln(\text{ratiopx}) + 0,25 \ln(\text{parctot}) \\ \quad \quad \quad (12,1) \quad \quad \quad (-8,3) \quad \quad \quad (3,0) \\ - 0,60 \ln(\text{snvit}) - 10,7 \\ \quad \quad \quad (-4,1) \quad \quad \quad (-10,6)$$

$$R^2 = 0,9992 \quad \text{See} = 0,006 \quad \text{DW} = 2,36$$

## MODÉLISATION



### Trafic sur autoroutes concédées

Pour modéliser le trafic sur autoroutes concédées -pautc-, l'effet d'offre devient déterminant; la longueur des autoroutes concédées -resautc- nous a paru en effet indissociable du parcours total effectué sur ce réseau. Resautc est fortement corrélée avec les variables de revenu; toutefois, elle l'est un peu moins avec le pib marchand, et dans la zone des fortes corrélations, une très faible variation du coefficient de corrélation peut déterminer ou non la significativité d'une variable. C'est pourquoi resautc apparaît significative avec la variable pibm mais ni avec pib ni avec cfm.

L'effet prix intervient au travers du prix du carburant -pcarb- et de celui des péages. Pour ces derniers, nous avons testé deux indices de prix très différents. Le premier indice est construit en pondérant les évolutions de prix des différents péages entre les années  $n$  et  $n+1$  à l'aide des structures de réseau et de circulation observées à l'année  $n$ : il fait une analyse en terme de secteur. A l'opposé, le second indice -peagecu- mesure les prix du point de vue du consommateur, il ressemble à un produit moyen. Pour l'obtenir, on divise la recette des péages en francs constants par le nombre de véhicules-kilomètres parcourus sur les autoroutes concédées. Il intègre donc les changements structurels comme l'augmentation de la part des Poids Lourds (qui paient plus cher les péages) dans le trafic total, et correspond mieux au coût ressenti par l'utilisateur. Il est le seul à être significatif.

Enfin, nous retenons la variable retardée, c'est-à-dire le trafic de l'année précédente, dans l'équation finale. Cela peut traduire un effet d'inertie de comportement des usagers du réseau autoroutier.

Les modélisations additives et multiplicatives aboutissent à la même équation en terme de variables explicatives. Par souci d'homogénéité avec les résultats précédents, on retient l'équation Log-linéaire :

Période : 1971-1992

$$\ln(pautc) = 0,25 \ln(pautc(-1)) + 0,92 \ln(pibm) - 0,47 \ln(pcarb)$$

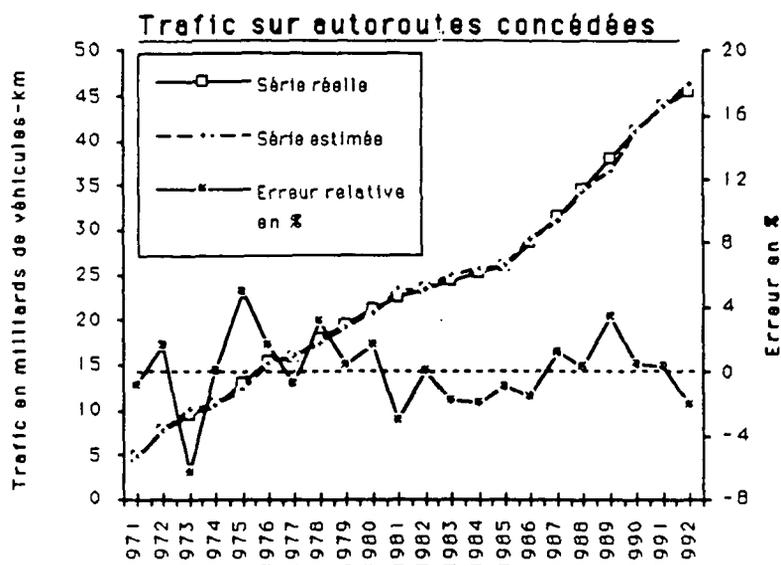
(2,7)                      (3,7)                      (-4,3)

$$- 0,96 \ln(peagecu) + 0,65 \ln(resautc) - 11,3$$

(-9,0)                      (6,3)                      (-3,4)

$$R^2 = 0,9984 \quad See = 0,027 \quad DW = 1,98$$

## MODÉLISATION



Par son caractère autorégressif, les élasticités estimées par cette équation ne sont pas entièrement comparables à celles des autres équations présentées ci-dessus. Il s'agit dans le cas présent d'élasticités de court terme; pour estimer les élasticités de long terme, il convient de diviser leur valeur par 0,75 (soit 1-coefficient de la variable autorégressive).

Variables	Elasticité de court terme	Elasticité de long terme
PIBM	+0,92	+1,23
PCARB	-0,47	-0,63
PEAGECU	-0,96	-1,28
RESAUTC	+0,65	+0,87

### Conclusion

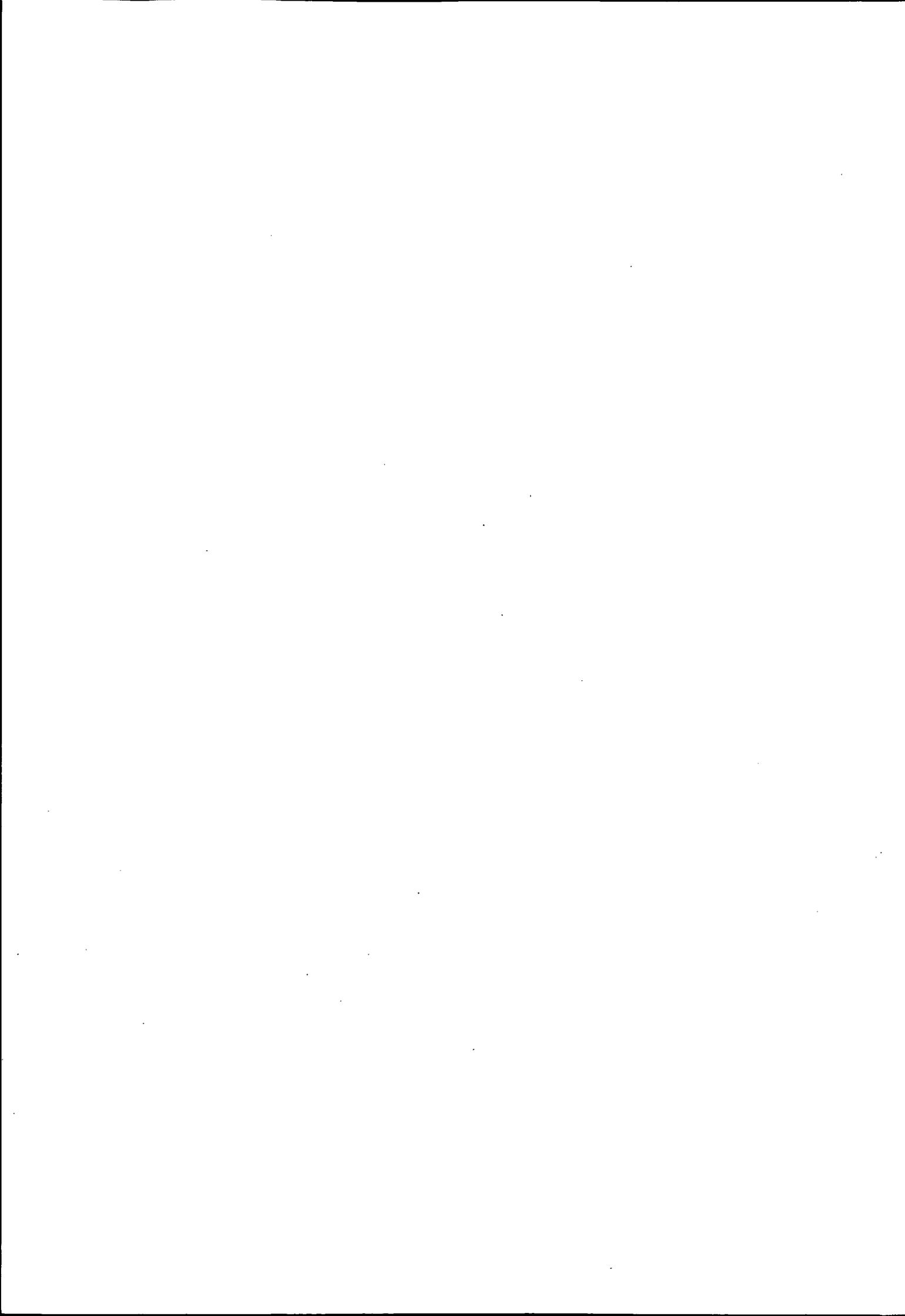
Au-delà de l'offre par les prix qui se concrétise, par exemple en période de crise, par des baisses de tarifs, l'offre structurelle, c'est-à-dire la quantité et la qualité des prestations proposées, intervient donc dans l'explication des trafics. Même si elle n'améliore pas de manière importante la validité statistique d'équations qui comptaient déjà plusieurs variables explicatives, elle permet d'affiner les élasticités des trafics à ces variables, et notamment aux variables de revenu. Ces nouvelles élasticités s'entendent à offre constante puisque les équations intègrent des variables d'offre. Dans une période comme celle que nous traversons où les évolutions du pib ou de la cfm rompent avec la tendance passée et sans doute aussi avec les évolutions des variables d'offre, l'utilisation de ces nouvelles équations devrait nous permettre d'améliorer les prévisions.

### Bibliographie non exhaustive:

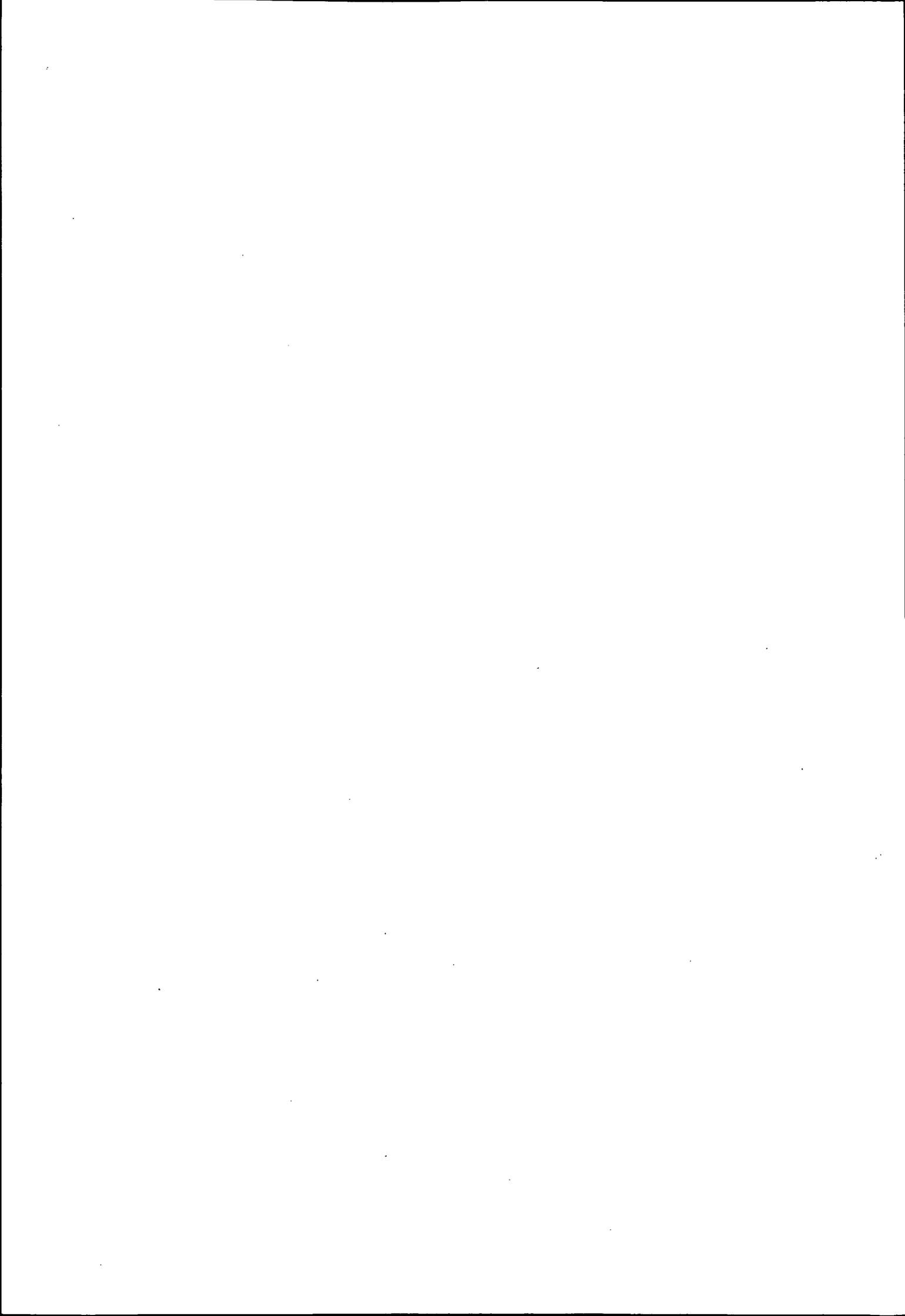
- (1) A. Ayral, J.-J. Mizrah, C. Reynaud. "Macroéconomie des transports de voyageurs". Juillet 1977.
- (2) J.-P. Taroux, G. Buchmuller. "PRETRAP : modèle de prévision des trafics de personnes". SAE (Ministère des Transports). Août 1980.
- (3) *Modèle Mini-DMS, bloc transport*. OEST. 1987.
- (4) J.-L. Madre, T. Lambert. "Prévisions à long terme du trafic automobile". CREDOC. 1989.
- (5) R. Bergel, J.-Ch. Blain, B. Gasser-Malamoud. *Notes de synthèse* de l'OEST.
- (6) Laurence Nguyen. "Modélisation des trafics de voyageurs". Rapport de stage OEST. 1993.

# SOMMAIRE

Méthodologie	2
<b>I- MODELISATION DU TRAFIC AERIEN DE VOYAGEURS</b>	<b>8</b>
<b>Trafic sur Air Inter intérieur</b>	<b>9</b>
Modélisations antérieures	10
Les séries	12
Les modèles additifs	13
Les modèles multiplicatifs	21
Les modèles en taux de croissance	27
Tableau des élasticités	28
<b>Aéroports de Paris</b>	<b>29</b>
<b>Trafic intérieur</b>	<b>30</b>
Les séries	31
Les modèles additifs	32
Les modèles multiplicatifs	34
Les modèles en taux de croissance	36
Tableau des élasticités	39
<b>Trafic international</b>	<b>40</b>
Les séries	41
Les modèles additifs	42
Les modèles multiplicatifs	44
Les modèles en taux de croissance	47
Tableau des élasticités	50
<b>II- MODELISATION DU TRAFIC FERROVIAIRE DE VOYAGEURS SUR LE RESEAU PRINCIPAL</b>	<b>51</b>
Modélisations antérieures	52
Les séries	53
Les modèles additifs	56
Les modèles multiplicatifs	62
Les modèles en taux de croissance	67
Tableau des élasticités	68



III- MODELISATION DU TRAFIC ROUTIER	69
Trafic sur le réseau national	70
Modélisations antérieures	71
Les séries	73
Les modèles additifs	77
Les modèles multiplicatifs	87
Les modèles en taux de croissance	94
Tableau des élasticités	100
Trafic sur les autoroutes concédées: modélisation annuelle	102
Modélisations antérieures	103
Les séries	104
Les modèles additifs	107
Les modèles multiplicatifs	112
Les modèles en taux de croissance	117
Tableau des élasticités	118
Trafic sur les autoroutes concédées: modélisation trimestrielle	119
Les séries	120
Les modèles additifs	122
Les modèles multiplicatifs	124
Les modèles en taux de croissance	125
Tableau des élasticités	126
Conclusion	127
Index des variables utilisées	129



# METHODOLOGIE

L'objectif de la modélisation économétrique est de déterminer les facteurs expliquant l'évolution d'une grandeur économique, dite variable expliquée, en vue de prévoir ses valeurs futures. C'est pourquoi, le premier travail de l'économètre relève plutôt du domaine de l'économiste puisqu'il doit tout d'abord rechercher les variables qui seraient susceptibles d'agir sur la variable expliquée. Après la sélection des variables explicatives basée sur une réflexion économique, l'économètre va essayer d'obtenir, selon des critères statistiques, le meilleur modèle permettant d'ajuster la variable expliquée. Finalement, la détermination du modèle retenu résultera à la fois de considérations économiques et statistiques: il devra aboutir à des résultats satisfaisants sur ces deux plans.

Notre étude consistait d'abord à faire un point sur les travaux antérieurs (Mini-DMS, PRETRAP, travaux de l'OEST,...); cette revue bibliographique constituait une première approche du problème en fournissant une base d'étude mais aussi en suscitant des interrogations voire des critiques. C'est pourquoi, notre objectif n'était pas seulement de trouver le meilleur modèle mais aussi celui qui mettrait en évidence des facteurs explicatifs nouveaux. Nous avons donc essayé de faire apparaître un maximum d'effets (effet prix, effet revenu, effet concurrence, effet d'offre...) pour expliquer le mieux possible l'évolution passée de la variable, tout en sachant que ce modèle ainsi utilisé pour le diagnostic ne pourrait peut-être pas servir pour la prévision. Néanmoins, nous étions conscients qu'étant donné la faible période (1970-1992: 23 observations) sur laquelle nous avons travaillé, notre intérêt n'était pas d'avoir un nombre excessif de variables explicatives, puisque dans ce cas, les tests statistiques seraient devenus de moins en moins significatifs en raison de la réduction du nombre de degrés de liberté.

Notre démarche s'est donc déroulée de la façon suivante:

1) Le travail de bibliographie nous a permis de faire un point sur les modélisations précédentes et de relever les équations intéressantes.

2) Pour chaque type de trafic, nous avons cherché des variables explicatives que nous avons regroupées par effets. Après avoir ainsi défini les variables susceptibles d'être explicatives, nous nous sommes attelés à la constitution des séries, étape importante puisque de la qualité des données dépend celle des régressions.

3) La base de données étant constituée, la modélisation à proprement dite peut commencer. Notre méthode consiste à combiner méthodiquement et d'une façon assez exhaustive les variables explicatives relevant des différents effets. L'objectif était dans un premier temps de modéliser le trafic voyageur uniquement par des variables de demande, voire par la variable retardée marquant ainsi une inertie dans les comportements. Dans un second temps, l'introduction d'un trend permettait dans certains cas d'améliorer le modèle en tenant compte de facteurs non modélisables tels qu'un changement dans le mode de tarification ou un effet de diffusion dans le temps. Enfin, nous avons tenté d'introduire des variables relatives à des effets d'offre.

4) L'ultime étape consistait à choisir les modèles expliquant le mieux le passé de la variable et parmi eux, les équations utilisables pour la projection.

### Spécification des modèles

Nous avons testé trois spécifications:

- les modèles additifs:  $Y = aX + b$
- les modèles multiplicatifs ou Log-linéaires:  $\ln Y = a \ln X + b$
- les modèles en taux de croissance ou en différence relative:  
 $(Y_t - Y_{t-1})/Y_{t-1} = a (X_t - X_{t-1})/X_{t-1} + b$

Il faut savoir que ces transformations ne sont pas neutres. En effet, le modèle en Log a pour effet d'écraser les fluctuations conjoncturelles pour mettre en évidence la tendance alors que le modèle en taux de croissance privilégie l'étude des fluctuations autour de la tendance. Par ailleurs, dans une spécification en taux de croissance, la variance du résidu de l'estimation s'accroît avec l'éloignement de la date de la prévision. C'est pourquoi, les modèles additifs et multiplicatifs sont plutôt utilisés pour la prévision de moyen ou long terme, les modèles en taux de croissance pour le court terme.

### Les tests statistiques

Le choix du meilleur modèle se fait selon des critères statistiques. Nous présentons ici les principaux tests ou éléments économétriques qui nous ont permis de déterminer notre choix.

### \* Coefficient de corrélation multiple (R-squared)

La méthode des moindres carrés ordinaires (MCO) consiste à trouver une droite qui s'ajuste le mieux possible au nuage de points c'est-à-dire celle qui minimise la somme des carrés des résidus. Le coefficient de corrélation est le rapport entre la variance expliquée et la variance totale; c'est un indicateur de "proximité" entre les points du nuage et la droite de régression. Cependant, il faut retenir qu'il mesure seulement la qualité de l'ajustement linéaire et non pas celle du modèle lui-même; car quelque soit la variable explicative que l'on ajoute au modèle, le coefficient de corrélation augmente. C'est pourquoi, il vaut mieux se fier à la variable "Adjusted R-squared" qui ne représente pas cet inconvénient.

Notons qu'il est en général plus facile d'obtenir un bon coefficient de corrélation dans une spécification en Log que dans une spécification additive, et dans une spécification additive que dans une spécification en taux de croissance. De plus, il faut savoir que le coefficient de corrélation n'est plus valable dans un modèle sans constante.

Enfin, retenons que cet indicateur est très utile pour apprécier la validité d'un ajustement mais qu'il n'est pas suffisant pour juger de la validité statistique d'un modèle.

### \* Test de Student

Il permet de tester la significativité d'une variable explicative c'est-à-dire de savoir si cette variable est un facteur responsable de l'évolution de la variable étudiée. Ce test est essentiel puisqu'il permet de trier parmi les variables susceptibles d'être explicatives d'un point de vue économique, celles qui apparaissent réellement significatives statistiquement. Grossièrement, pour les régressions ici envisagées, on peut considérer qu'une variable sera significative avec 5% d'erreur au maximum de se tromper, si le t de Student qui lui est associé est supérieur à 2.

### \* Signe des coefficients

Une chose importante est de vérifier que le signe précédant le coefficient des variables explicatives est en accord avec l'intuition économique. Si ce n'était pas le cas, il serait aberrant de retenir un modèle en contradiction avec les mécanismes économiques.

### \* Test d'autocorrélation des perturbations

Il y a autocorrélation des perturbations s'il existe au moins un couple  $(U_t, U_{t'})$  tel que:  $Cov(U_t, U_{t'}) \neq 0$ , avec  $t \neq t'$ ,  $U_t$  résidu à la date  $t$ .

Deux cas se présentent:

- Modèles sans variable retardée

En cas d'autocorrélation des résidus, l'estimateur des MCO n'est plus "le meilleur estimateur linéaire sans biais" : il reste sans biais et convergent mais perd en efficacité. Les MCO n'étant plus valables, l'application d'une autre méthode d'estimation s'impose: les moindres carrés quasi-généralisés (MCQG).

Le test de Durbin-Watson permet seulement de détecter une autocorrélation d'ordre 1 des résidus:  $U_t = rU_{t-1} + e_t$   $-1 < r < 1$ .

Il teste l'hypothèse de base  $H_0: r = 0$  (non autocorrélation) contre l'hypothèse  $H_1: r \neq 0$  (autocorrélation). Pour que ce test soit valable, il faut que le modèle possède une constante et au minimum 15 observations.

Un "bon" Durbin-Watson se caractérise par une valeur proche de 2 (comprise entre 1,6 et 2,4), sachant que la plage de variation du DW s'étend seulement de 0 à 4.

Retenons par ailleurs qu'un mauvais Durbin-Watson détectant une autocorrélation d'ordre 1 des résidus peut être provoqué entre autre par un oubli de variables explicatives importantes, une mauvaise spécification du modèle ou une instabilité des coefficients.

- Modèles avec variable retardée

Dans ce cas, le test de Durbin-Watson n'est plus valide: il est biaisé vers l'acceptation de l'hypothèse nulle c'est-à-dire qu'il conduit à accepter trop facilement l'absence d'autocorrélation des résidus.

Pour détecter l'autocorrélation, il faut alors utiliser un autre test: le test "h" de Durbin (test que l'on a dû programmer puisqu'il n'était pas disponible dans le logiciel Micro TSP version 7.0). Si à la suite de ce test, on conclut à une autocorrélation des résidus (cas où  $|h| > 1,96$ ) alors l'estimation par les MCO n'est plus possible puisque les estimateurs seraient non seulement biaisés mais surtout non convergents. Dans ce cas, l'estimation du modèle avec variable retardée se fait par la méthode des variables instrumentales.

\* Test de stabilité des coefficients

Le but de la modélisation est de trouver les facteurs explicatifs de l'évolution passée d'une variable pour prévoir ses valeurs futures. Cela repose sur l'hypothèse que l'explication passée de la variable reste valable pour les périodes futures ce qui n'est qu'une pure supposition. C'est pourquoi, on s'assure d'une certaine stabilité du modèle par l'étude de l'évolution de la valeur des coefficients au cours du temps: l'équation finalement retenue et présentée à la fin de chacun des chapitres est suivie d'une page où sont affichés les graphiques représentant les valeurs des coefficients des variables explicatives de la

régression pour des périodes d'estimation comprises entre la date de départ (souvent 1970 ou 1976) et les dates indiquées en abscisse.

#### \* Standard Error of Regression

L'objectif étant d'ajuster le mieux possible les valeurs estimées aux réalisations de l'échantillon, il paraît important de retenir un modèle qui minimiserait l'écart-type estimé des résidus de la régression.

On rappelle qu'une erreur absolue de 0,05 sur une estimation de  $\ln Y$  ou de  $(Y - Y_{-1})/Y_{-1}$  correspond à une erreur relative de 5% sur  $Y$ . Pour permettre la comparaison même assez grossière des erreurs relatives d'estimation entre les différents types d'équation, on a calculé le rapport de l'erreur absolue sur  $Y$  ( $Ser$ ) à la valeur moyenne de  $Y$  dans toutes les modélisations additives ( $Ser/Mean$ ).

#### \* Etude graphique

La visualisation superposée des graphiques des variables expliquées estimées et observées permet facilement de vérifier la qualité de la modélisation et de repérer les années les moins bien modélisées.

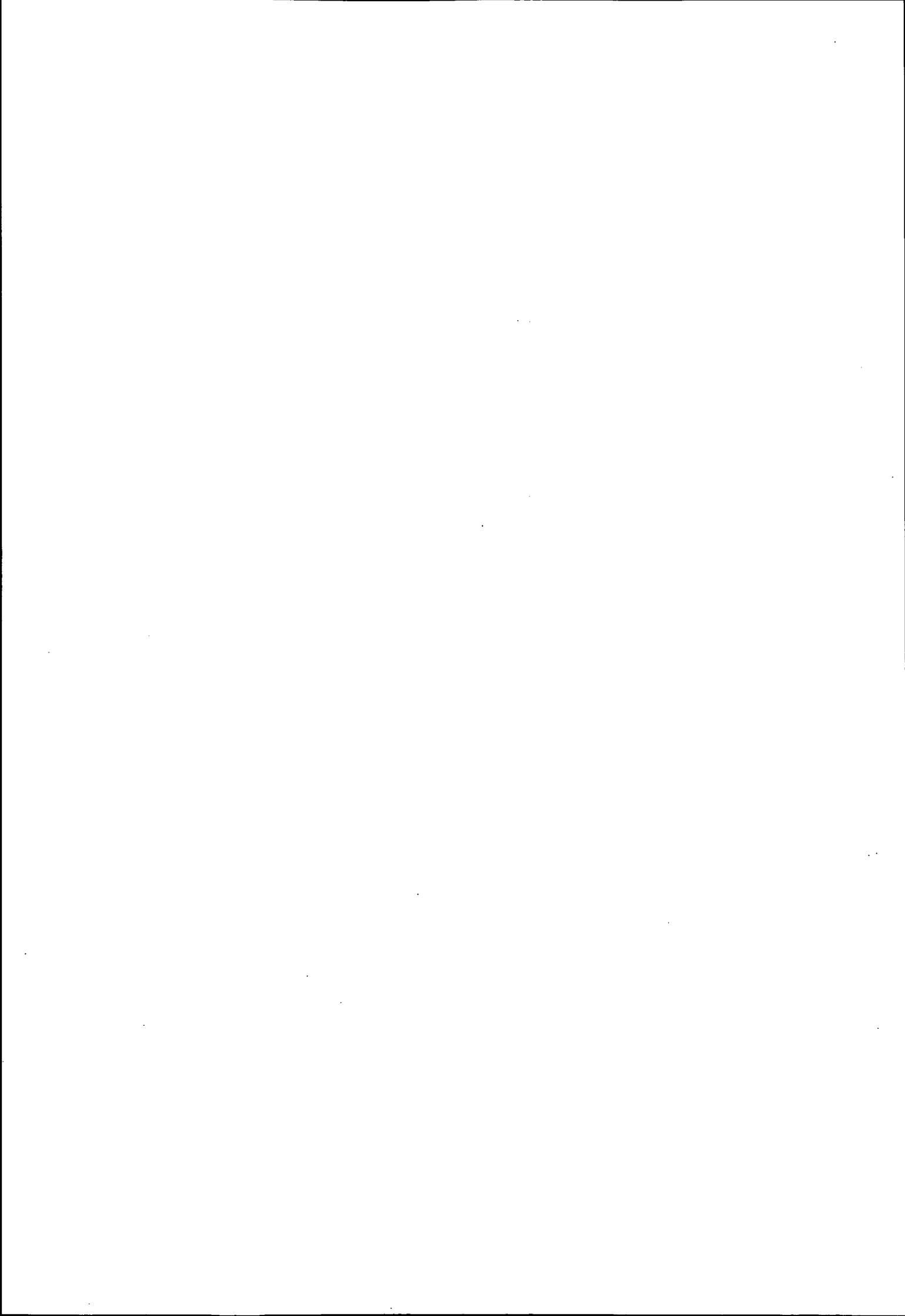
### Tableau des élasticités

Chaque chapitre se termine par un tableau synthétique des élasticités qui permet une vue d'ensemble des équations relevées dans les trois types de modélisation - additif, multiplicatif, et en taux d'accroissement- et pour les différentes combinaisons d'effets envisagées. On peut ainsi observer les changements éventuels des élasticités quand on passe de  $n$  à  $n+1$  variables explicatives, ou comparer les élasticités d'un type de modélisation à l'autre. A cet effet, dans les modélisations additives, nous avons calculé les élasticités à partir des coefficients de la régression à l'aide de la formule suivante:

$@_X = C_X * (Mean(X) / Mean(Y))$ , où  $@_X$  est l'élasticité à la variable  $X$ ,  $C_X$  le coefficient de la variable  $X$ , et  $Mean$  la moyenne sur la période sur laquelle est effectuée la régression.

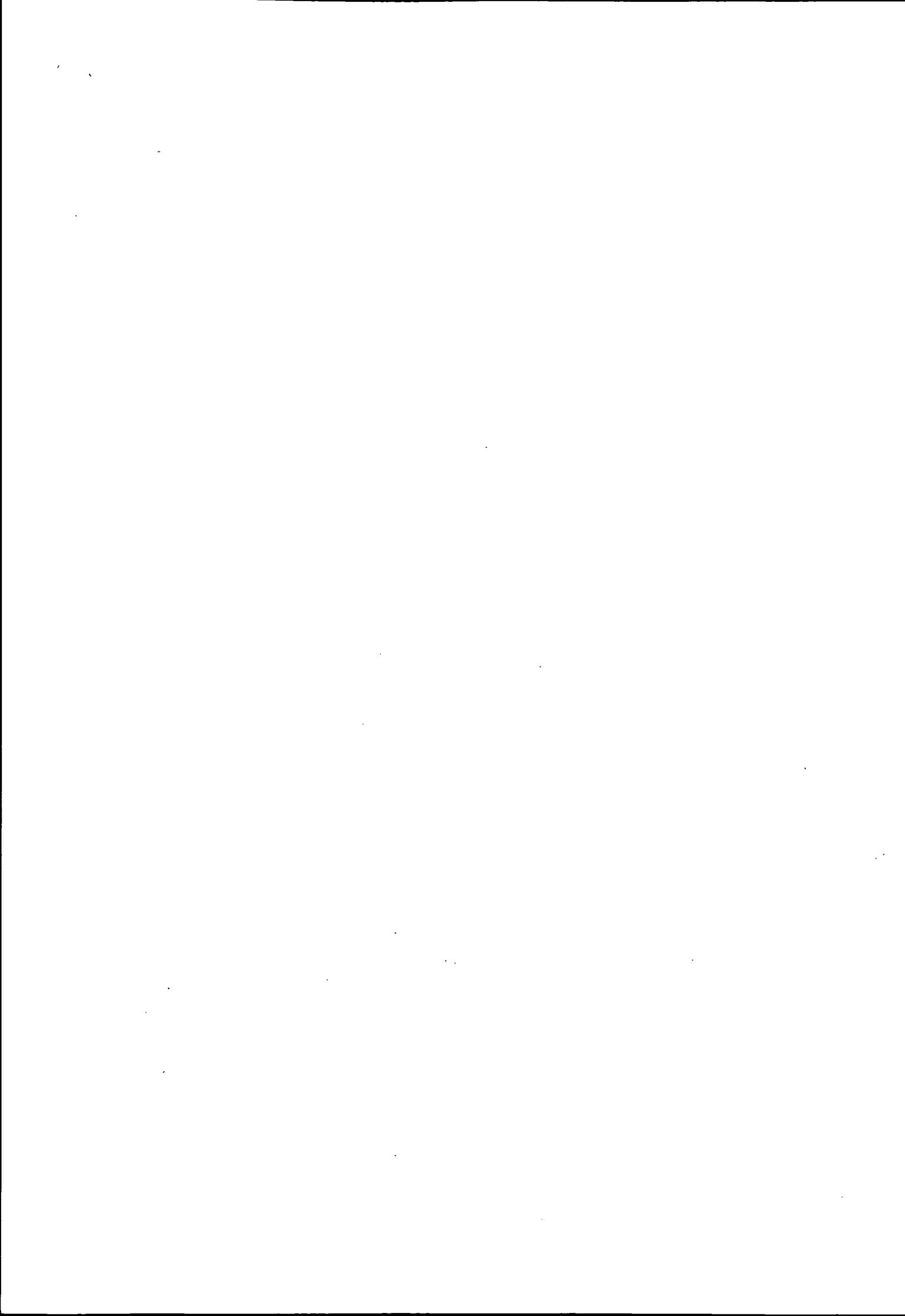


**MODELISATION  
DU TRAFIC AERIEN  
DE VOYAGEURS**



TRAFIC AIR INTER

INTERIEUR



## MODELISATIONS ANTERIEURES

\* Mini-DMS propose l'équation suivante:

1962-1983

$$\text{FLPKAI} = \text{POP} * (1 - \text{ITETGV}) * \left\{ \exp \left[ 0.5 \ln \left( \frac{\text{FLPKAI}(-1)}{((1 - \text{ITETGV}(-1)) * \text{POP}(-1))} \right) \right. \right. \\ \left. \left. + 1.369 \ln \left( \frac{\text{CM}}{\text{PC} * \text{POP}} \right) - 0.69 \ln \left( \frac{\text{FLPXIT}}{\text{PC}} \right) - 5.6197 \right] \right\}$$

FLPKAI: Trafic voyageurs Air Inter (en millions de passagers-kilomètres)

POP: Population

ITETGV: Effectifs TGV sur Air Inter

CM: Consommation des ménages en valeur

PC: Prix à la consommation

FLPXIT = (ITPB10 / FLPKAI) \* (1 + 0.17 \* ((1 / RATXTVA) - 1))

ITPB10: Production d'Air Inter

RATXTVA: 1 / (1 + taux de TVA) voyageurs

\* PRETRAP retient entre autres l'équation suivante:

1961-1978

$$\ln (\text{PK}/\text{PIB}) = \underset{(-2.5)}{-0.79} \ln (\text{QIPXAI}/\text{QPRM1}) + 1.3 \ln T_{61} + \underset{(6.9)}{9.6}$$

$R^2 = 0.995$

DW = 1.499

PK: Passagers-kilomètres Air Inter

PIB: Produit intérieur brut (base 100 en 1963)

QIPXAI/QPRM1: Rapport du tarif Air Inter au produit moyen SNCF 1<sup>ère</sup> classe (base 100 en 1963)

T61: Temps (T = 1 en 1961)

\* Le modèle macro-économique de demande de transports de voyageurs, établi au SAEI (ancien nom de l'OEST) en 1977, proposait l'équation:

1962-1975

$$\ln TA = 1.10 \ln SKO - 1.60 \ln (PAIR/PCSM) - 8.37$$

(0.03)                      (0.74)                      (0.26)

$$R^2 = 0.999$$

$$DW = 1.705$$

TA: Trafic Air Inter en passagers-kilomètres

SKO: Sièges-kilomètres offerts

PAIR: Prix du kilomètre-passager

PCSM: Indice du prix de la consommation totale des ménages (base 100 en 1963)

\* Le dernier modèle retenu à l'OEST était le suivant:

1980-1992

$$\ln AIPASSKM = 1.54 \ln PIB - 1.61 \ln AIPRODMC - 15.1$$

(9.5)                      (8.9)                      (6.5)

$$R^2 = 0.996$$

$$SE = 0.0189$$

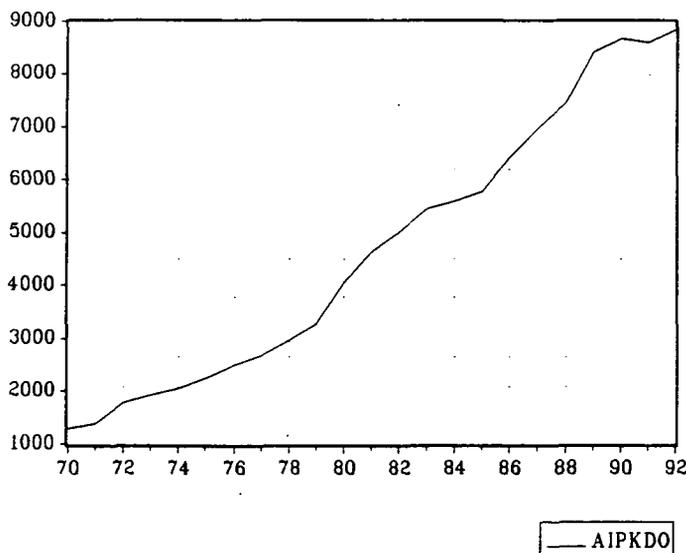
$$DW = 2.48$$

AIPASSKM: Trafic intérieur d'Air Inter en millions de passagers-kilomètres

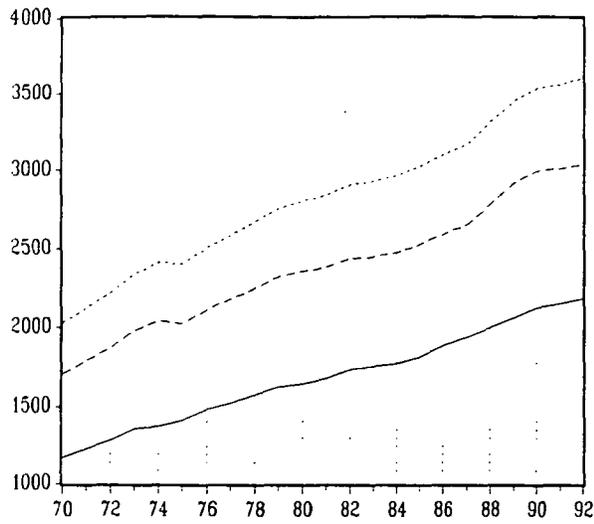
AIPRODMC: Produit moyen Air Inter sur trafic intérieur en francs constants 1980

## LES SERIES

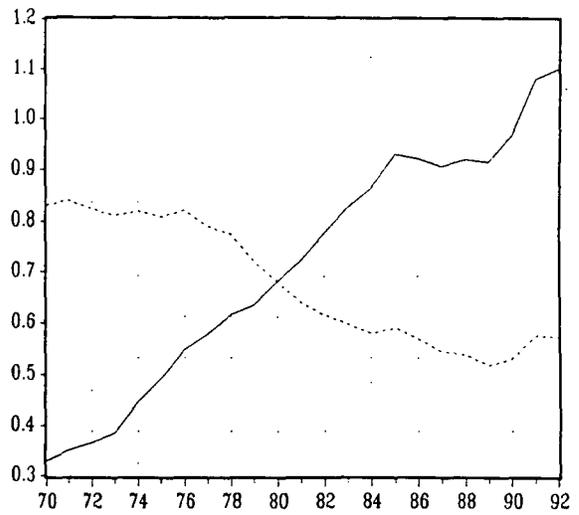
La variable expliquée AIPKDO représente le trafic intérieur d'Air Inter exprimé en millions de passagers-kilomètres. Elle n'inclut ni le trafic par charters, ni le trafic réalisé sur les lignes à destination européenne ouvertes à partir de 1988.



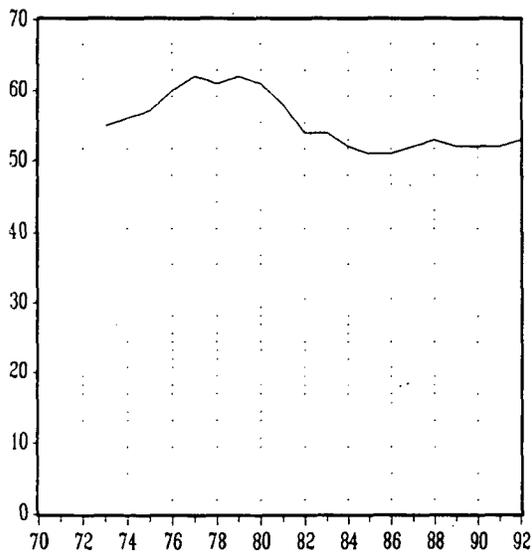
Cette série présente une rupture de pente en 1980; notre objectif a donc été de trouver une variable explicative traduisant cette rupture. Or, parmi les variables explicatives envisagées, seule la variable d'offre AISKO possède cette caractéristique. Comme on a pu le constater par la suite, la variable AISKO améliore considérablement les modèles. On a aussi utilisé un trend temporel qui traduit entre autres l'effet d'offre en l'absence d'AISKO.



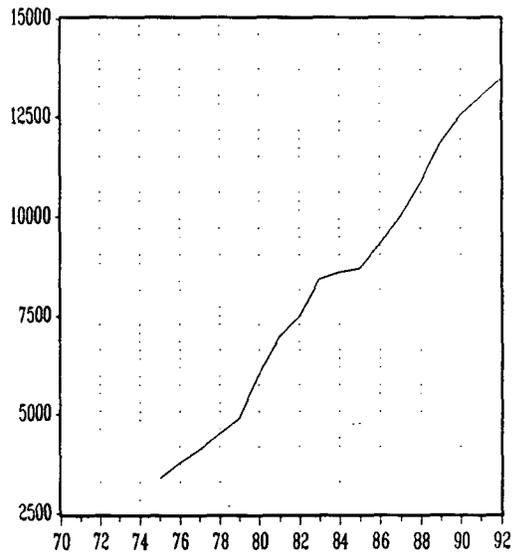
— CFM ..... PIB --- PIBM



— AIPRODM ..... AIPRODMC



— AINBLIGN



— AISK0

## LES MODELES ADDITIFS

### I] Modèles à 2 effets:

- \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: AIPRODM, AIPRODMC

AIPRODM et AIPRODMC sont les séries de produit moyen Air Inter respectivement en francs courants et constants 1980.

Le modèle dont l'erreur d'estimation est la plus faible est obtenu avec la variable CFM. Cependant, cette équation ne sera pas retenue parce que cette erreur reste trop importante.

Nous avons par ailleurs mentionné le modèle construit avec la variable PIBM sur la période 1975-1992 pour permettre la comparaison avec l'équation finalement retenue.

1971-1992

$$\text{AIPKDO} = 0.0059387 \text{ CFM} - 8018.8 \text{ AIPRODMC} \quad \text{AR}(1)$$

(14.1)                      (-5.9)

SE/Mean of dependent var = 4%

1971-1992

$$\text{AIPKDO} = 0.0043906 \text{ PIBM} - 8708.8 \text{ AIPRODMC} \quad \text{AR}(1)$$

(17)                              (-7.8)

SE/Mean of dependent var = 4.13%

1975-1992

$$\text{AIPKDO} = 0.0041439 \text{ PIBM} - 5910.3 \text{ AIPRODMC} \quad \text{AR}(1)$$

(6.5)                              (-2.6)

SE/Mean of dependent var = 3.69%



## II] Modèles à 3 effets:

- 1) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: AIPRODM, AIPRODMC
- \* effet concurrence: SNPRODM, SNPRODMC, LIGNETGV, VKTGVTOT, SNVKRPPC

LIGNETGV est la longueur des lignes parcourues par les TGV.

VKTGVTOT est le trafic TGV exprimé en milliards de voyageurs-kilomètres.

SNVKRPPC est le trafic SNCF 1<sup>ère</sup> classe sur réseau principal exprimé en millions de voyageurs-kilomètres. Cette série a été corrigée des grèves et réropolée selon la nouvelle définition de la banlieue parisienne en 1991.

Aucun modèle satisfaisant avec ou sans variable retardée.

\* Avec trend temporel: IND80, TREND80

1970-1992

$$\text{AIPKDO} = 0.0023626 \text{ PIB} - 4298.6 \text{ AIPRODMC} - 74.089 \text{ VKTGVTOT} + 325.15 \text{ TREND80}$$

(30.1)                      (-17.4)                      (-2.7)                      (7.2)

SE/Mean of dependent var = 2,27%

Là encore, l'introduction de TREND80 permet de valider les équations.

1970-1992

$$\text{AIPKDO} = 0.0028725 \text{ PIBM} - 4462.9 \text{ AIPRODMC} - 67.003 \text{ VKTGVTOT} + 305.04 \text{ TREND80}$$

(29.4)                      (-17.3)                      (-2.4)                      (6.5)

SE/Mean of dependent var = 2.33%

Sur la période 1975-1992, la variable VKTGVTOT n'est pas significative dans ce modèle.

\* Avec variable retardée et trend temporel:

L'ajout de l'effet concurrence seul n'améliore que faiblement la qualité du modèle.

1971-1992

$$\begin{aligned} \text{AIPKDO} = & 0.34447 \text{ AIPKDO}(-1) + 0.0029961 \text{ PIBM} - 3131.4 \text{ AIPRODMC} \\ & \quad (2.2) \quad \quad \quad (4.5) \quad \quad \quad (-4.2) \\ & - 107.82 \text{ VKTGVTOT} + 278.27 \text{ TREND80} \\ & \quad (-3.2) \quad \quad \quad (6.3) \end{aligned}$$

H de Durbin = -1.5

SE/Mean of dependent var = 2.02%

1975-1992

$$\begin{aligned} \text{AIPKDO} = & 0.35730 \text{ AIPKDO}(-1) + 0.0019682 \text{ PIBM} - 3082.8 \text{ AIPRODMC} - 107.42 \text{ VKTGVTOT} \\ & \quad (2.3) \quad \quad \quad (4.4) \quad \quad \quad (-4.0) \quad \quad \quad (-3.2) \\ & + 273.28 \text{ TREND80} \\ & \quad (5.6) \end{aligned}$$

H de Durbin = -1.49

SE/Mean of dependent var = 1.70%

- 2) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: AIPRODM, AIPRODMC
- \* effet d'offre: AINBLIGN, AISKO

AINBLIGN est le nombre de lignes Air Inter (trafic intérieur).  
 AISKO représente les sièges-kilomètres offerts Air Inter (trafic intérieur).

La variable AINBLIGN n'est pas du tout significative.

La variable AISKO permet de réduire l'erreur d'estimation encore davantage que chacune des variables AIPKDO(-1) et TREND80. En revanche, elle ne fait pas disparaître l'autocorrélation des résidus.

1976-1992

$$\text{AIPKDO} = 0.0019516 \text{ PIBM} - 4504.5 \text{ AIPRODMC} + 0.0004092 \text{ AISKO} \quad \text{AR}(1)$$

(4.2)                      (-4.0)                      (5.9)

SE/Mean of dependent var = 1.86%

L'équation est estimée sur la période 1976-1992 parce que la série AISKO n'est disponible qu'à partir de 1975.

L'ajout de la variable retardée et/ou d'un trend temporel n'améliore en aucune façon les modèles.

Il semblerait alors intéressant d'introduire à la fois l'effet concurrence et l'effet d'offre.

### III] Modèles à 4 effets:

- \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: AIPRODM, AIPRODMC
- \* effet concurrence: SNPRODM, SNPRODMC, LIGNETGV, VKTGVTOT, SNVKRPPC
- \* effet d'offre: AINBLIGN, AISKO

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle n'apparaît satisfaisant: exceptée AISKO, les autres variables sont tour à tour non significatives.

\* Avec trend temporel: IND80, TREND80

1975-1992

$$\begin{aligned} \text{AIPKDO} = & 0.0015762 \text{ PIBM} - 2417.4 \text{ AIPRODMC} - 93.310 \text{ VKTGVTOT} \\ & \quad (4.3) \quad \quad \quad (-3.7) \quad \quad \quad (-4.1) \\ & + 261.25 \text{ TREND80} + 0.0002890 \text{ AISKO} \\ & \quad (6.6) \quad \quad \quad (3.9) \end{aligned}$$

SE/Mean of dependent var = 1.37%

On retiendra cette équation qui donne les meilleurs résultats statistiques de sa spécification.

La variable TREND80 joue un rôle important puisqu'en son absence, le modèle n'est pas satisfaisant. Elle représente sans doute un effet d'offre en l'absence de la variable AISKO, ainsi qu'un effet tarification qui ne peut être pris en compte par AIPRODMC: par le jeu des tarifs bleu-blanc-rouge, le prix des billets a pu être majoré aux heures de pointe où les passagers d'affaire sont "piégés" et minoré aux heures creuses de façon à élargir la clientèle.

L'ajout simultané de la variable retardée et d'un trend temporel ne permet pas d'obtenir une modélisation satisfaisante.

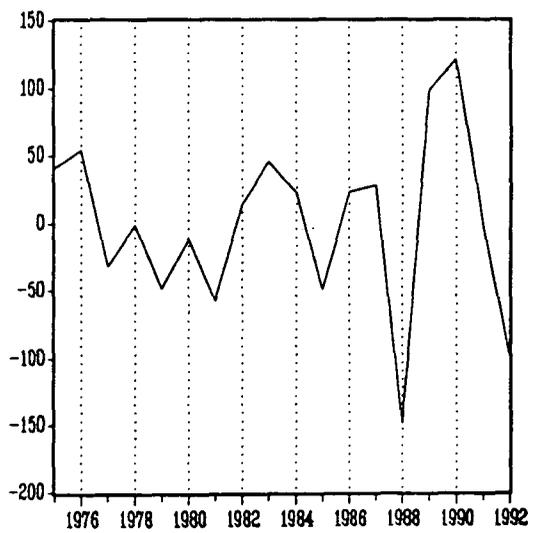
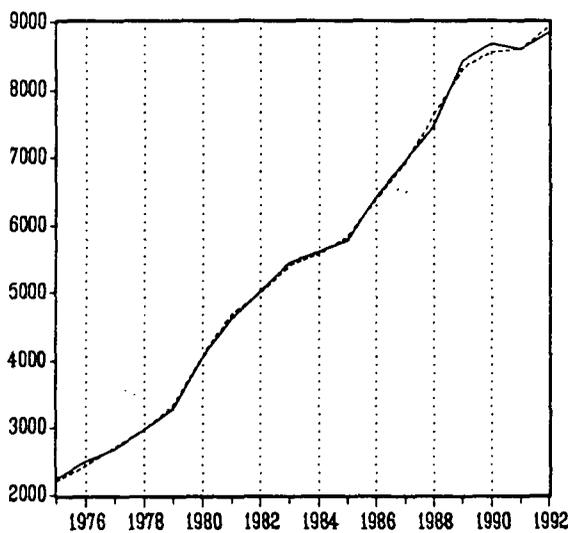
EQUATION RETENUE

1975-1992

$$\text{AIPKDO} = 0.0015762 \text{ PIBM} - 2417.4 \text{ AIPRODMC} - 93.310 \text{ VKTGVTOT} + 261.25 \text{ TREND80} + 0.0002890 \text{ AISKO}$$

LS // Dependent Variable is AIPKDO  
 SMPL range: 1975 - 1992  
 Number of observations: 18

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
PIBM	0.0015762	0.0003647	4.3215392	0.0008
AIPRODMC	-2417.4441	649.35309	-3.7228499	0.0026
VKTGVTOT	-93.310054	22.672422	-4.1155751	0.0012
TREND80	261.24512	39.577276	6.6008868	0.0000
AISKO	0.0002890	7.446E-05	3.8820702	0.0019
R-squared	NC	Mean of dependent var	5534.944	
Adjusted R-squared	NC	S.D. of dependent var	2277.879	
S.E. of regression	75.67489	Sum of squared resid	74446.96	
Log likelihood	-100.4881	F-statistic	3847.513	
Durbin-Watson stat	NC	Prob(F-statistic)	0.000000	

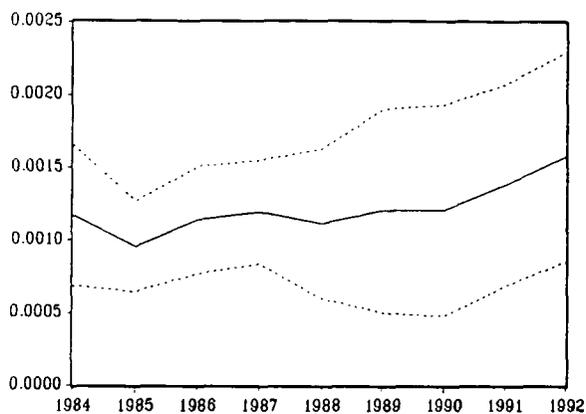


— AIPKDO    ..... ESTIMEE

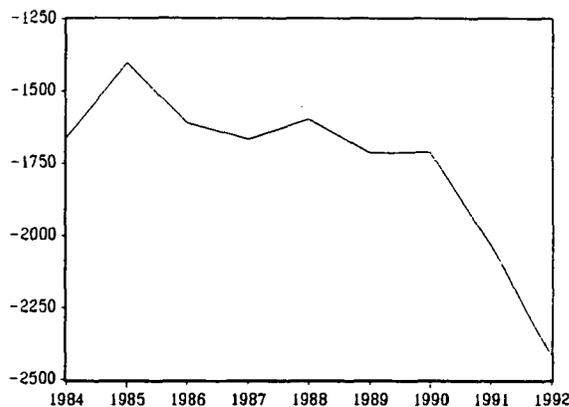
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

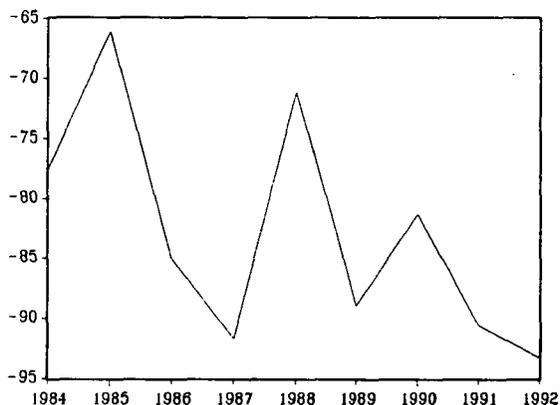
$$AIPKDO = C(1) * PIBM + C(2) * AIPRODMC + C(3) * VKTGVTOT + C(4) * TREND80 + C(5) * AISKO$$



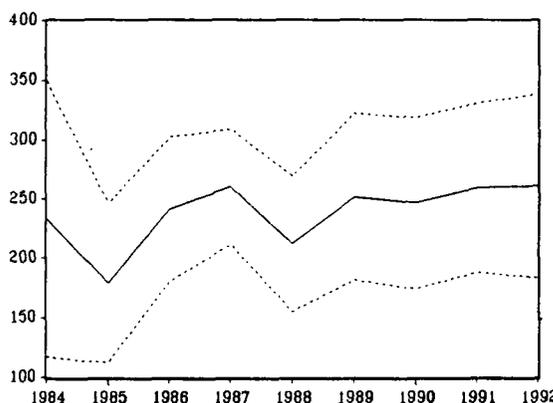
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



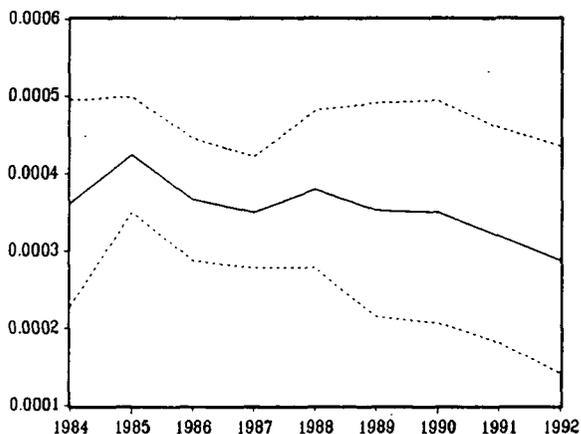
— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(5) Estimates ..... +/- 2 S.E.

## LES MODELES MULTIPLICATIFS

### I] Modèles à 2 effets:

\* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM

\* effet prix: LAIPRODM, LAIPMC

$$\text{LAIPMC} = \ln(\text{AIPRODMC})$$

Le meilleur modèle à deux effets c'est-à-dire celui dont l'erreur d'estimation est la plus faible a été obtenu avec la variable LCFM.

Nous avons aussi indiqué le modèle avec la variable PIBM estimé sur la période 1975-1992 pour que la comparaison avec l'équation finalement retenue soit possible.

1971-1992

$$\text{LAIPKDO} = -23.8 + 2.21 \text{ LCFM} - 1.19 \text{ LAIPMC} \quad \text{AR}(1)$$

(-7.3)    (9.5)                    (-5.2)

$$R^2 = 0.9954$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9946$$

$$\text{SE of regression} = 0.0431$$

1971-1992

$$\text{LAIPKDO} = -23.5 + 2.13 \text{ LPIBM} - 1.41 \text{ LAIPMC} \quad \text{AR}(1)$$

(-5.0)    (6.5)                    (-4.7)

$$R^2 = 0.9934$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9923$$

$$\text{SE of regression} = 0.0515$$

1975-1992

$$\text{LAIPKDO} = -20.3 + 1.91 \text{ LPIBM} - 1.50 \text{ LAIPMC}$$

(-7.5)    (10.2)                    (-9.9)

$$R^2 = 0.9919$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9908$$

$$\text{DW} = 1.27$$

$$\text{SE of regression} = 0.0439$$

\* Avec variable retardée:

L'introduction de la variable retardée améliore sensiblement la modélisation en réduisant l'erreur d'estimation et en éliminant l'autocorrélation des résidus. Cela pourrait résulter de l'absence de variables explicatives importantes dans le modèle.

1971-1992

$$\text{LAIPKDO} = -13.5 + 0.39 \text{LAIPKDO}(-1) + 1.28 \text{LCFM} - 0.77 \text{LAIPMC}$$

(-2.6) (2.4) (2.9) (-3.5)

$$R^2 = 0.9957$$

$$\text{Ajusted-}R^2 = 0.9949$$

$$\text{H de Durbin} = -0.54$$

$$\text{SE of regression} = 0.0418$$

1971-1992

$$\text{LAIPKDO} = 0.78 \text{LAIPKDO}(-1) + 0.11 \text{LPIBM} - 0.52 \text{LAIPMC}$$

(10.5) (3.2) (-2.2)

$$\text{H de Durbin} = -0.67$$

$$\text{SE of regression} = 0.0479$$

1975-1992

$$\text{LAIPKDO} = -8.5 + 0.48 \text{LAIPKDO}(-1) + 0.85 \text{LPIBM} - 0.83 \text{LAIPMC}$$

(-2.4) (4.1) (2.9) (-4.3)

$$R^2 = 0.9963$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9955$$

$$\text{H de Durbin} = -0.19$$

$$\text{SE of regression} = 0.0307$$

Que ce soit avec l'ajout d'un trend temporel seul ou accompagné de la variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

II) Modèles à 3 effets:

- 1) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LAIPRODM, LAIPMC
- \* effet concurrence: LSNPRODM, LSNPMC, LLIGNTGV,  
                            LVKTGVTO, LSNVKPC

$$\text{LSNPMC} = \ln(\text{SNPRODMC}), \text{LLIGNTGV} = \ln(\text{LIGNETGV}), \\ \text{LVKTGVTO} = \ln(\text{VKTGVTO}), \text{LSNVKPC} = \ln(\text{SNVKRPPC})$$

Aucune combinaison de ces trois effets n'a pu nous fournir un modèle correct même en rajoutant la variable retardée et/ou un trend temporel.

- 2) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LAIPRODM, LAIPMC
- \* effet d'offre: LAINBLIG, LAISKO

$$\text{LAINBLIG} = \ln(\text{AINBLIGN})$$

La présence de l'effet d'offre LAISKO diminue considérablement l'erreur d'estimation qui passe de 0.0439 à 0.0127 pour la même période.

1975-1992

$$\text{LAIPKDO} = -11.5 + 0.62 \text{LPIBM} - 0.56 \text{LAIPMC} + 0.67 \text{LAISKO}$$

(-11)    (5.4)            (-6.5)            (12.8)

$$R^2 = 0.9994$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9992$$

$$\text{DW} = 1.85$$

$$\text{SE of regression} = 0.0127$$

L'ajout alternatif ou simultané de la variable retardée et d'un trend temporel n'améliore en rien la modélisation.

### III] Modèle à 4 effets:

- \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LAIPRODM, LAIPMC
- \* effet concurrence: LSNPRODM, LSNPMC, LLIGNTGV,  
LVKTGVTO, LSNVKPC
- \* effet d'offre: LAINBLIG, LAISKO

Avec ou sans variable retardée, la combinaison de ces quatre effets n'a pu fournir un modèle satisfaisant.

- \* Avec trend temporel: LIND80, LTREND80

1976-1992

$$\begin{aligned} \text{LAIPKDO} = & -13.2 + 0.92 \text{ LCFM} - 0.55 \text{ LAIPMC} - 0.026 \text{ LVKTGVTO} \\ & (-22.4) \quad (12.9) \quad (-11.7) \quad (-5.5) \\ & + 0.52 \text{ LAISKO} + 0.054 \text{ LTREND80} \quad \text{AR}(1) \\ & (12.5) \quad (3.9) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.9997$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9996$$

$$\text{SE of regression} = 0.00897$$

1975-1992

$$\begin{aligned} \text{LAIPKDO} = & -11.7 + 0.75 \text{ LPIBM} - 0.53 \text{ LAIPMC} - 0.017 \text{ LVKTGVTO} \\ & (-12.6) \quad (6.8) \quad (-7.2) \quad (-2.3) \\ & + 0.56 \text{ LAISKO} + 0.054 \text{ LTREND80} \\ & (8.8) \quad (2.6) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.9996$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9994$$

$$\text{DW} = 2.45$$

$$\text{SE of regression} = 0.0109$$

Bien que le modèle contenant la variable LCFM ait une erreur d'estimation plus faible, nous retiendrons l'équation avec LPIBM puisque celle-ci ne présente pas d'autocorrélation des perturbations.

La variable LTREND80 est indispensable à la significativité du modèle. Elle représente à la fois un effet tarification et un effet d'offre non pris en compte par les variables LAIPMC et LAISKO.

L'ajout simultané de la variable retardée et d'un trend temporel ne fournit aucune modélisation acceptable.

## EQUATION RETENUE

1975-1992

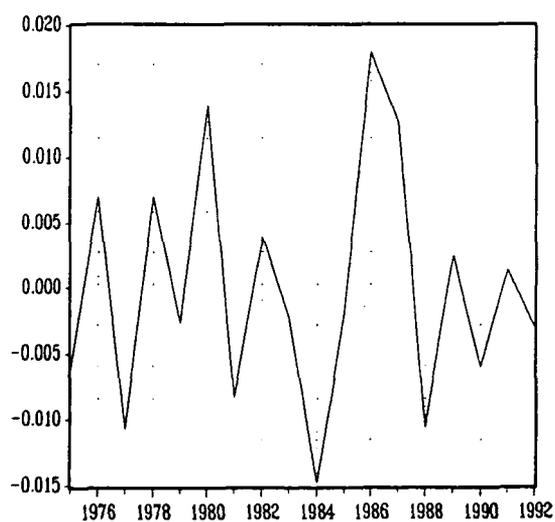
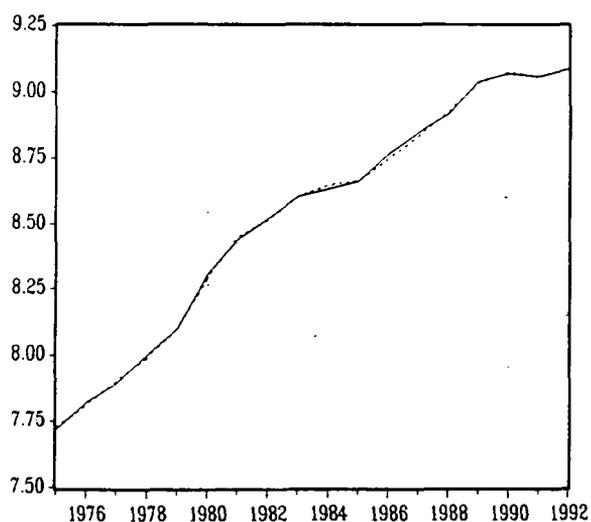
$$\text{LAIPKDO} = -11.7 + 0.75 \text{LPIBM} - 0.53 \text{LAIPMC} - 0.017 \text{LVKTGVTO} + 0.56 \text{LAISKO} + 0.054 \text{LTREND80}$$

LS // Dependent Variable is LAIPKDO

SMPL range: 1975 - 1992

Number of observations: 18

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	-11.732623	0.9286445	-12.634138	0.0000
LPIBM	0.7487357	0.1095569	6.8342204	0.0000
LAIPMC	-0.5331137	0.0737544	-7.2282306	0.0000
LVKTGVTO	-0.0165654	0.0071340	-2.3220392	0.0386
LAISKO	0.5636818	0.0640906	8.7950827	0.0000
LTREND80	0.0541129	0.0209467	2.5833588	0.0239
R-squared	0.999602	Mean of dependent var	8.527051	
Adjusted R-squared	0.999437	S.D. of dependent var	0.458246	
S.E. of regression	0.010876	Sum of squared resid	0.001419	
Log likelihood	59.48982	F-statistic	6033.428	
Durbin-Watson stat	2.449009	Prob(F-statistic)	0.000000	

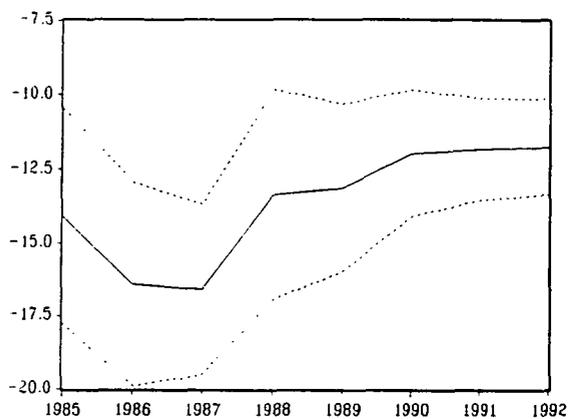


— LAIPKDO    ..... ESTIMEE

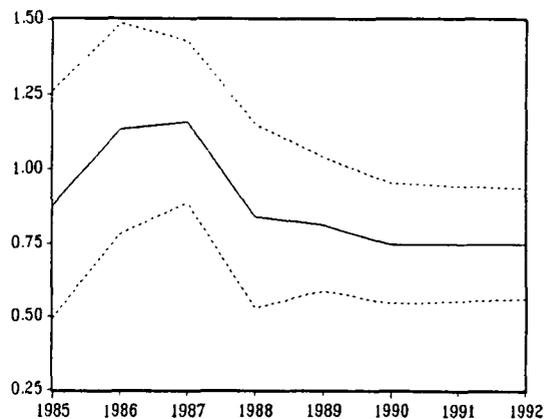
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

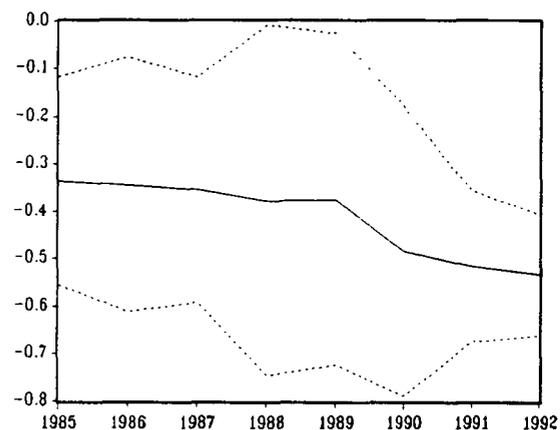
$$LAIPKDO = C(1) + C(2) * LPIBM + C(3) * LAIPMC + C(4) * LVKTGVTO + C(5) * LAISKO + C(6) * LTREND80$$



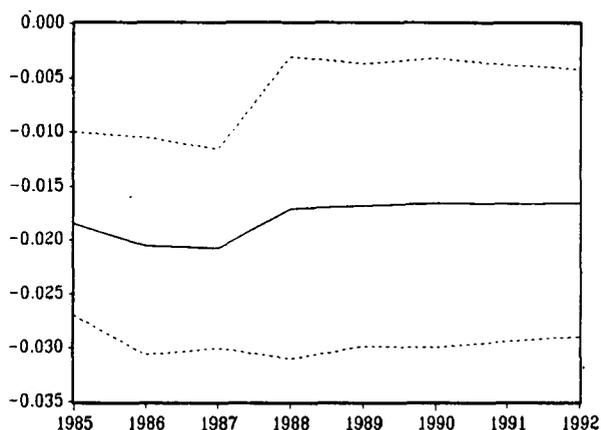
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



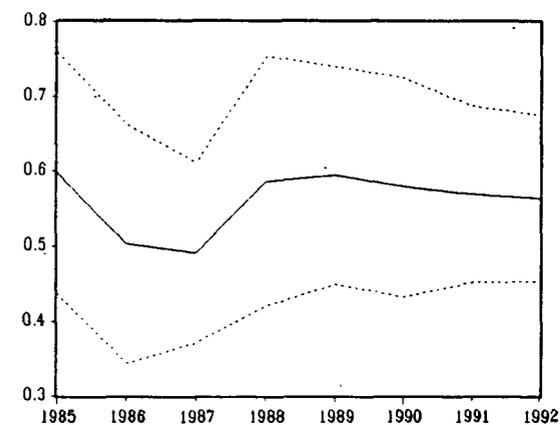
— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



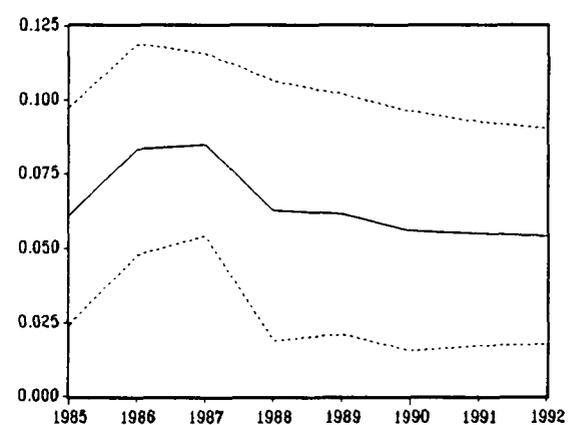
— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(5) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(6) Estimates ..... +/- 2 S.E.

## LES MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

Quels que soient les effets combinés, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.



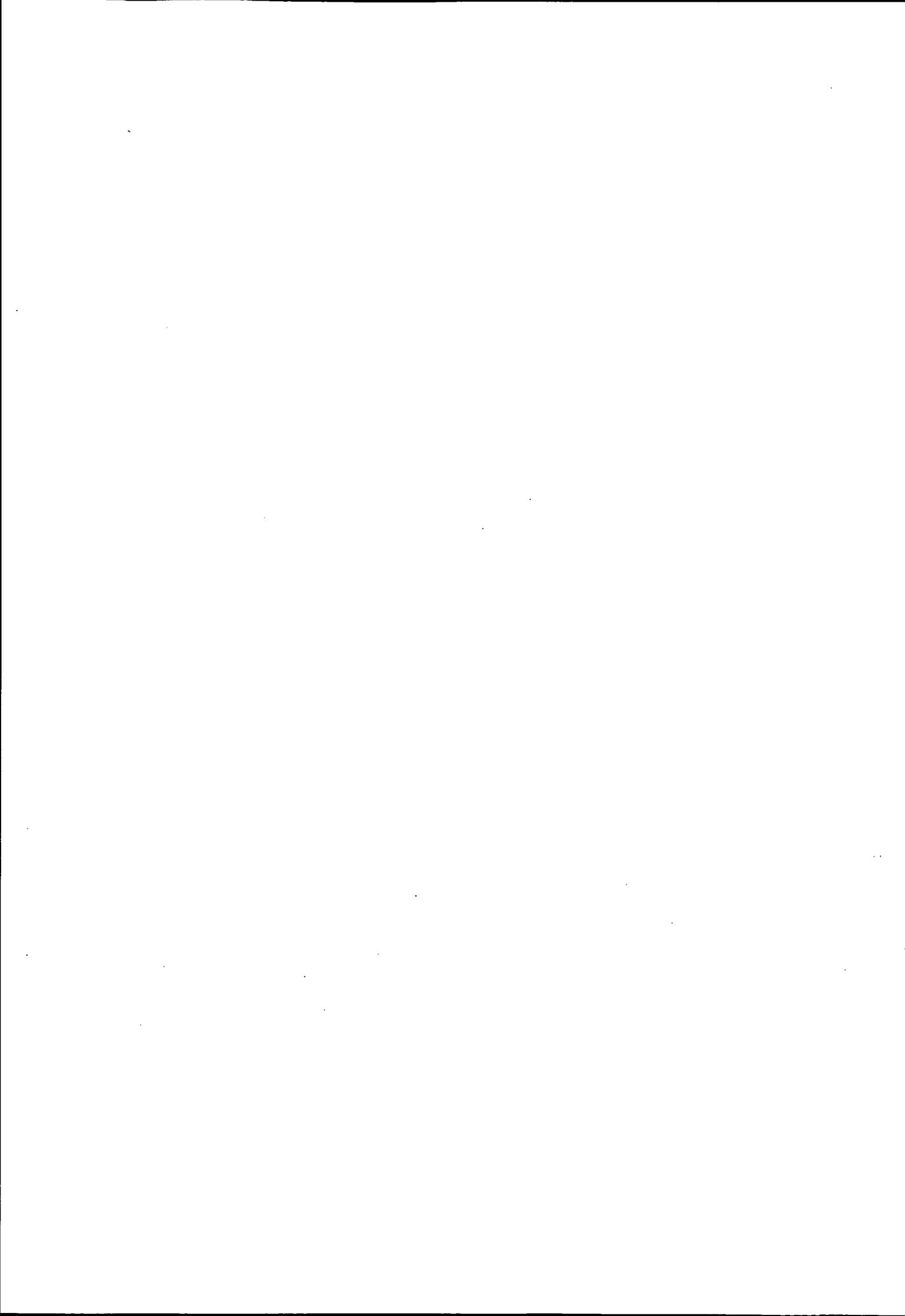
ELASTICITES

MODELES ADDITIFS

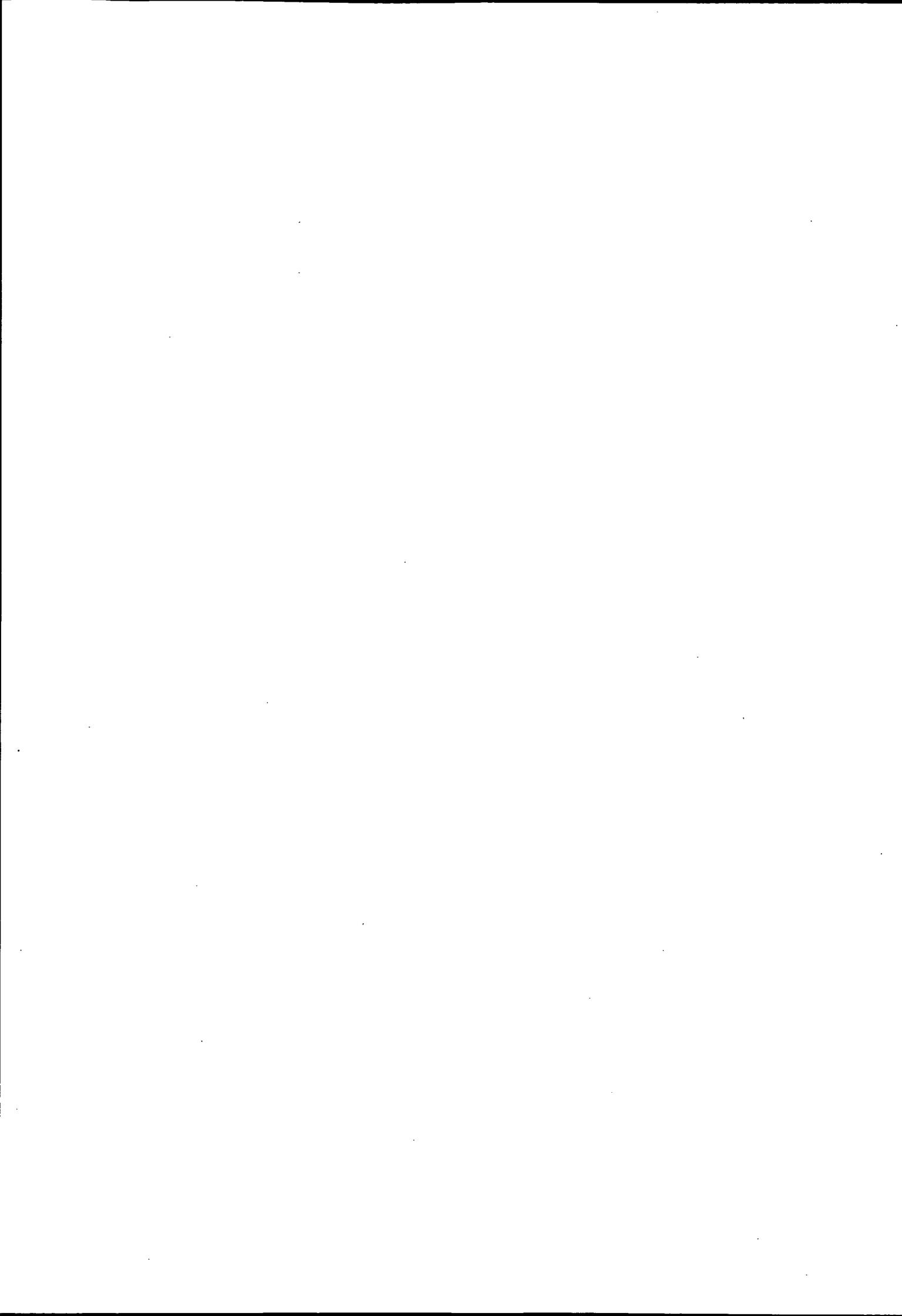
	AIPKDO(-1)	CFM	PIB	PIBM	AIPRODMC	TREND80	VKTGVTOT	AISKO	
2 effets		2,09			-1,11				1971-92
				2,19	-1,21				1971-92
				1,9	-0,68				1975-92
	0,6			0,82	-0,41				1971-92
	0,52			0,94	-0,46				1975-92
				1,52	-0,68	0,21			1970-92
3 effets				1,42	-0,59	0,19			1975-92
			1,43		-0,62	0,34	-0,11		1970-92
				1,46	-0,64	0,32	-0,10		1970-92
	0,32			1	-0,43	0,29	-0,16		1971-92
	0,33			0,9	-0,36	0,29	-0,16		1975-92
				0,87	-0,49			0,61	1976-92
4 effets				<b>0,72</b>	<b>-0,28</b>	<b>0,28</b>	<b>-0,14</b>	<b>0,43</b>	<b>1975-92</b>

MODELES MULTIPLICATIFS

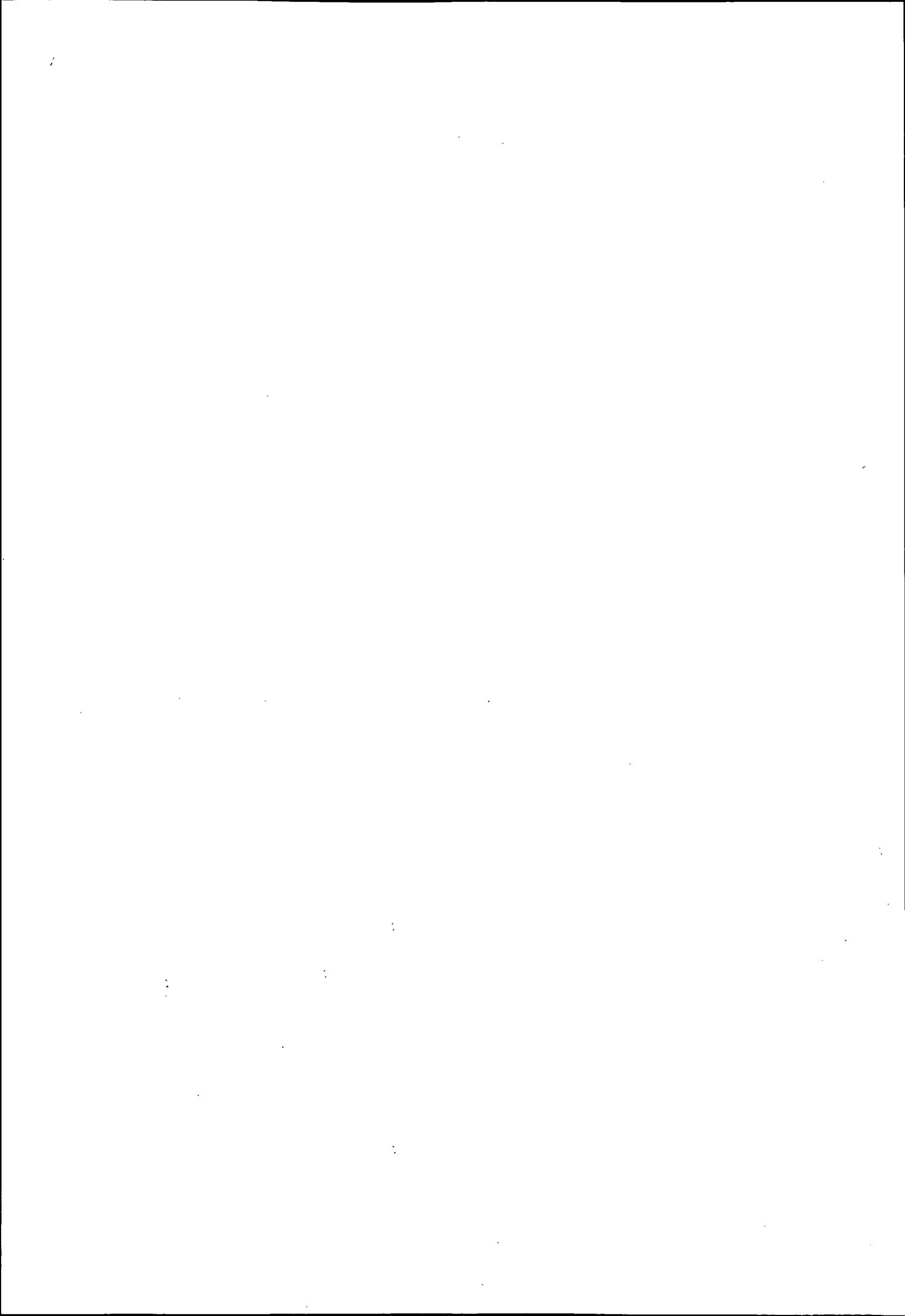
	LAIPKDO(-1)	LCFM	LPIBM	LAIPMC	LTREND80	LVKTGVTO	LAISKO	
2 effets		2,21		-1,19				1971-92
			2,13	-1,41				1971-92
			1,91	-1,5				1975-92
	0,39	1,28		-0,77				1971-92
	0,78		0,11	-0,52				1971-92
	0,48		0,85	-0,83				1975-92
3 effets			0,62	-0,56			0,67	1975-92
4 effets		0,92		-0,55	0,054	-0,026	0,52	1976-92
			<b>0,75</b>	<b>-0,53</b>	<b>0,054</b>	<b>-0,017</b>	<b>0,56</b>	<b>1975-92</b>



AEROPORTS DE PARIS

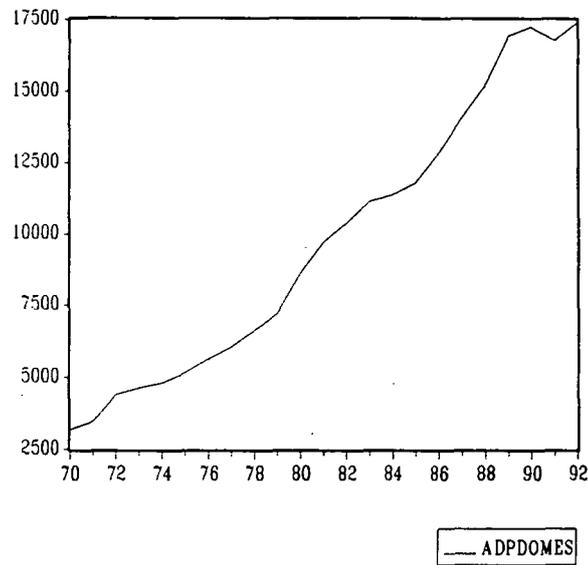


TRAFIC INTERIEUR



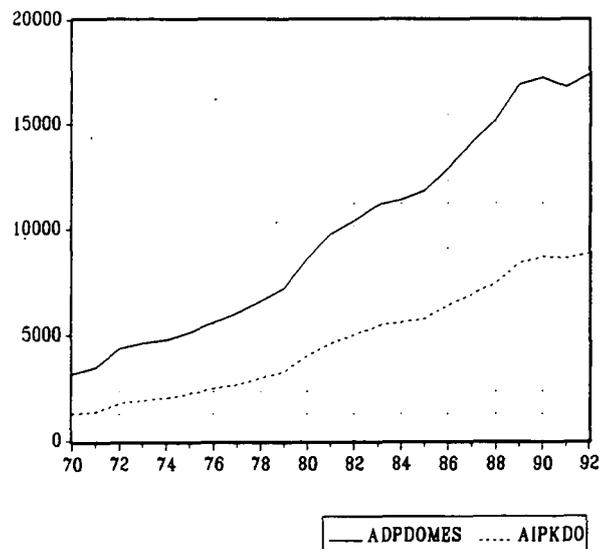
## LES SERIES

La variable expliquée ADPDOMES représente le trafic intérieur des Aéroports de Paris, en milliers de passagers.



En observant les courbes des variables ADPDOMES et AIPKDO, nous avons constaté une très grande similitude; c'est pourquoi, nous avons tenté d'expliquer ADPDOMES par la variable AIPKDO.

Par ailleurs, nous avons essayé d'introduire la variable retardée ainsi que le produit intérieur brut.



## LES MODELES ADDITIFS

### I] Modèles à 1 effet:

\* Trafic intérieur Air Inter: AIPKDO

1971-1992

$$\text{ADPDOMES} = 1023 + 1.865 \text{ AIPKDO} \quad \text{AR}(1)$$

(9.7)      (101.6)

$$R^2 = 0.9995$$

$$\text{Ajusted-}R^2 = 0.9995$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 1.059\%$$

### II] Modèles à 2 effets:

\* trafic intérieur Air Inter: AIPKDO

\* effet revenu: PIB

1971-1992

$$\text{ADPDOMES} = 1.78 \text{ AIPKDO} + 0.000488 \text{ PIB} \quad \text{AR}(1)$$

(67.9)                      (9.7)

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 1.10\%$$

Dans tous les cas, l'ajout de la variable retardée n'améliore pas la modélisation.

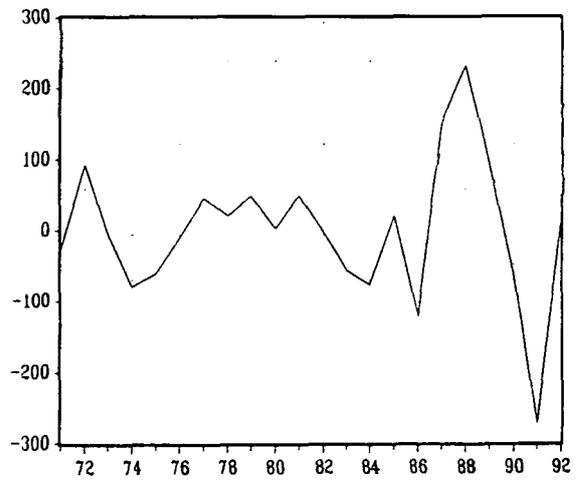
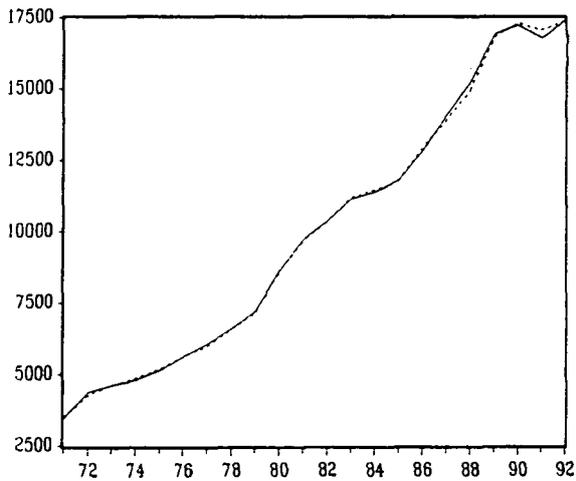
EQUATION RETENUE

1971-1992

$ADPDOMES = 1023 + 1.865 AIPKDO \quad AR(1)$

LS // Dependent Variable is ADPDOMES  
 SMPL range: 1971 - 1992  
 Number of observations: 22  
 Convergence achieved after 5 iterations

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	1022.8217	105.72954	9.6739449	0.0000
AIPKDO	1.8650217	0.0183477	101.64904	0.0000
AR(1)	0.4666494	0.1967292	2.3720390	0.0284
R-squared	0.999540	Mean of dependent var	10070.86	
Adjusted R-squared	0.999492	S.D. of dependent var	4734.724	
S.E. of regression	106.7046	Sum of squared resid	216331.4	
Log likelihood	-132.3454	F-statistic	20663.94	
Durbin-Watson stat	1.515318	Prob(F-statistic)	0.000000	



— ADPDOMES    ..... ESTIMEE

— RESID

## LES MODELES MULTIPLICATIFS

### I] Modèles à 1 effet:

\* Trafic intérieur Air Inter: LAIPKDO

1971-1992

$$\text{LADPDO} = 1.8 + 0.88 \text{ LAIPKDO} \quad \text{AR}(1)$$

(16.1) (67.1)

$$R^2 = 0.9995$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9995$$

$$\text{SE of regression} = 0.0116$$

### II] Modèles à 2 effets:

\* trafic intérieur Air Inter: LAIPKDO

\* effet revenu: LPIB

1971-1992

$$\text{LADPDO} = 0.84 \text{ LAIPKDO} + 0.14 \text{ LPIB} \quad \text{AR}(1)$$

(57.6) (16.8)

$$\text{SE of regression} = 0.0115$$

Aucun modèle n'a pu être retenu avec la variable retardée.

**EQUATION RETENUE**

1971-1992

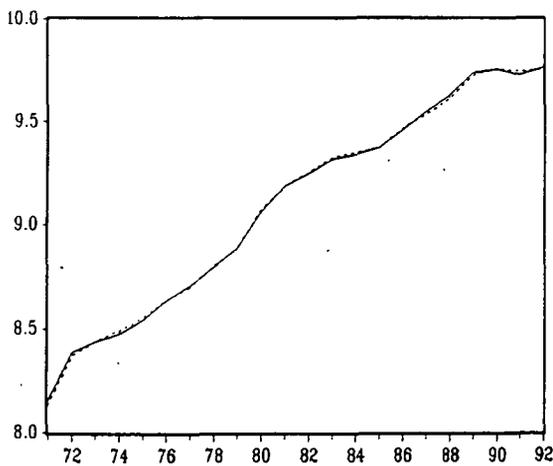
$$\text{LADPDO} = 1.8 + 0.88 \text{ LAIPKDO} \quad \text{AR}(1)$$

LS // Dependent Variable is LADPDO  
 SMPL range: 1971 - 1992  
 Number of observations: 22  
 Convergence achieved after 6 iterations

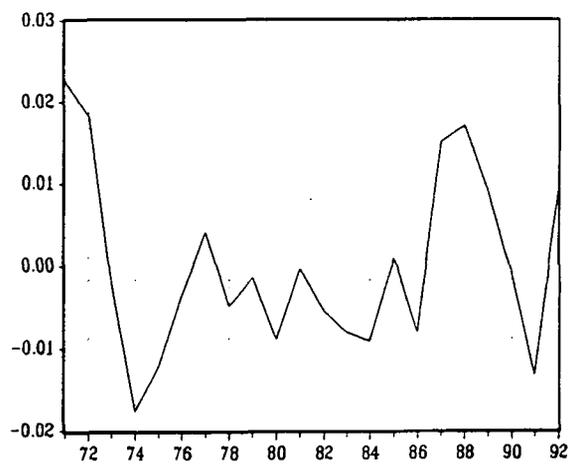
VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	1.7894216	0.1112811	16.080189	0.0000
LAIPKDO	0.8769530	0.0130646	67.124230	0.0000
AR(1)	0.6509788	0.1730052	3.7627698	0.0013

R-squared	0.999540	Mean of dependent var	9.099033
Adjusted R-squared	0.999492	S.D. of dependent var	0.514599
S.E. of regression	0.011600	Sum of squared resid	0.002557
Log likelihood	68.44444	F-statistic	20654.29
Durbin-Watson stat	1.030982	Prob(F-statistic)	0.000000



— LADPDO ..... ESTIMEE



— RESID

## LES MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

### I] Modèles à 1 effet:

\* Trafic intérieur Air Inter: TAIPKDO

1971-1992

$$\text{TADPDO} = 0.89 \text{ TAIPKDO}$$

(36.6)

SE of regression = 0.0128

### II] Modèles à 2 effets:

\* Trafic intérieur Air Inter: TAIPKDO  
\* effet revenu: TPIB

La combinaison de ces deux effets ne permet pas de fournir une bonne modélisation du trafic intérieur de passagers des Aéroports de Paris.

L'introduction de la variable retardée ne permet pas d'améliorer la modélisation.

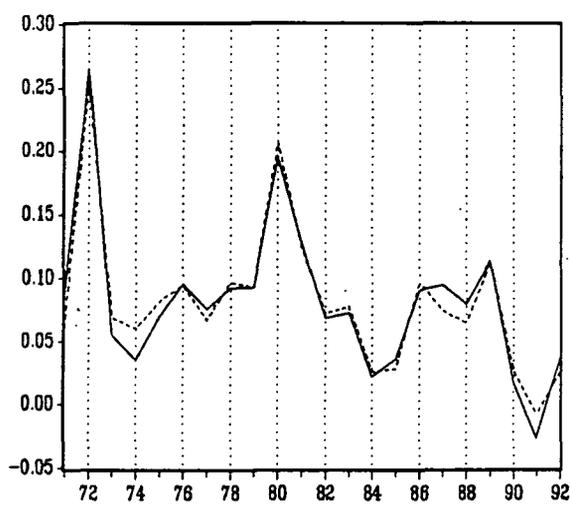
EQUATION RETENUE

1971-1992

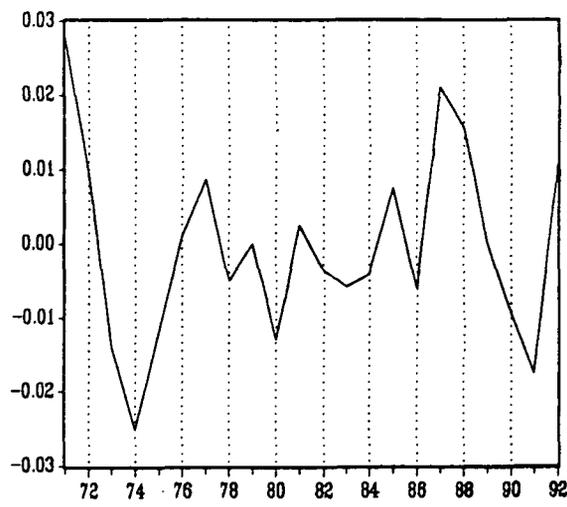
$TADPDO = 0.89 TAIPKDO$

LS // Dependent Variable is TADPDO  
 SMPL range: 1971 - 1992  
 Number of observations: 22

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
TAIPKDO	0.8870959	0.0242153	36.633720	0.0000
R-squared	NC	Mean of dependent var		0.081832
Adjusted R-squared	NC	S.D. of dependent var		0.060689
S.E. of regression	0.012839	Sum of squared resid		0.003461
Log likelihood	65.11156	Durbin-Watson stat		NC



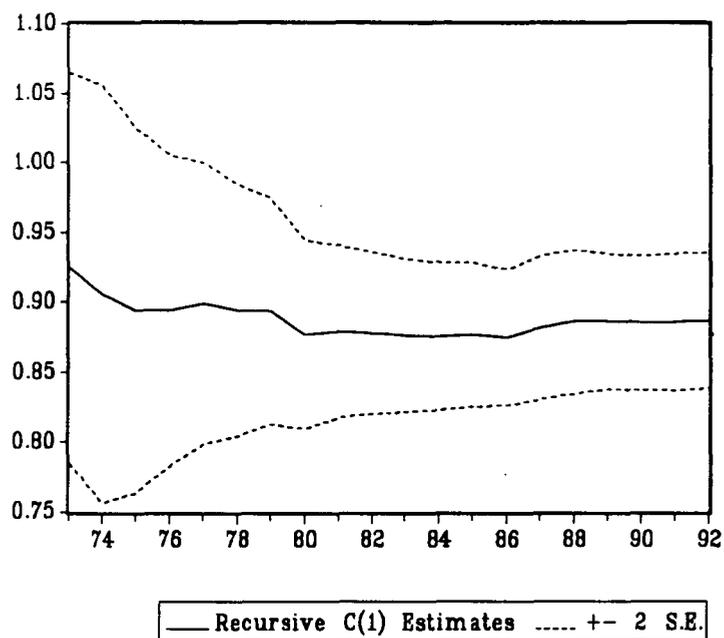
— TADPDO    ..... ESTIMEE



— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

$$\text{TADPDO} = C(1) * \text{TAIPKDO}$$



## ELASTICITES

### MODELES ADDITIFS

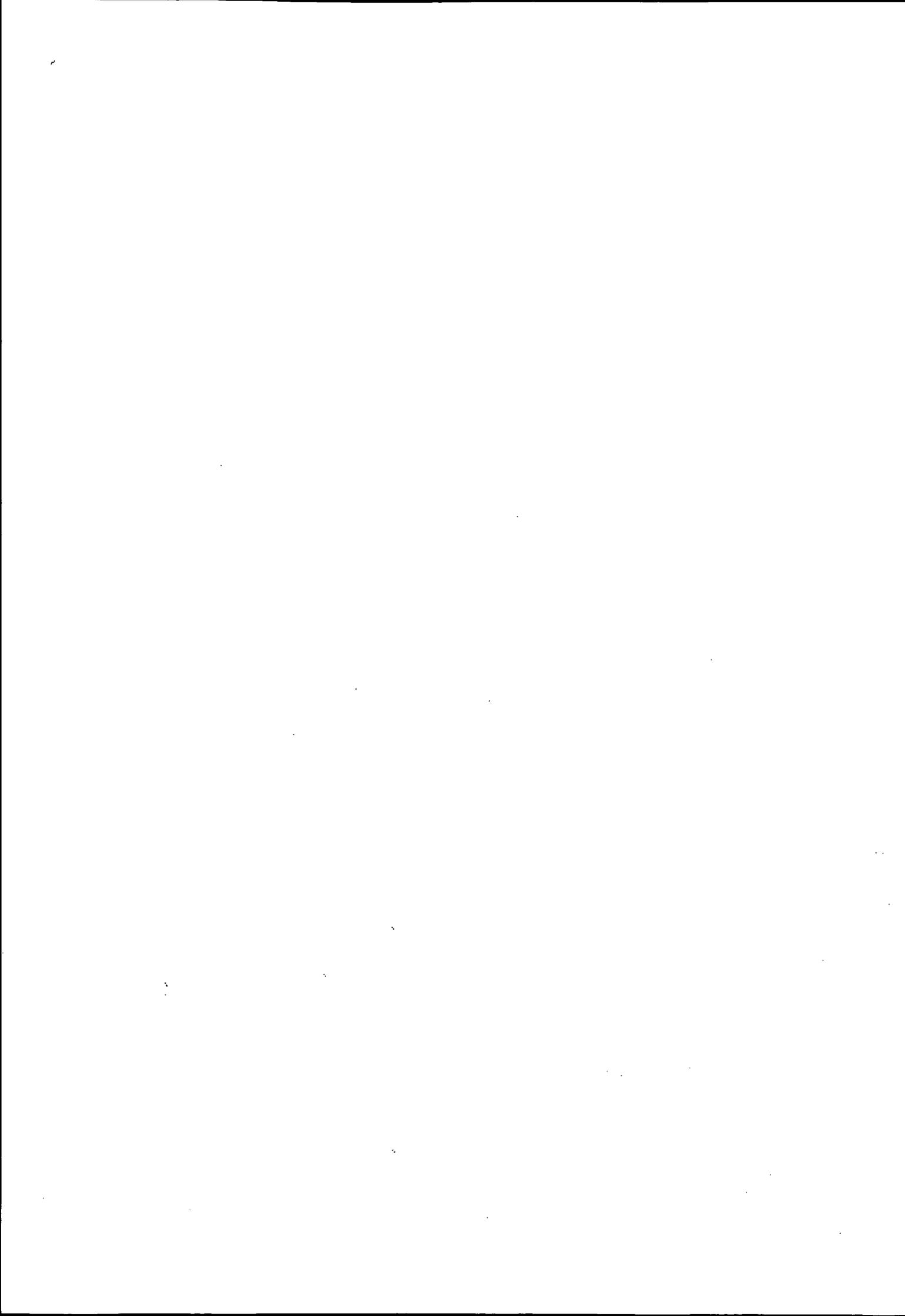
	AIPKDO	PIB	
1 effet	0,9		1971-92
2 effets	0,86	0,14	1971-92

### MODELES MULTIPLICATIFS

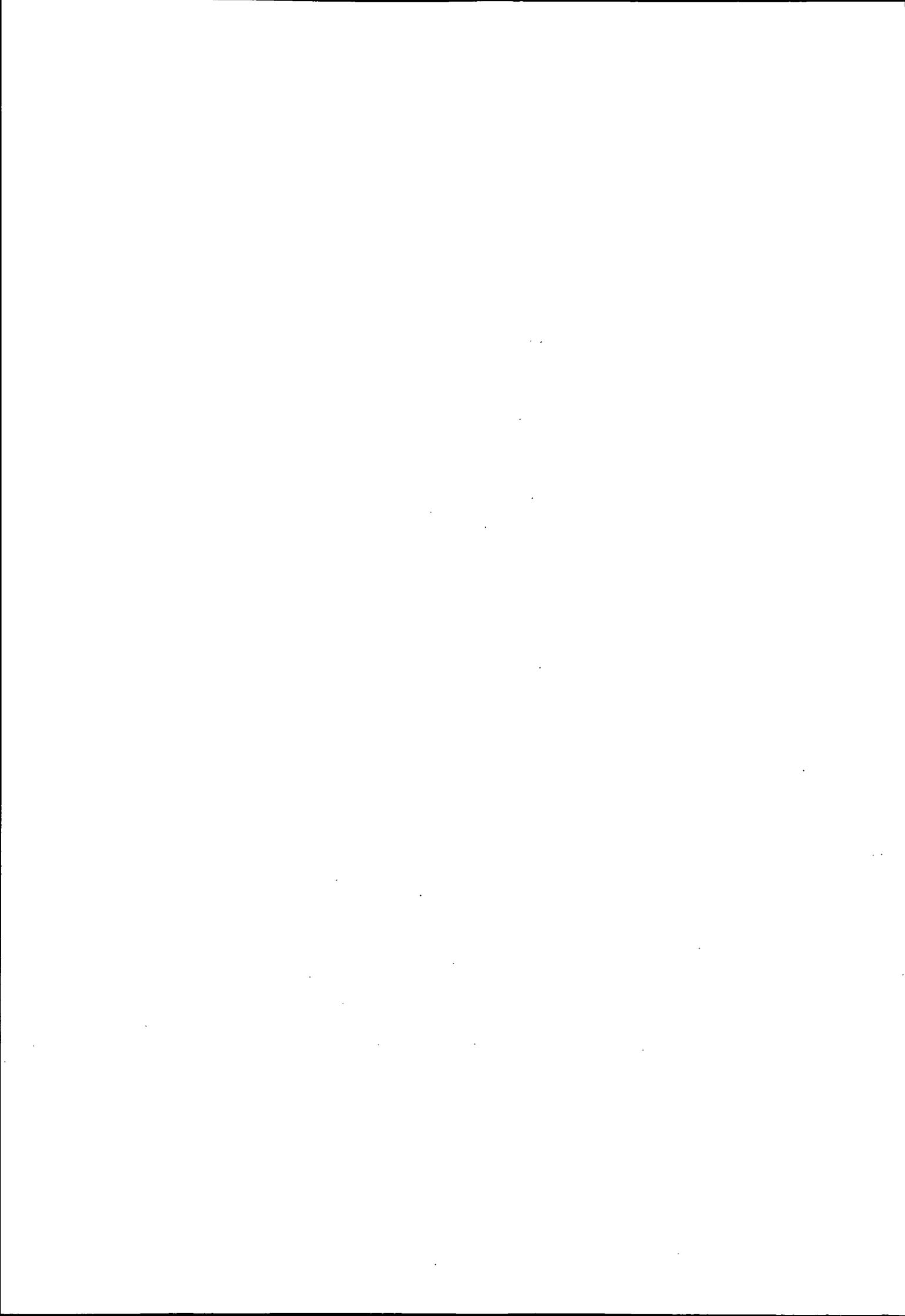
	LAIPKDO	LPIB	
1 effet	0,88		1971-92
2 effets	0,84	0,14	1971-92

### MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

	TAIPKDO	
1 effet	0,89	1971-92

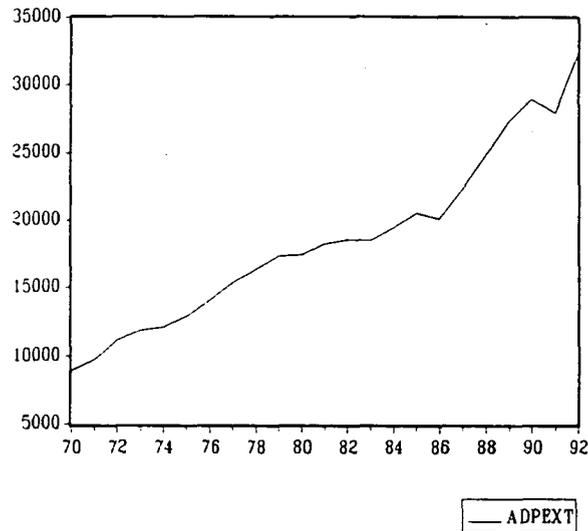


TRAFIC INTERNATIONAL

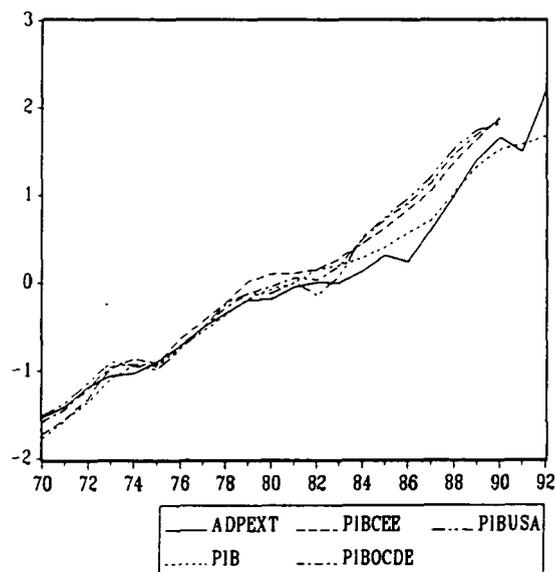


## LES SERIES

La variable expliquée ADPEXT désigne le trafic international des Aéroports de Paris, en milliers de passagers.



En observant les courbes des variables ADPEXT, PIB, PIBCEE, PIBOCDE et PIBUSA, il semblerait que la variable PIB soit la plus explicative. Cependant, nous testerons alternativement ces quatre variables de revenu. Par ailleurs, nous essayerons aussi de mettre en évidence les variables: TXDOLLAR, PBARIL, ADPEXT(-1).



## LES MODELES ADDITIFS

### I] Modèles à 1 effet:

\* effet revenu: PIB, PIBCEE, PIBOCDE, PIBUSA

1971-1990

$$\text{ADPEXT} = -21916 + 0,014135 \text{ PIB} \quad \text{AR}(1)$$

(-5.7)                    (11.2)

$$R^2 = 0.9873$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9858$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 3.507\%$$

\* Avec variable retardée:

1971-1990

$$\text{ADPEXT} = -4739 + 0.7190 \text{ ADPEXT}(-1) + 0.002947 \text{ PIBUSA}$$

(-2.7)                    (5.9)                                    (2.9)

$$R^2 = 0.9862$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9846$$

$$\text{H de Durbin} = 1.46$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 3.656\%$$

### II] Modèles à 2 effets:

\* effet revenu: PIB, PIBCEE, PIBOCDE, PIBUSA

\* effet prix: TXDOLLAR, PBARIL

TXDOLLAR est le taux de change du franc par rapport au dollar.

PBARIL est le prix du baril de pétrole acheté par la CEE, exprimé en dollars (CAF).

La combinaison de ces deux effets ne permet pas de fournir une modélisation satisfaisante même en rajoutant la variable retardée.

**EQUATION RETENUE**

1971-1990

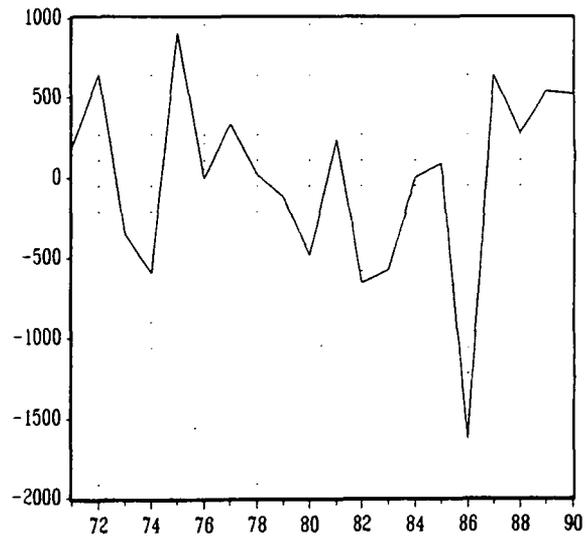
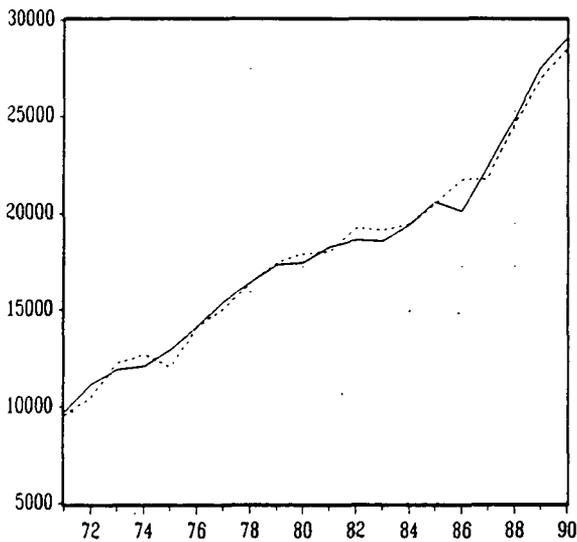
**ADPEXT = -21916 + 0.014135 PIB    AR(1)**

LS // Dependent Variable is ADPEXT  
 SMPL range: 1971 - 1990  
 Number of observations: 20  
 Convergence achieved after 4 iterations

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	-21915.682	3834.9259	-5.7147603	0.0000
PIB	0.0141349	0.0012659	11.165837	0.0000
AR(1)	0.6545744	0.1851698	3.5349951	0.0025

R-squared	0.987326	Mean of dependent var	17891.15
Adjusted R-squared	0.985835	S.D. of dependent var	5272.476
S.E. of regression	627.5223	Sum of squared resid	6694332.
Log likelihood	-155.5892	F-statistic	662.1477
Durbin-Watson stat	2.209963	Prob(F-statistic)	0.000000



— ADPEXT    ..... ESTIMEE

— RESID

## LES MODELES MULTIPLICATIFS

### I] Modèles à 1 effet:

\* effet revenu: LPIB, LPIBCEE, LPIBOCDE, LPIBUSA

1970-1991

$$\text{LADPEXT} = -20.6 + 2.05 \text{ LPIB}$$

(-36.2) (53.3)

$$R^2 = 0.9930$$

$$\text{Ajusted-}R^2 = 0.9927$$

$$\text{Dw} = 1.70$$

$$\text{SE of regression} = 0.02867$$

\* Avec variable retardée:

1971-1990

$$\text{LADPEXT} = -2.4 + 0.58 \text{ LADPEXT}(-1) + 0.74 \text{ LPIBOCDE}$$

(-2.8) (4.8) (3.4)

$$R^2 = 0.9893$$

$$\text{Ajusted-}R^2 = 0.9881$$

$$\text{H de Durbin} = 0.95$$

$$\text{SE of regression} = 0.0325$$

### II] Modèles à 2 effets:

\* effet revenu: LPIB, LPIBCEE, LPIBOCDE, LPIBUSA

\* effet prix: LTX\$, LPBARIL

$$\text{LTX\$} = \ln(\text{TXDOLLAR})$$

Aucun modèle n'a pu être retenu avec la combinaison de ces deux effets.

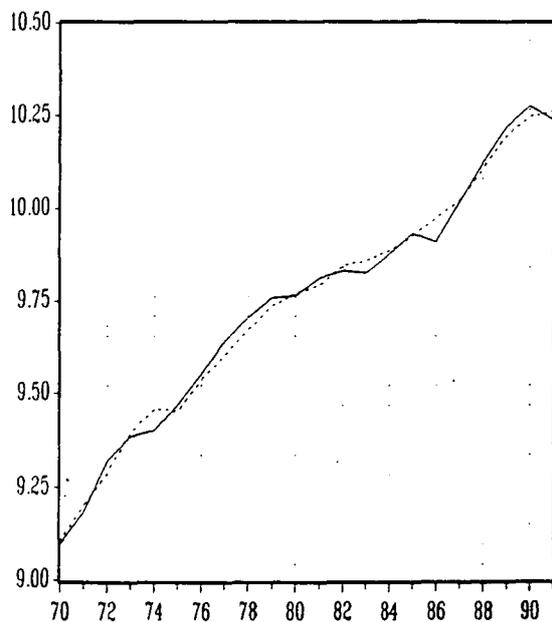
EQUATION RETENUE

1970-1991

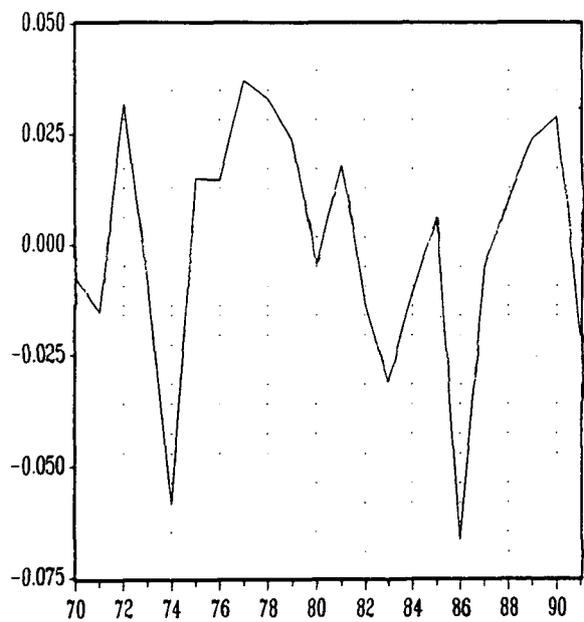
$LADPEXT = -20.6 + 2.05 LPIB$

LS // Dependent Variable is LADPEXT  
 SMPL range: 1970 - 1991  
 Number of observations: 22

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	-20.626589	0.5699120	-36.192582	0.0000
LPIB	2.0471615	0.0384145	53.291392	0.0000
R-squared	0.993007	Mean of dependent var	9.743071	
Adjusted R-squared	0.992657	S.D. of dependent var	0.334594	
S.E. of regression	0.028671	Sum of squared resid	0.016441	
Log likelihood	47.97266	F-statistic	2839.972	
Durbin-Watson stat	1.697986	Prob(F-statistic)	0.000000	



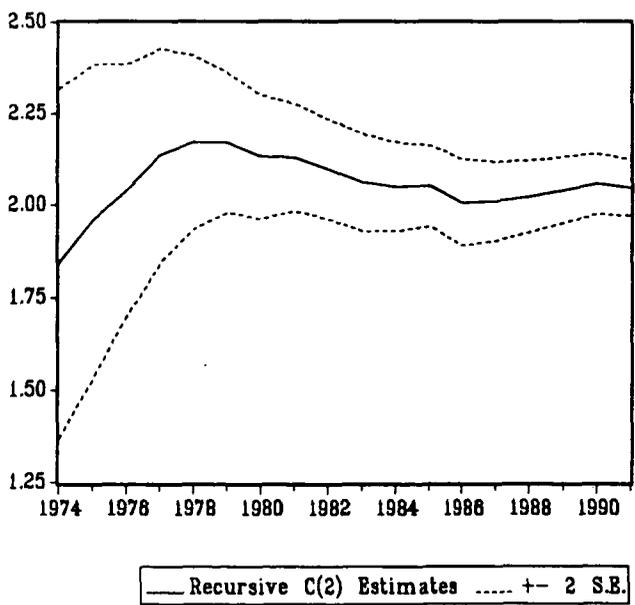
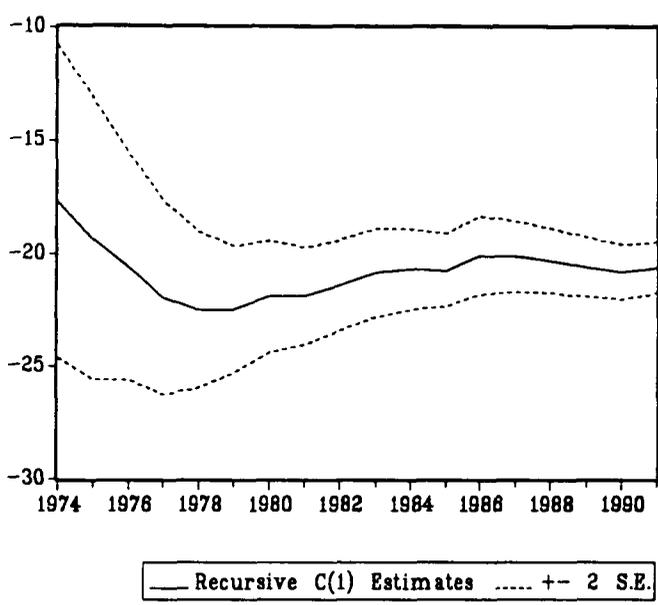
— LADPEXT ..... ESTIMEE



— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

$$\text{LADPEXT} = C(1) + C(2) * \text{LPIB}$$



## LES MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

### I] Modèles à 1 effet:

\* effet revenu: TPIB, TPIBCEE, TPIBOCDE, TPIBUSA

1971-1990

$$\text{TADPEXT} = 2.02 \text{ TPIB}$$

(7.5)

SE of regression = 0.0383

\* Avec variable retardée:

1972-1990

$$\text{TADPEXT} = 0.43 \text{ TADPEXT}(-1) + 0.94 \text{ TPIBUSA}$$

(2.5) (2.7)

H de Durbin = -1.44

SE of regression = 0.0424

### II] Modèles à 2 effets:

\* effet revenu: TPIB, TPIBCEE, TPIBOCDE, TPIBUSA

\* effet prix: TTX\$, TPBARIL

$$\text{TTX\$} = (\text{TXDOLLAR} - \text{TXDOLLAR}(-1)) / \text{TXDOLLAR}(-1)$$

Aucune combinaison de ces deux effets n'a permis de retenir un modèle satisfaisant.

**EQUATION RETENUE**

1971-1990

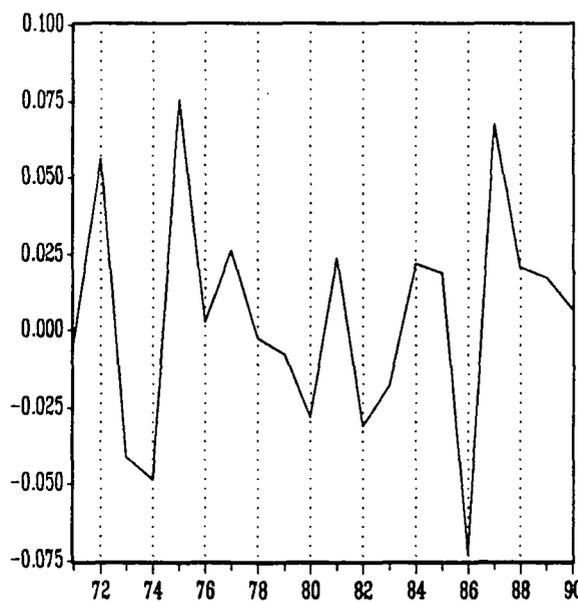
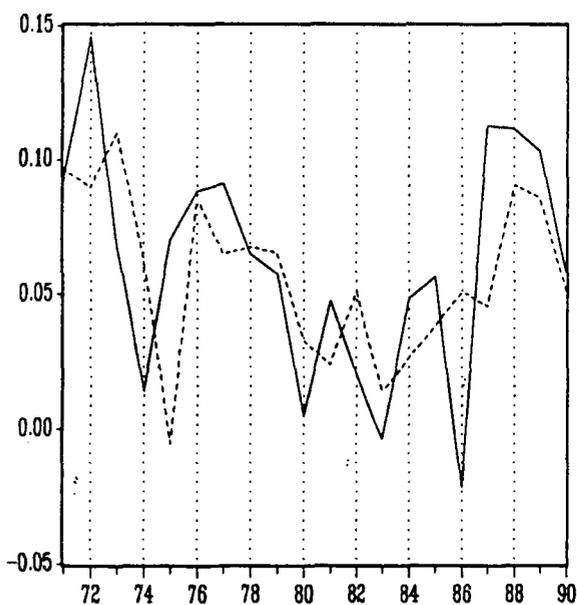
**TADPEXT = 2.02 TPIB**

LS // Dependent Variable is TADPEXT

SMPL range: 1971 - 1990

Number of observations: 20

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
TPIB	2.0214884	0.2677169	7.5508437	0.0000
R-squared	NC		Mean of dependent var	0.061610
Adjusted R-squared	NC		S.D. of dependent var	0.043185
S.E. of regression	0.038273		Sum of squared resid	0.027832
Log likelihood	37.39430		Durbin-Watson stat	NC

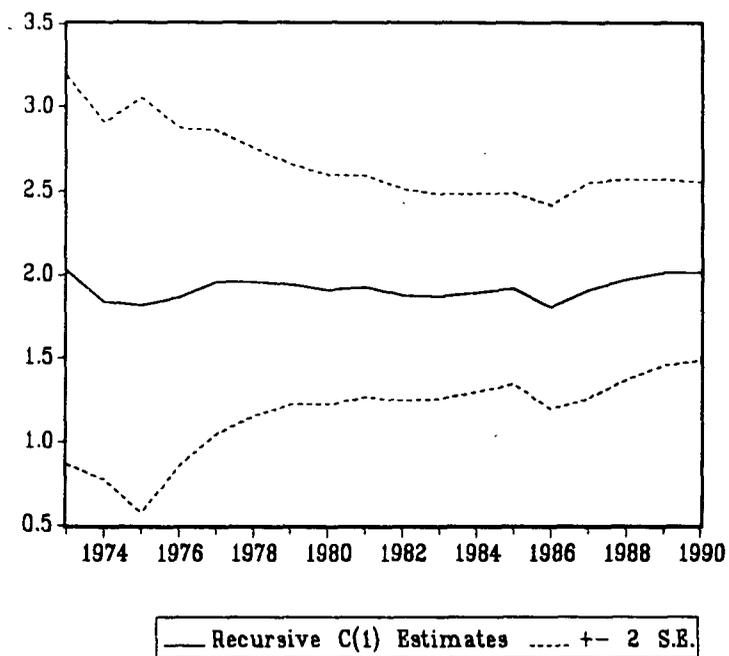


— TADPEXT    - - - ESTIMEE

— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

$$TADPEXT = C(1) * TPIB$$



**ELASTICITES**

MODELES ADDITIFS

1 effet	ADPEXT(-1)	PIB	PIBUSA	1971-90 1971-90
		<b>2,22</b>		
	0,68		0,59	

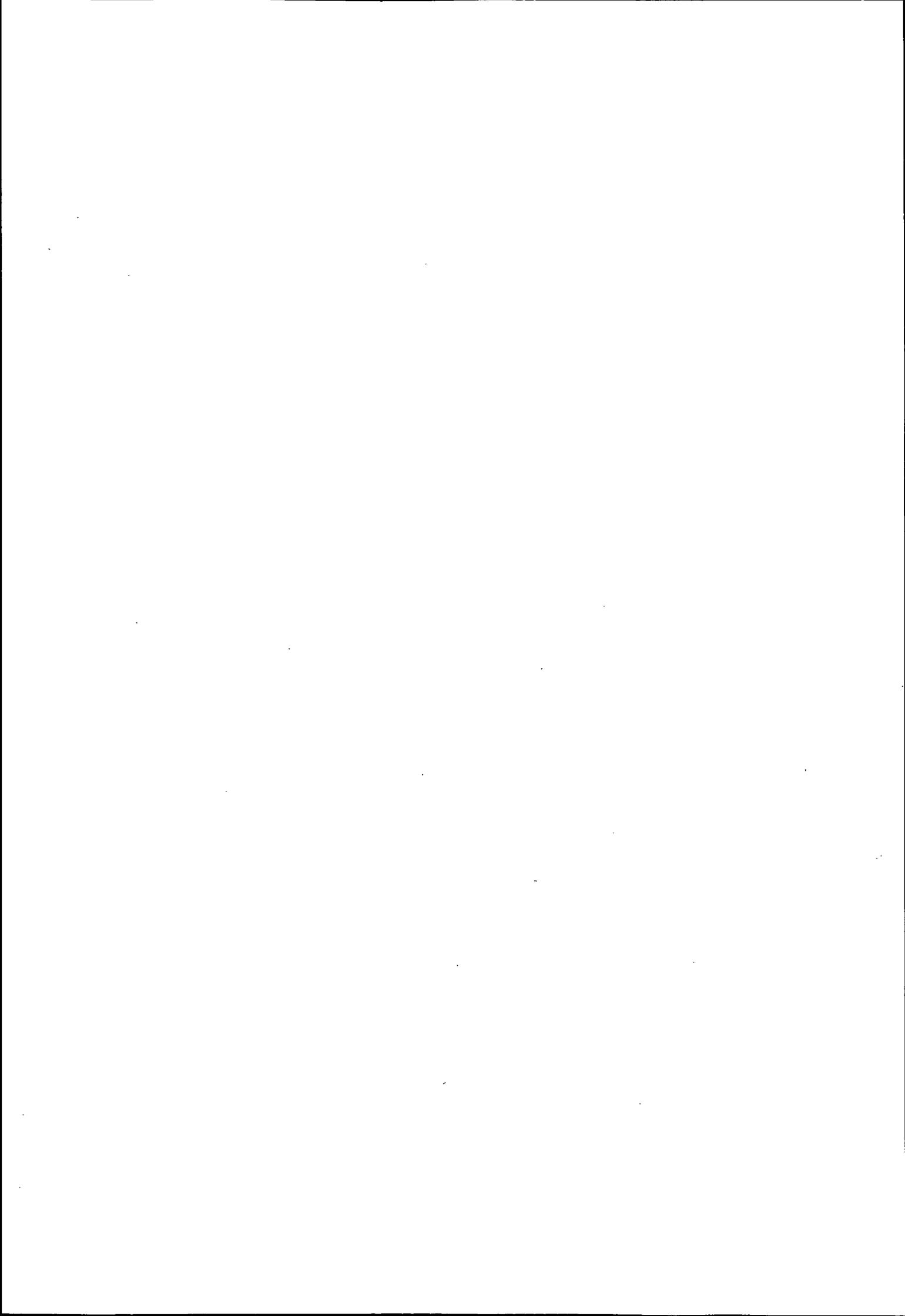
MODELES MULTIPLICATIFS

1 effet	LADPEXT(-1)	LPIB	LPIBOCDE	1970-91 1971-90
		<b>2,05</b>		
	0,58		0,74	

MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

1 effet	TADPEXT(-1)	TPIB	TPIBUSA	1971-90 1972-90
		<b>2,02</b>		
	0,43		0,94	

**MODELISATION  
DU TRAFIC FERROVIAIRE  
DE VOYAGEURS  
SUR RESEAU PRINCIPAL**



## MODELISATIONS ANTERIEURES

\* PRETRAP retient entre autres l'équation suivante:

1961-1978

$$\ln \text{RTSM} = 0.523 \ln \text{CFM} - 0.641 \ln \text{QPRM2} + 3.64$$

(16.0)                      (-7.2)                      (6.7)

$$R^2 = 0.988$$
$$\text{DW} = 1.811$$

RTSM: Trafic total rapides-express (sans militaires et hors grèves)

CFM: Consommation finale des ménages (en volume), base 100 en 1963

QPRM2: Produit moyen deuxième classe en francs constants, base 100 en 1963

\* Le dernier modèle retenu par l'OEST était le suivant:

1970-1990

$$\ln (\text{RESEAU PRINCIPAL}) = 0.73 \ln \text{CFM} - 0.69 \ln (\text{PRODMSNCF}) + 0.13 \ln (\text{PRIXCARBU}) - 5.1$$

(20.2)                      (2.3)                      (6.2)                      (4.7)

$$R^2 = 0.9856$$
$$\text{DW} = 1.6$$

1978-1992

$$\ln \text{SNRP} = 0.87 \ln \text{CFM} - 0.99 \ln \text{SNPRODMVOL} + 0.26 \ln \text{PRCARB} + 0.97$$

(13.1)                      (5.0)                      (3.8)                      (1.0)

$$R^2 = 0.957$$
$$\text{DW} = 1.30$$
$$\text{SE of regression} = 0.0149$$

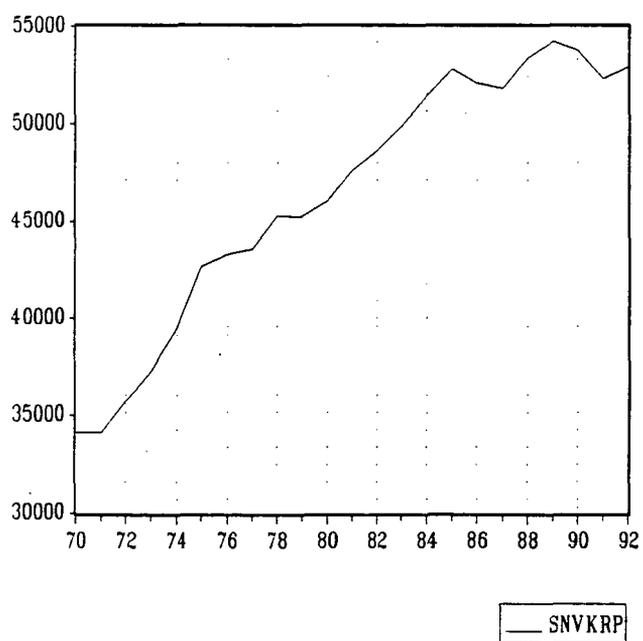
SNRP: Trafic SNCF sur réseau principal, en millions de voyageurs-kilomètres, corrigé des grèves et rétopolé selon la définition de la banlieue parisienne de 1991

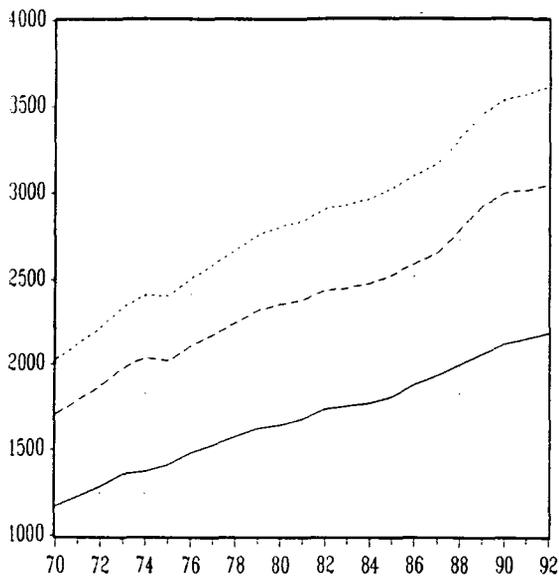
SNPRODMVOL: Produit moyen SNCF sur réseau principal au voyageur-kilomètre, en centimes constants 1980 (non compris TVA)

PRCARB: Prix des carburants consommés par les véhicules particuliers pondérés par les consommations respectives de super, de super sans plomb et de gazole, en francs constants 1980

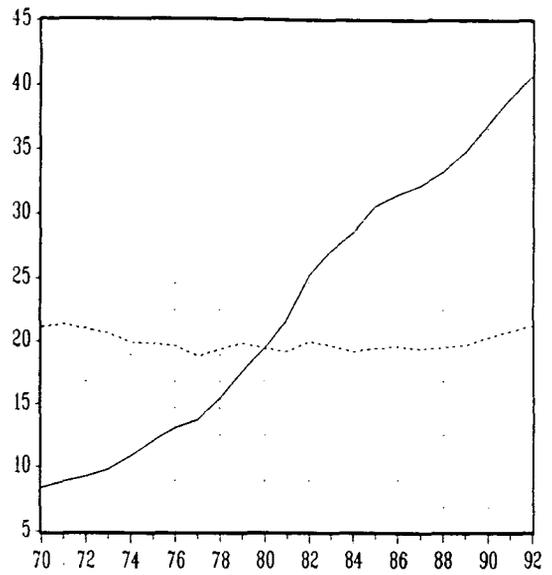
## LES SERIES

La variable expliquée SNVKRP représente le trafic SNCF sur le réseau principal exprimé en millions de voyageurs-kilomètres.  
Cette série a été corrigée des grèves et réétalonnée sur la nouvelle définition de la banlieue parisienne de 1991.





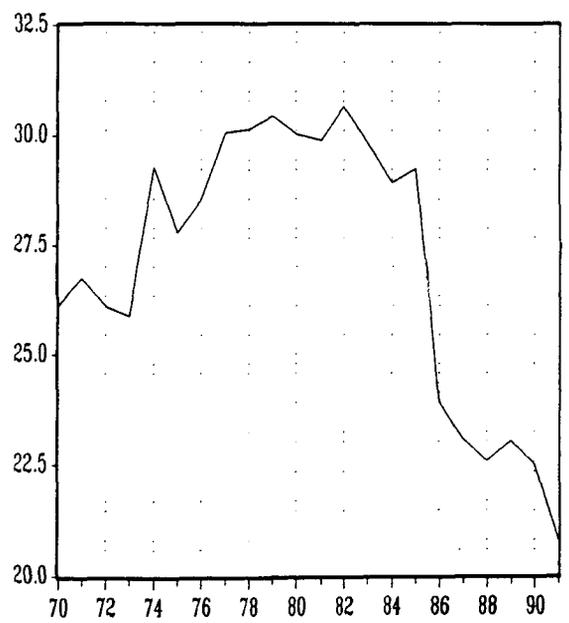
— CFM    ..... PIB    --- PIBM



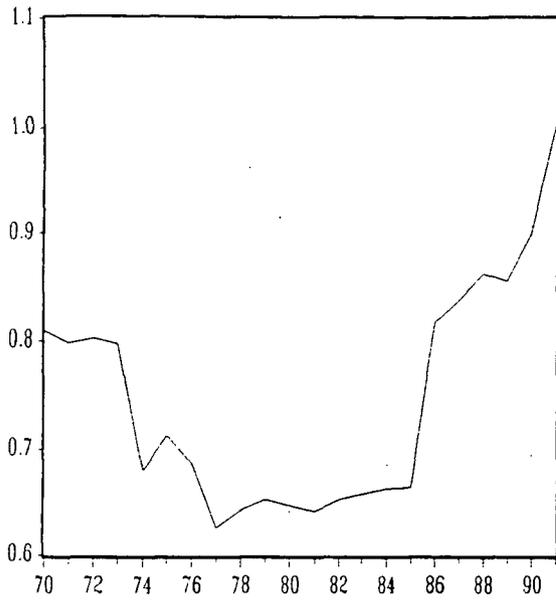
— SNPROD    ..... SNPRODMC



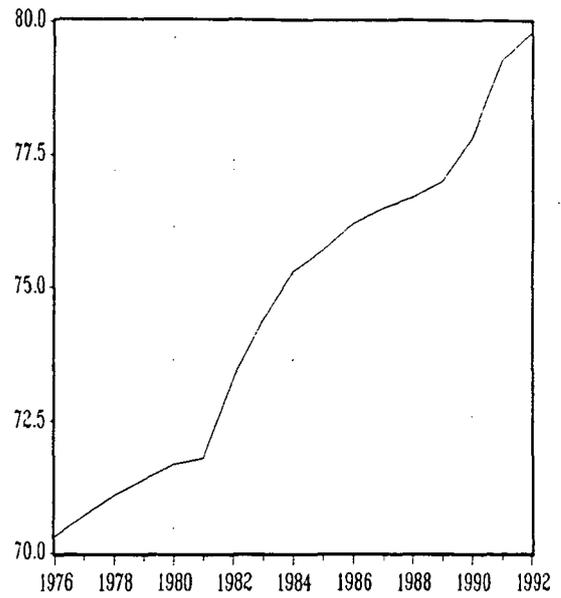
— PCARB



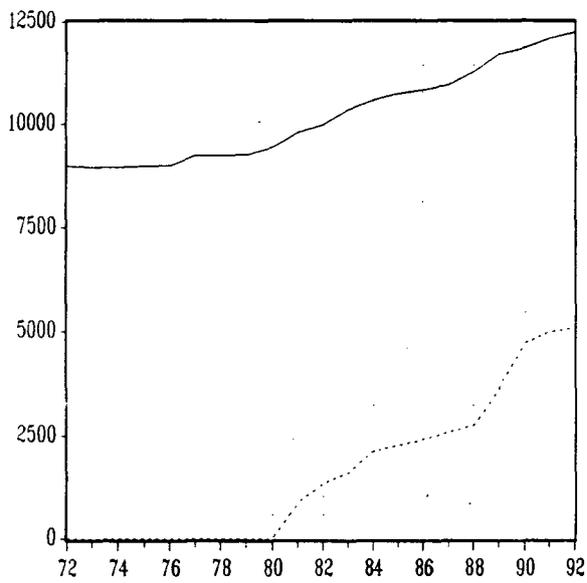
— PCARBCU



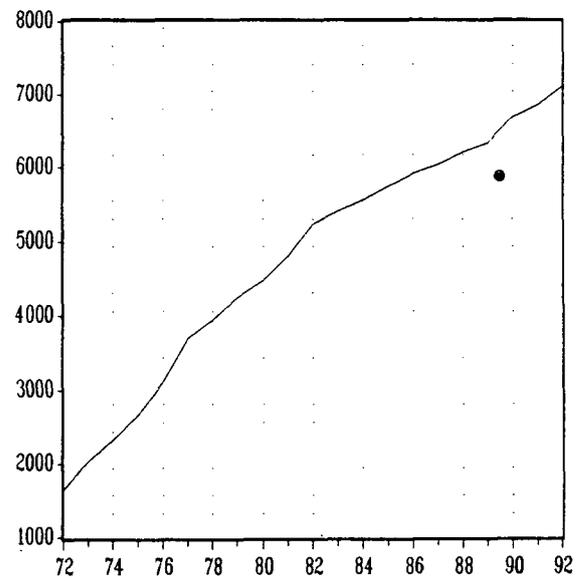
— PXRATIO



— SNVITRP



— SNELECVY ..... LIGNETGV



— RESAUT

## LES MODELES ADDITIFS

I] Modèles à 2 effets:

- \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: SNPRODM, SNPRODMC, PXRATIO

SNPRODM et SNPRODMC sont les séries de produit-moyen SNCF respectivement en francs courants et constants.

PXRATIO est le rapport du produit-moyen SNCF au prix des carburants: SNPRODMC/PCARBC

1971-1991

$$\text{SNVKRP} = 18112 + 0.024294 \text{ CFM} - 16829 \text{ PXRATIO} \quad \text{AR}(1)$$

(5.7)            (11.4)            (-4.1)

$$R^2 = 0.9767$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9726$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 2.21\%$$

Notons que l'équation contenant les variables CFM et SNPRODMC n'est pas satisfaisante puisque, outre l'autocorrélation des perturbations, ni l'effet revenu, ni l'effet prix n'est significatif.

\* Avec variable retardée:

Aucune équation satisfaisante n'a pu être retenue.

## II] Modèles à 3 effets:

- 1) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: SNPRODM, SNPRODMC, PXRATIO
- \* effet concurrence: PCARB, PCARBCU, RESAUT

PCARB est le prix des carburants en francs constants, pondéré par les consommations respectives de super, super sans plomb et gazole.

PCARBCU est le prix du carburant moyen au kilomètre parcouru par un véhicule particulier.

RESAUT est la longueur du réseau autoroutier.

1970-1992

$$\text{SNVKRP} = 37504 + 0.020020 \text{ CFM} - 1690.3 \text{ SNPRODMC} + 2980.9 \text{ PCARB}$$

(3.7)            (28.2)                            (-4.5)    (3.1)

$$R^2 = 0.9815$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9785$$

$$\text{DW} = 1.46$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 2.10\%$$

Indiquons les résultats de cette équation testée sur la période 1976-1992 pour permettre la comparaison avec le modèle finalement retenu:

1976-1992

$$\text{SNVKRP} = 38192 + 0.021793 \text{ CFM} - 2010.9 \text{ SNPRODMC} + 3748.3 \text{ PCARB}$$

(3.3)            (13.4)                            (-3.6)    (3.4)

$$R^2 = 0.9457$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9332$$

$$\text{DW} = 1.59$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 1.96\%$$

\* Avec variable retardée

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

- 2) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: SNPRODM, SNPRODMC, PXRATIO
- \* effet d'offre: SNELECVY, LIGNETGV, SNVITRP

SNELECVY est la longueur des lignes électriques de la SNCF parcourues par les voyageurs.  
 LIGNETGV est la longueur des lignes parcourues par les TGV.  
 SNVITRP est la vitesse moyenne des trains de voyageurs sur le réseau principal.

1976-1991

$$\text{SNVKRP} = 0.021444 \text{ CFM} - 18998 \text{ PXRATIO} + 335.69 \text{ SNVITRP}$$

(6.4)
(-3.8)
(7.0)

SE/Mean of dependent var = 2.06%

Notons que l'équation contenant les variables CFM, SNPRODMC, SNVITRP n'est pas satisfaisante puisque, outre l'autocorrélation des perturbations, ni l'effet revenu, ni l'effet prix n'est significatif.

\* Avec la variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

III] Modèles à 4 effets:

- \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: SNPRODM, SNPRODMC, PXRATIO
- \* effet concurrence: PCARB, PCARBCU, RESAUT
- \* effet d'offre: SNELECVY, LIGNETGV, SNVITRP

1976-1992

$$\text{SNVKRP} = 0.011008 \text{ CFM} - 1923.9 \text{ SNPRODMC} + 3253.6 \text{ PCARB} + 772.09 \text{ SNVITRP}$$

(4.3)                      (-4.8)                      (3.5)                      (4.7)

SE/Mean of dependent var = 1.63%

Nous retiendrons cette équation qui donne les meilleurs résultats statistiques de sa spécification.

\* Avec la variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

EQUATION RETENUE

1976-1992

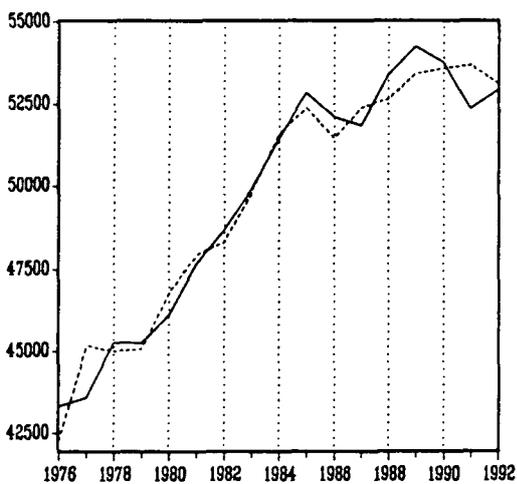
$SNVKRP = 0.011 CFM - 1924 SNPRODMC + 3254 PCARB + 772 SNVITRP$

LS // Dependent Variable is SNVKRP

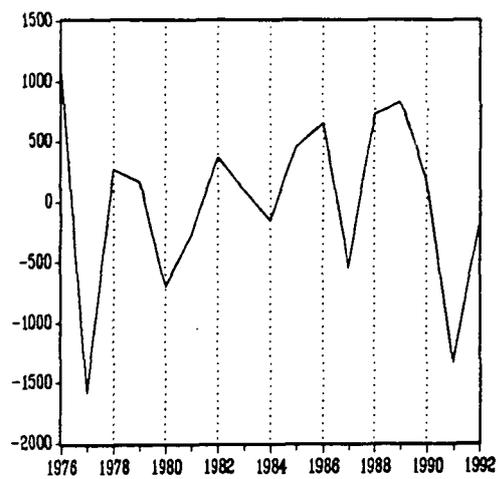
SMPL range: 1976 - 1992

Number of observations: 17

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
CFM	0.0110080	0.0025403	4.3332916	0.0008
SNPRODMC	-1923.9283	396.36067	-4.8539839	0.0003
PCARB	3253.5540	934.72372	3.4807655	0.0041
SNVITRP	772.08533	164.33642	4.6981999	0.0004
R-squared	NC		Mean of dependent var	49691.24
Adjusted R-squared	NC		S.D. of dependent var	3769.145
S.E. of regression	807.5953		Sum of squared resid	8478732
Log likelihood	-135.6407		F-statistic	111.8374
Durbin-Watson stat	NC		Prob(F-statistic)	0.000000



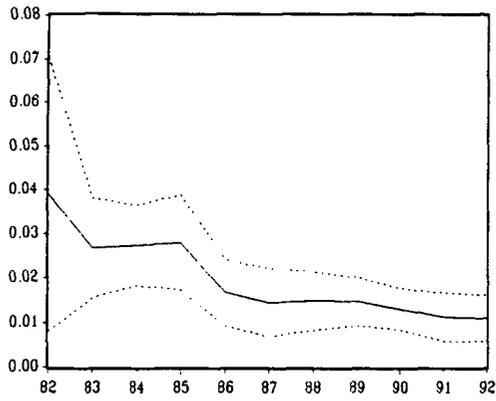
— SNVKRP    - - - ESTIMEE



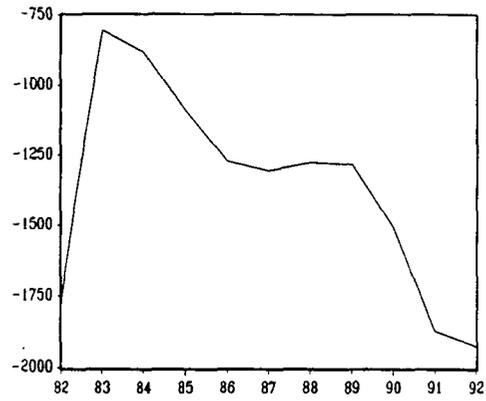
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

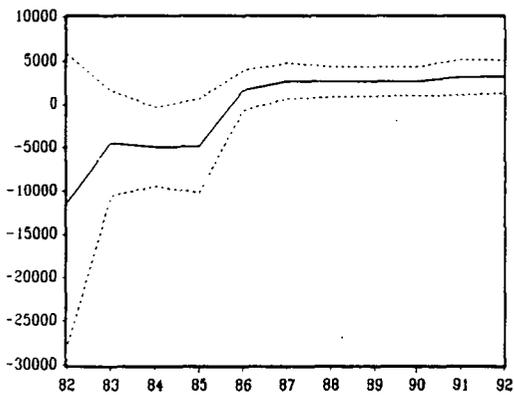
$$\text{SNVKRP} = C(1) * \text{CFM} + C(2) * \text{SNPRODMC} + C(3) * \text{PCARB} + C(4) * \text{SNVITRP}$$



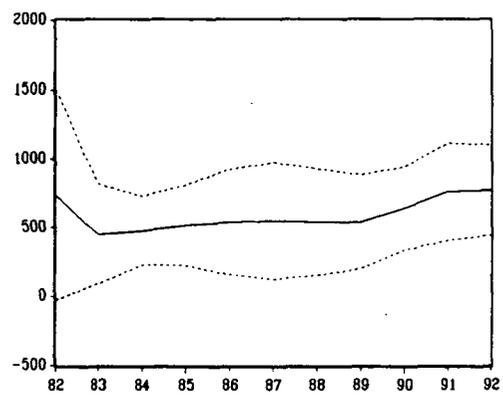
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.

## LES MODELES MULTIPLICATIFS

### I] Modèles à 2 effets:

- \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LSNPRODM, LSNPMC, LPXRATIO

1970-1992

$$\text{LSNVKRP} = 3.20 + 0.74 \text{ LCFM} - 1.00 \text{ LSNPMC}$$

(4.8)      (25.8)                      (-7)

$$R^2 = 0.9775$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9752$$

$$\text{DW} = 1.30$$

$$\text{SE of regression} = 0.0239$$

Estimée sur la période 1976-1992, cette équation n'est plus satisfaisante.

- \* Avec la variable retardée:

1971-1991

$$\text{LSNVKRP} = 0.68 \text{ LSNVKRP}(-1) + 0.24 \text{ LCFM} - 0.11 \text{ LPXRATIO}$$

(6.2)                      (2.9)                      (-3.5)

$$\text{H de Durbin} = 0.90$$

$$\text{SE of regression} = 0.0196$$

Notons que dans l'équation contenant les variables LSNVKRP(-1), LCFM et LSNPMC, l'effet revenu est non significatif.

## II] Modèles à 3 effets:

- 1) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LSNPRODM, LSNPMC, LPXRATIO
- \* effet concurrence: LPCARB, LPCARBCU, LRESAUT

1970-1992

$$\text{LSNVKRP} = 1.84 + 0.75 \text{ LCFM} - 0.69 \text{ LSNPMC} + 0.18 \text{ LPCARB}$$

(2.5)    (30.4)                    (-4.2)                                    (3.0)

$$R^2 = 0.9846$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9821$$

$$\text{DW} = 1.60$$

$$\text{SE of regression} = 0.0203$$

Indiquons les résultats de cette équation testée sur la période 1976-1992 pour permettre la comparaison avec le modèle finalement retenu:

1976-1992

$$\text{LSNVKRP} = 0.85 \text{ LCFM} - 0.58 \text{ LSNPMC} + 0.29 \text{ LPCARB}$$

(19.1)                    (-2.7)                                    (5.8)

$$\text{SE of regression} = 0.020$$

\* Avec la variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

- 2) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LSNPRODM, LSNPMC, LPXRATIO
- \* effet d'offre: LSNELECV, LLIGNTGV, LSNVITRP

1970-1992

$$\text{LSNVKRP} = 4.78 + 0.63 \text{ LCFM} - 1.06 \text{ LSNPMC} + 0.0052 \text{ LLIGNTGV}$$

(5.1)    (12.1)                    (-7.9)                                    (2.2)

$$R^2 = 0.9801$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9792$$

$$\text{DW} = 1.76$$

$$\text{SE of regression} = 0.0218$$

Notons que dans l'équation contenant les variables LCFM, LSNPMC et LSNVITRP, ni l'effet revenu, ni l'effet d'offre n'est significatif.

\* Avec la variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

III] Modèles à 4 effets:

- \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LSNPRODM, LSNPMC, LPXRATIO
- \* effet concurrence: LPCARB, LPCARBCU, LRESAUT
- \* effet d'offre: LSNELECV, LLIGNTGV, LSNVITRP

1976-1992

$$\text{LSNVKRP} = 1.80 + 0.43 \text{ LCFM} - 0.70 \text{ LSNPMC} + 0.20 \text{ LPCARB} + 1.08 \text{ LSNVITRP}$$

(2.5)    (2.7)                    (-3.8)                    (3.5)                    (2.4)

$$R^2 = 0.9670$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9560$$

$$\text{DW} = 2.34$$

$$\text{SE of regression} = 0.0162$$

On retiendra cette équation qui donne les meilleurs résultats statistiques de sa spécification.

\* Avec la variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

**EQUATION RETENUE**

1976-1992

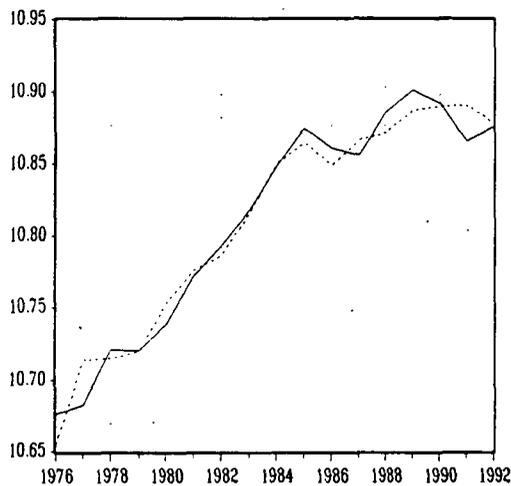
$$\text{LSNVKRP} = 1.80 + 0.43 \text{ LCFM} - 0.70 \text{ LSNPMC} + 0.20 \text{ LPCARB} + 1.08 \text{ LSNVITRP}$$

LS // Dependent Variable is LSNVKRP

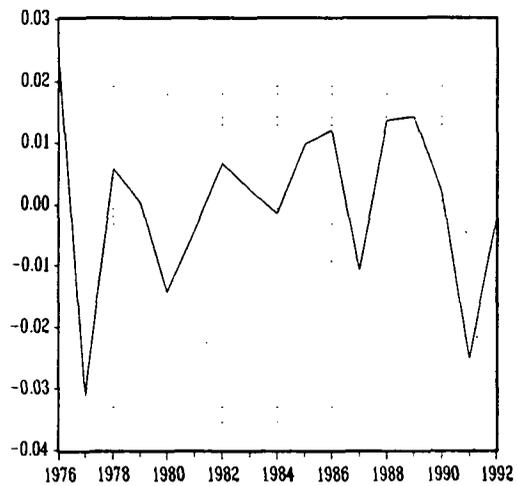
SMPL range: 1976 - 1992

Number of observations: 17

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	1.8039550	0.7156794	2.5206189	0.0269
LCFM	0.4312845	0.1573745	2.7404973	0.0179
LSNPMC	-0.7001333	0.1847510	-3.7896047	0.0026
LPCARB	0.1974592	0.0563987	3.5011309	0.0044
LSNVITRP	1.0808027	0.4536402	2.3825111	0.0346
R-squared	0.966991	Mean of dependent var	10.81080	
Adjusted R-squared	0.955988	S.D. of dependent var	0.077430	
S.E. of regression	0.016244	Sum of squared resid	0.003166	
Log likelihood	48.87904	F-statistic	87.88457	
Durbin-Watson stat	2.337128	Prob(F-statistic)	0.000000	



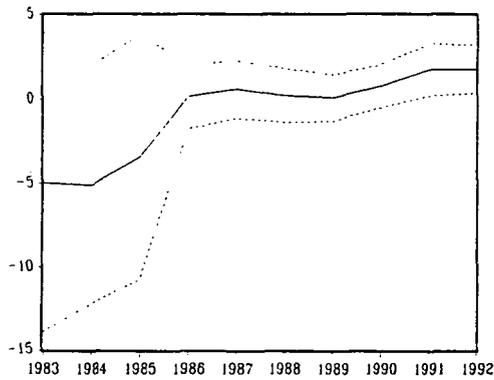
— LSNVKRP ..... ESTIMEE



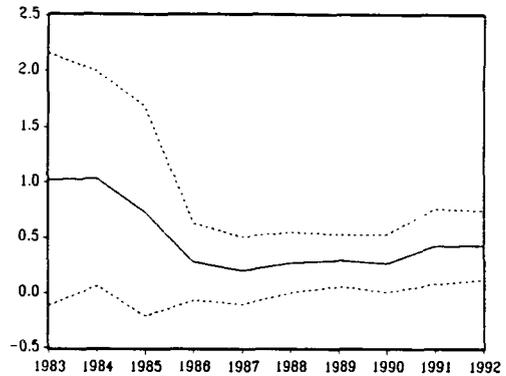
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

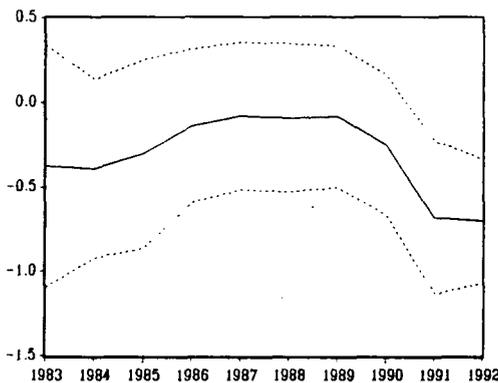
$$\text{LSNVKRP} = C(1) + C(2) \text{LCFM} + C(3) \text{LSNPMC} + C(4) \text{LPCARB} + C(5) \text{LSNVITRP}$$



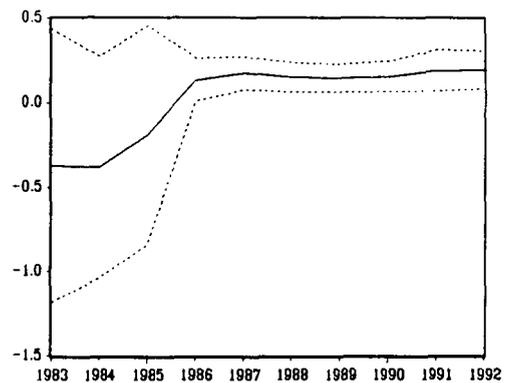
— Recursive C(1) Estimates ..... +- 2 S.E.



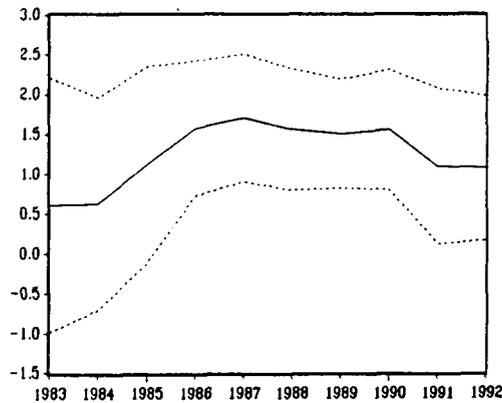
— Recursive C(2) Estimates ..... +- 2 S.E.



— Recursive C(3) Estimates ..... +- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +- 2 S.E.



— Recursive C(5) Estimates ..... +- 2 S.E.



## LES MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

Quels que soient les effets combinés, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

## ELASTICITES

### MODELES ADDITIFS

	CFM	SNPRODMC	PXRATIO	PCARB	SNVITRP	
2 effets	0,88		-0,27			1971-1991
3 effets	0,73	-0,73		0,19		1970-1992
	0,8	-0,8		0,23		1976-1992
4 effets	0,78		-0,28		0,5	1976-1991
	0,4	-0,76		0,2	1,16	1976-1992

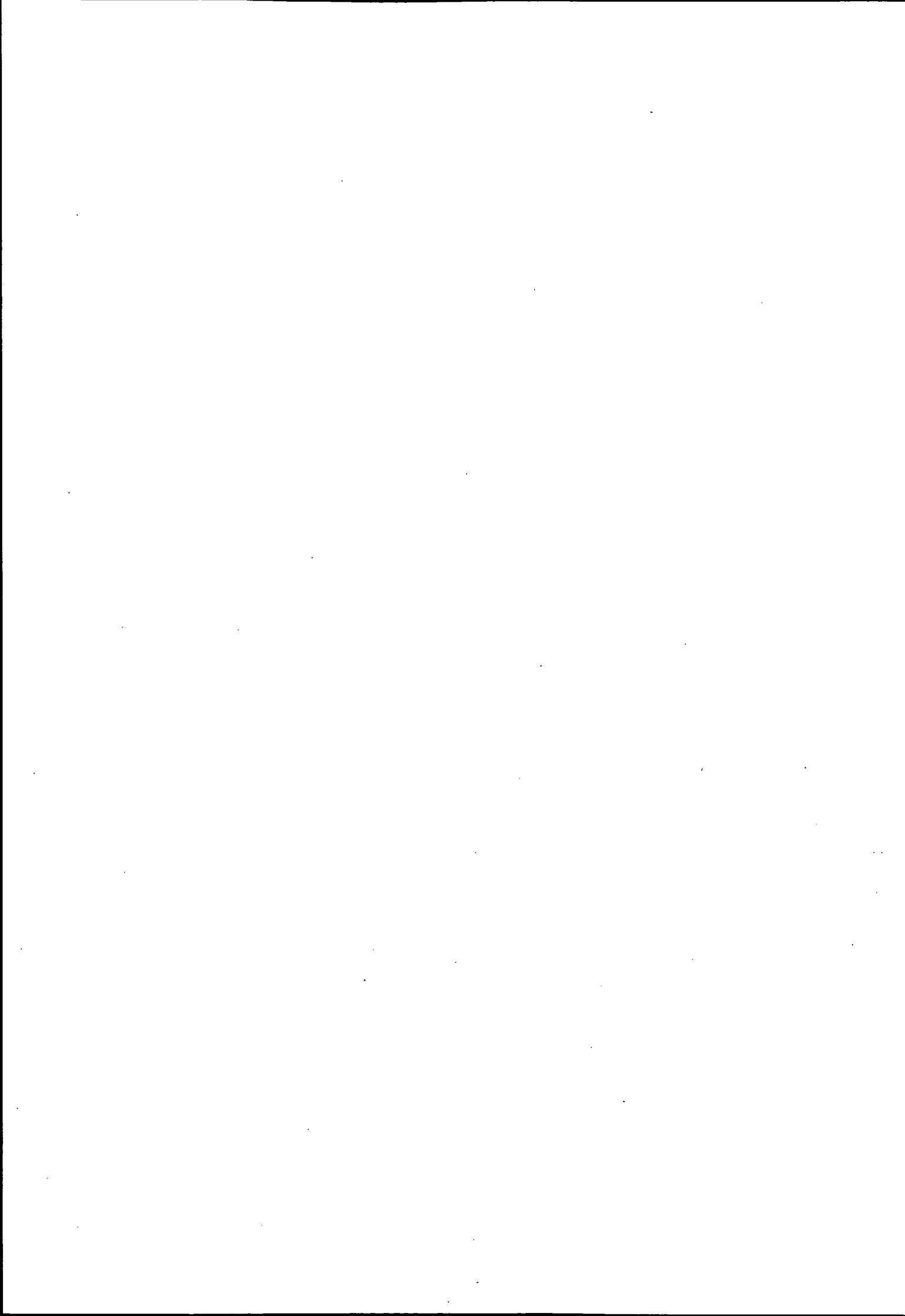
### MODELES MULTIPLICATIFS

	LSNVKRP(-1)	LCFM	LSNPMC	LPXRATIO	LPCARB	LSNVITRP	LLIGNTGV	
2 effets		0,74	-1					1970-1992
	0,68	0,24		-0,11				1971-1991
3 effets		0,75	-0,69		0,18			1970-1992
		0,85	-0,58		0,29			1976-1992
4 effets		0,63	-1,06				0,0052	1970-1992
		0,43	-0,7		0,2	1,08		1976-1992

**MODELISATION  
DU TRAFIC ROUTIER**



TRAFIC SUR RESEAU NATIONAL



## MODELISATIONS ANTERIEURES

Dans son rapport intitulé "Prévisions à long terme du trafic automobile", le CREDOC proposait les équations suivantes en 1989 :

1972-1987

$$CTOT = -34514 + 3.64 PARC + 0.72 R - 212 CARB + 3.4 LA$$

(21173)    (0.88)            (0.16)    (58)            (2.3)

$$R^2 = 0.997$$

1972-1987

$$LCTOT = 0.57 LPARC + 0.46 LR - 0.23 LCARB + 0.21 LLA$$

(0.06)            (0.04)            (0.05)            (0.03)

$$R^2 = 0.999$$

1972-1987

$$VCTOT = 0.65 VPARC + 0.45 VR - 0.21 VCARB + 0.15 VLA$$

(0.16)            (0.24)            (0.04)            (0.08)

$$R^2 = 0.952$$

CTOT: Circulation sur l'ensemble du réseau national

PARC: Parc automobile des ménages

R: Revenu réel moyen par ménage

CARB: Prix relatif des carburants

LA: Longueur du réseau autoroutier en service au début de chaque année

Les noms de variable précédés de la lettre L désignent des logarithmes et ceux précédés d'un V des variations relatives.

\* Le dernier modèle retenu par l'OEST était le suivant:

1975-1991

$$\ln(\text{PARCOURS}) = 1.34 \ln(\text{CFM}) - 0.15 \ln(\text{PRCARB}) - 12.06 \quad \text{AR}(1)$$

(22.8)                      (2.3)                      (13.5)

$$R^2 = 0.997$$

$$\text{DW} = 1.11$$

$$\text{SE of regression} = 0.0118$$

**PARCOURS:** Parcours sur l'ensemble du réseau national en centaines de millions de véhicules-kilomètres

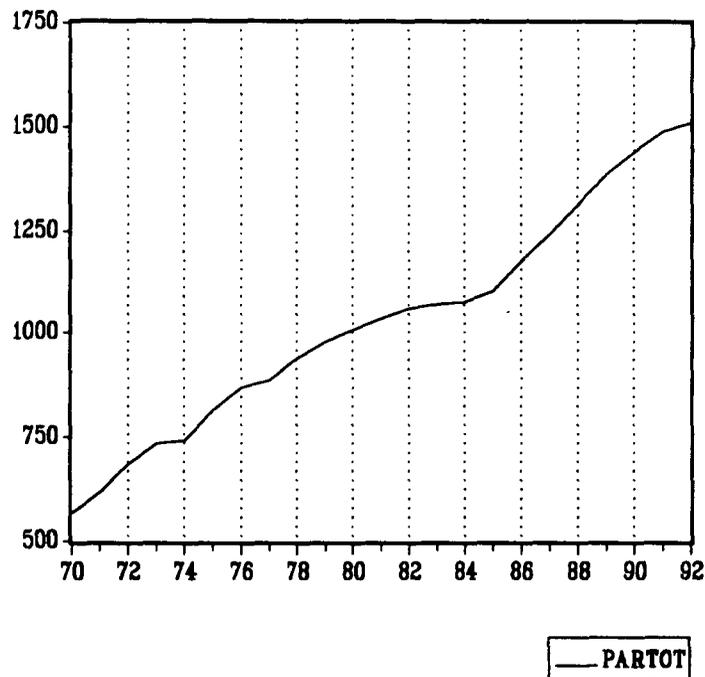
**PRCARB:** Prix moyen du litre de carburant en francs constants 1980 pondéré par les consommations respectives par les véhicules particuliers de super, super sans plomb, essence ordinaire et gazole

## LES SERIES

La variable expliquée PARTOT représente le parcours de tous les véhicules confondus sur l'ensemble du réseau national (routes nationales et autoroutes) exprimé en centaines de millions de véhicules-kilomètres: il ne s'agit donc plus du seul trafic de voyageurs.

La série est tirée de la brochure "Circulation-Accidents" publiée par le SETRA (Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes).

Au premier coup d'oeil, on constate qu'elle accuse une rupture de pente en 1986. Comme on peut le voir sur les graphiques des variables explicatives présentés pages suivantes, la cause en est sans aucun doute la chute du prix des carburants cette année-là.



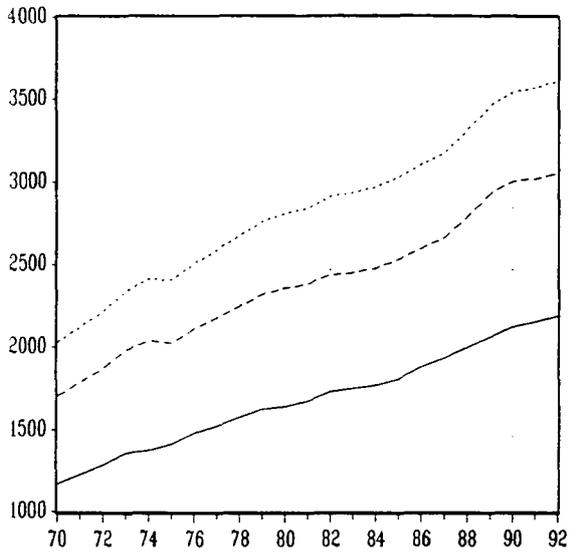
La variable PCARB représente le prix relatif du litre de carburant moyen consommé par les véhicules particuliers, tandis que PCARBCU représente le prix relatif de la quantité de carburant moyen nécessaire à un véhicule particulier pour parcourir un kilomètre. Entre 1973 qui est un point bas et 1985, point haut, PCARB augmente de 36% alors que PCARBCU n'augmente que de 13%, ce qui témoigne du souci d'économie d'énergie qui a marqué cette période.

RATIOPX représente le rapport du prix relatif du carburant des véhicules particuliers au kilomètre parcouru (PCARBCU) au prix relatif du kilomètre parcouru en train sur le réseau principal de la SNCF (SNPRODMC). Cette variable est censée traduire l'effet concurrence par les prix, du train par rapport à la route. On constate les gains de compétitivité-prix de la route sur le fer depuis 1986.

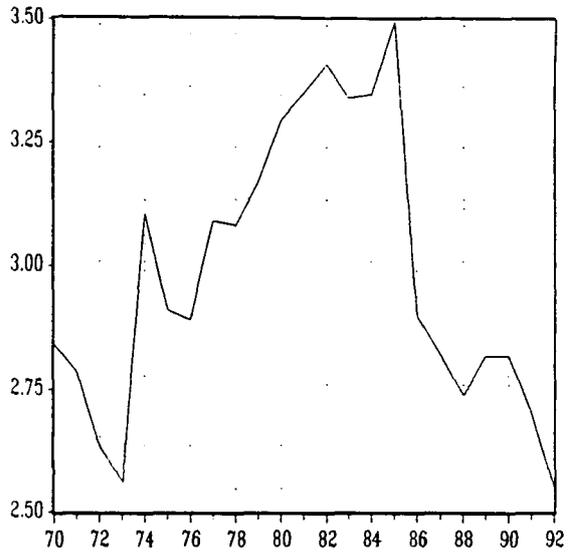
PARCTOT est le nombre total des véhicules particuliers et utilitaires français. On remarque que sa croissance est quasi-linéaire, caractéristique qu'elle partage avec les variables de revenu (PIB, PIBM, CFM) et la variable de longueur des autoroutes RESAUT; ces séries sont d'ailleurs très fortement corrélées, comme on peut le voir ci-dessous:

SMPL range: 1976 - 1992  
Number of observations: 17

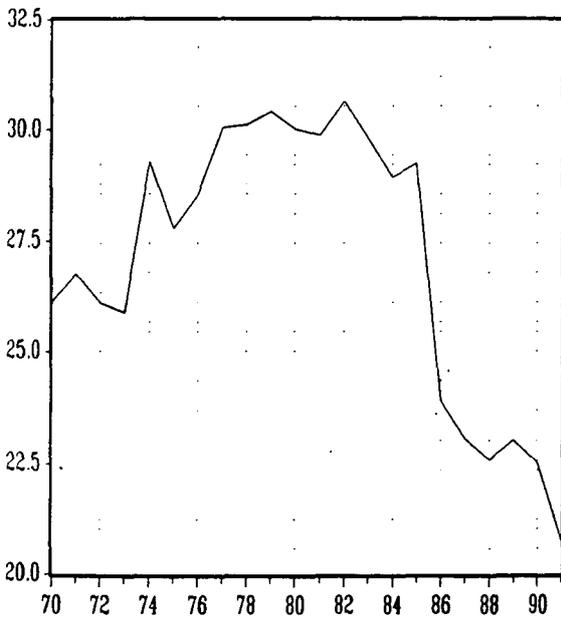
	COVARIANCE	CORRELATION
PARTOT,PARTOT	41161.058	1.0000000
PARTOT,CFM	44257457	0.9944566
PARTOT,PIB	68616864	0.9959275
PARTOT,PIBM	59066978	0.9970755
PARTOT,PCARB	-38.492472	-0.6765444
PARTOT,PARCTOT	648509.80	0.9711832
PARTOT,SNVIT	858.04997	0.9549813
PARTOT,RESAUT	217292.46	0.9460625
CFM,CFM	4.812E+10	1.0000000
CFM,PIB	7.432E+10	0.9976157
CFM,PIBM	6.377E+10	0.9956009
CFM,PCARB	-38795.451	-0.6306483
<b>CFM,PARCTOT</b>	714402345	<b>0.9894946</b>
CFM,SNVIT	946170.62	0.9739523
<b>CFM,RESAUT</b>	241392071	<b>0.9720399</b>
PIB,PIB	1.153E+11	1.0000000
PIB,PIBM	9.910E+10	0.9993990
PIB,PCARB	-59093.472	-0.6205023
<b>PIB,PARCTOT</b>	1.100E+09	<b>0.9837667</b>
PIB,SNVIT	1446701.5	0.9619325
<b>PIB,RESAUT</b>	370871705	<b>0.9646777</b>
PIBM,PIBM	8.526E+10	1.0000000
PIBM,PCARB	-52071.354	-0.6359005
<b>PIBM,PARCTOT</b>	939311325	<b>0.9773813</b>
PIBM,SNVIT	1235944.7	0.9557651
<b>PIBM,RESAUT</b>	315775394	<b>0.9552637</b>
PCARB,PCARB	0.0786453	1.0000000
PCARB,PARCTOT	-495.60328	-0.5369401
PCARB,SNVIT	-0.7575286	-0.6099418
PCARB,RESAUT	-146.36775	-0.4610283
PARCTOT,PARCTOT	10832886.	1.0000000
PARCTOT,SNVIT	14214.416	0.9751748
<b>PARCTOT,RESAUT</b>	3696710.0	<b>0.9921143</b>
SNVIT,SNVIT	19.613219	1.0000000
SNVIT,RESAUT	4838.6149	0.9650838
RESAUT,RESAUT	1281631.4	1.0000000
<b>PARCVP,CFM</b>	1.112E+09	<b>0.9936241</b>
<b>PARCVP,PIB</b>	1.709E+09	<b>0.9908553</b>
<b>PARCVP,PIBM</b>	1.439E+09	<b>0.9869438</b>
<b>PARCVP,RESAUT</b>	6745727.7	<b>0.9941405</b>



— CFM    ..... PIB    --- PIBM



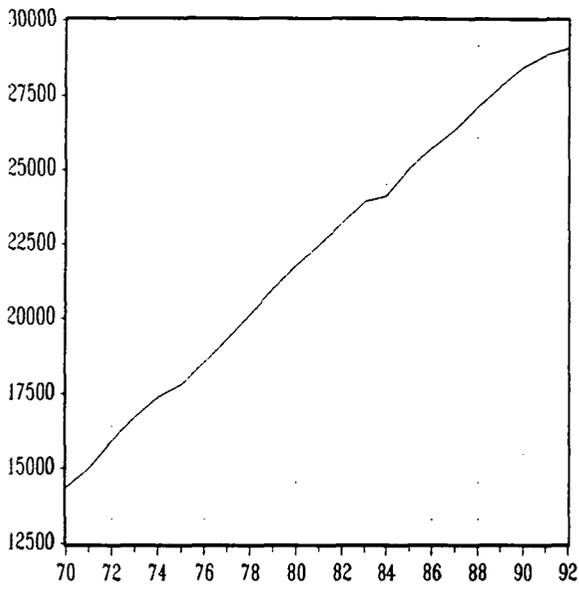
— PCARB



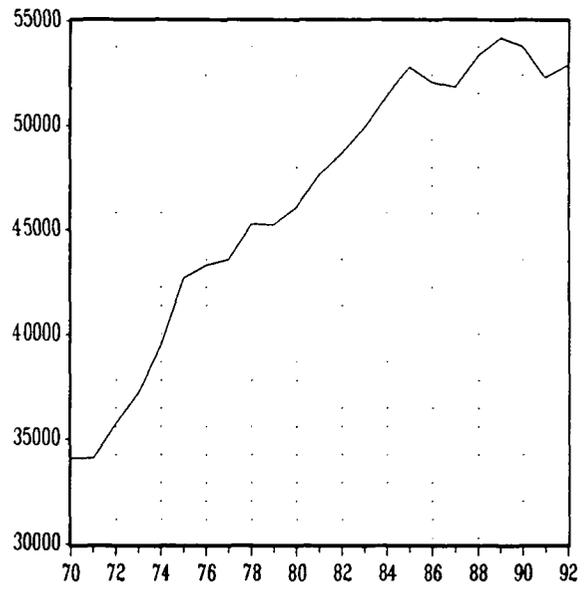
— PCARBCU



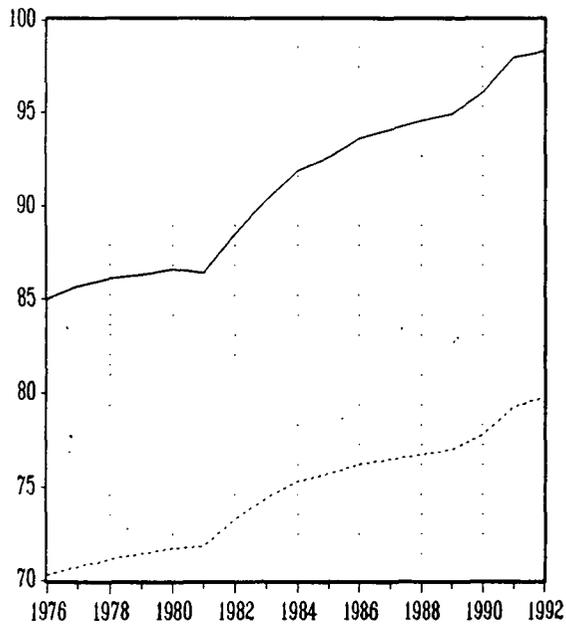
— RATIOPX



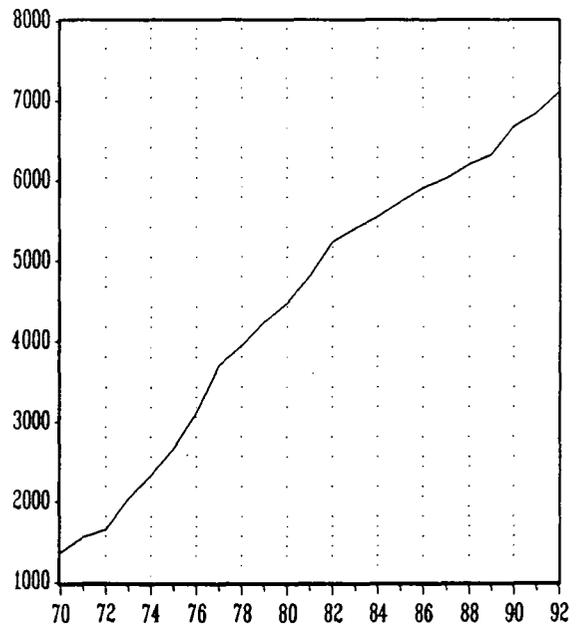
— PARCTOT



— SNVKRP



— SNVIT .....SNVITRP



— RESAUT

## LES MODELES ADDITIFS

I] Modèles à 2 effets:

\* effet revenu: CFM, PIB, PIBM

\* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX

1971-1992

$$\text{PARTOT} = -380.6 + 0.0008993 \text{ CFM} - 34.45 \text{ PCARB} \quad \text{AR}(1)$$

(-4.2)                    (25.7)                    (-2.1)

$$R^2 = 0.9977$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9973$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 1.30\%$$

1970-1991

$$\text{PARTOT} = -519.5 + 0.0005716 \text{ PIB} - 54.98 \text{ RATIOPX}$$

(-10.7)                    (60.0)                    (-2.3)

$$R^2 = 0.9955$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9950$$

$$\text{DW} = 1.44$$

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 1.83\%$$

Cette seconde équation présente une erreur standard bien supérieure à la précédente. En revanche, ses résidus ne sont pas corrélés et elle permet en outre la comparaison avec l'équation finalement retenue, construite elle-aussi avec les variables PIB et RATIOPX.

Pour une comparaison plus rigoureuse, nous avons aussi relevé la même équation estimée sur la période 1976-1991:

$$\text{PARTOT} = 0.0004699 \text{ PIB} - 207.3 \text{ RATIOPX}$$

(115.8)                    (-23.6)

$$\text{SE/Mean of dependent var} = 1.03\%$$

\* Avec variable retardée:

1971-1992

$$\text{PARTOT} = 0.6183 \text{ PARTOT}(-1) + 0.0003398 \text{ CFM} - 51.09 \text{ PCARB}$$

(10.9)                      (7.3)                      (-6.0)

H de Durbin = 0.78

SE/Mean of dependent var = 1.25%

1971-1991

$$\text{PARTOT} = 0.7077 \text{ PARTOT}(-1) + 0.0001583 \text{ PIB} - 86.06 \text{ RATIOPX}$$

(11.1)                      (5.2)                      (-4.5)

H de Durbin = 0.85

SE/Mean of dependent var = 1.55%

1976-1991

$$\text{PARTOT} = 0.3328 \text{ PARTOT}(-1) + 0.0003224 \text{ PIB} - 147.5 \text{ RATIOPX}$$

(4.2)                      (9.1)                      (-9.5)

H de Durbin = 1.60

SE/Mean of dependent var = 0.70%

II] Modèles à 3 effets:

- 1) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX
- \* effet parc: PARCTOT

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu. En effet, on constate d'une part qu'en présence des variables PIB et PIBM, PARCTOT n'est jamais significative en raison d'une forte corrélation entre ces variables et d'autre part qu'avec la CFM, l'effet prix ne peut être mis en évidence.

\* Avec variable retardée:

1971-1992

$$\text{PARTOT} = 0.5771 \text{ PARTOT}(-1) + 0.0001564 \text{ PIBM} - 56.01 \text{ PCARB} + 0.01148 \text{ PARCTOT}$$

(7.4)                      (4.4)                      (-5.5)                      (2.4)

H de Durbin = 0.92

SE/Mean of dependent var = 1.36%

Avec la variable PIB, PARCTOT n'est jamais significative.

- 2) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM  
 \* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX  
 \* effet concurrence: SNVKRP, SNVIT, SNVITRP

SNVKRP est le trafic SNCF sur le réseau principal exprimé en millions de voyageurs-kilomètres.  
 SNVIT est la vitesse moyenne des rapides-express.  
 SNVITRP est la vitesse moyenne des trains de voyageurs sur le réseau principal.

1976-1991

$$\text{PARTOT} = 0.0005428 \text{ PIB} - 156.3 \text{ RATIOPX} - 3.203 \text{ SNVIT}$$

(22.3)                      (-8.6)                      (-3.0)

SE/Mean of dependent var = 0.82%

On réalise avec cette équation un gain appréciable sur l'erreur standard, qu'il faut néanmoins nuancer par le fait que la période a été réduite (les valeurs de SNVIT avant 1976 étant indisponibles).

\* Avec variable retardée:

1976-1991

$$\text{PARTOT} = 374.2 + 0.3806 \text{ PARTOT}(-1) + 0.0003326 \text{ PIB} - 181.2 \text{ RATIOPX} - 4.523 \text{ SNVIT}$$

(4.5)                      (5.5)                      (7.9)                      (-13.1)                      (-4.5)

$R^2 = 0.9995$

Adjusted- $R^2 = 0.9994$

H de Durbin = -1.91

SE/Mean of dependent var = 0.43%

On obtient ici une équation dont l'erreur standard est étonnamment faible. La combinaison réussie de la variable retardée et du PIB s'explique assez bien: de manière un peu caricaturale, la variable PIB reflète les variations de trafic imputable aux véhicules utilitaires très sensibles à la conjoncture économique tandis que la variable retardée traduit l'inertie de comportement de l'utilisateur d'un véhicule particulier.

- 3) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX
- \* effet d'offre: RESAUT

RESAUT est la longueur du réseau autoroutier.

1971-1992

$$\text{PARTOT} = 0.0003903 \text{ PIB} - 96.29 \text{ PCARB} + 0.04734 \text{ RESAUT} \quad \text{AR}(1)$$

(15.9)
(-7.4)
(5.3)

SE/Mean of dependent var = 1.55%

\* Avec variable retardée:

1971-1992

$$\text{PARTOT} = 0.4526 \text{ PARTOT}(-1) + 0.0002467 \text{ PIB} - 67.01 \text{ PCARB} + 0.01861 \text{ RESAUT}$$

(3.9)
(6.2)
(-5.9)
(2.3)

H de Durbin = 0.60

SE/Mean of dependent var = 1.31%

### III] Modèles à 4 effets:

- 1) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX
- \* effet parc: PARCTOT
- \* effet concurrence: SNVKRP, SNVIT, SNVITRP

1976-1992

$$\text{PARTOT} = 0.0005657 \text{ PIBM} - 75.12 \text{ PCARB} + 0.01282 \text{ PARCTOT} - 4.184 \text{ SNVIT}$$

(10.7)                      (-6.3)                      (3.3)                      (-3.8)

SE/Mean of dependent var = 1.03%

Les variables PARCTOT et PIB ne sont pas significatives simultanément car elles sont trop corrélées.

\* Avec variable retardée:

1976-1991

$$\text{PARTOT} = 528.6 + 0.4101 \text{ PARTOT}(-1) + 0.0002839 \text{ PIBM} - 187.1 \text{ RATIOPX}$$

(3.8)                      (5.8)                      (5.3)                      (-10.9)

$$+ 0.008470 \text{ PARCTOT} - 5.609 \text{ SNVIT}$$

(3.0)                      (-3.8)

$R^2 = 0.9996$

Adjusted- $R^2 = 0.9994$

H de Durbin = -1.955

SE/Mean of dependent var = 0.42%

On retrouve ici, avec une erreur standard encore une fois excellente et la variable PARCTOT en plus, l'équation citée précédemment qui combinait PARTOT(-1), PIB, RATIOPX et SNVIT.

Les variables PIB et PARCTOT étant très corrélées -encore davantage que PIBM et PARCTOT- on peut supposer que, dans cette première équation, le coefficient du PIB reprenait celui de PARCTOT en l'absence de cette dernière variable. La somme des élasticités de PIBM et de PARCTOT qui est proche de l'élasticité du PIB dans l'équation précédente vient appuyer notre hypothèse (voir tableau final des élasticités).

On hésite pourtant à retenir cette dernière équation car le test h de Durbin est très proche de -1.96, valeur critique qui détermine l'autocorrélation des résidus.

- 2) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX
- \* effet parc: PARCTOT
- \* effet d'offre: RESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu

- 3) \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX
- \* effet concurrence: SNVKRP, SNVIT, SNVITRP
- \* effet d'offre: RESAUT

1976-1992

$$\text{PARTOT} = 0.0005932 \text{ PIBM} - 77.32 \text{ PCARB} - 2.992 \text{ SNVIT} + 0.02585 \text{ RESAUT}$$

(14.2)
(-6.8)
(-2.5)
(3.7)

SE/Mean of dependent var = 0.97%

\* Avec variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

IV] Modèles à 5 effets:

- \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARBCU, RATIOPX
- \* effet parc: PARCTOT
- \* effet concurrence: SNVKRP, SNVIT, SNVITRP
- \* effet d'offre: RESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu: les variables PIB (ou PIBM ou CFM), PARCTOT et RESAUT ne sont jamais significatives toutes les trois ensembles car elles sont trop étroitement corrélées.

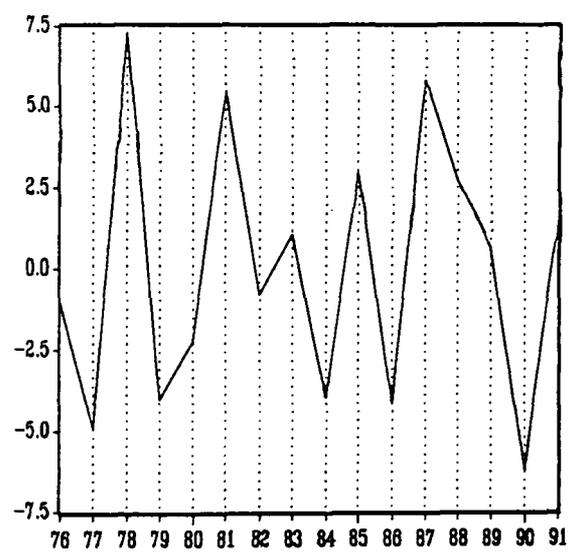
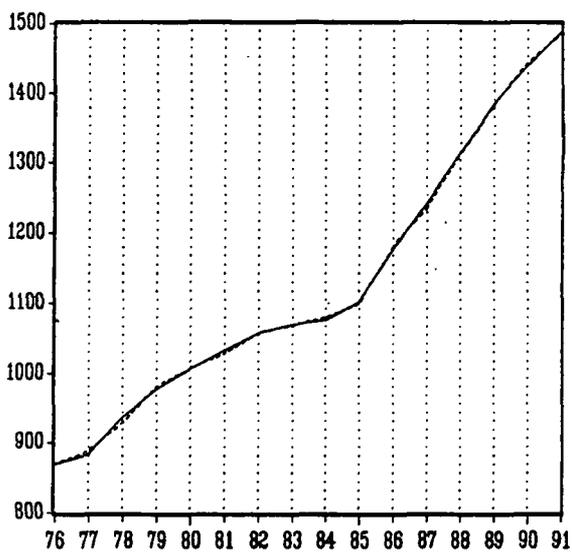
EQUATION RETENUE

1976-1991

$PARTOT = 374.2 + 0.3806 PARTOT(-1) + 0.0003326 PIB - 181.2 RATIOPX - 4.523 SNVIT$

LS // Dependent Variable is PARTOT  
 SMPL range: 1976 - 1991  
 Number of observations: 16

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	374.18907	83.286619	4.4927873	0.0009
PARTOT(-1)	0.3805641	0.0689040	5.5231046	0.0002
PIB	0.0003326	4.224E-05	7.8731759	0.0000
RATIOPX	-181.20491	13.863384	-13.070756	0.0000
SNVIT	-4.5229485	1.0110222	-4.4736391	0.0009
R-squared	0.999544	Mean of dependent var	1128.767	
Adjusted R-squared	0.999378	S.D. of dependent var	193.7164	
S.E. of regression	4.830003	Sum of squared resid	256.6182	
Log likelihood	-44.90302	F-statistic	6029.360	
H Durbin	-1.91	Prob(F-statistic)	0.000000	

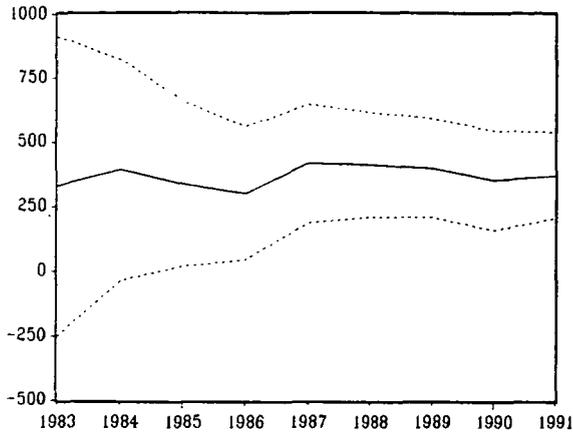


— PARTOT    ..... ESTIMEE

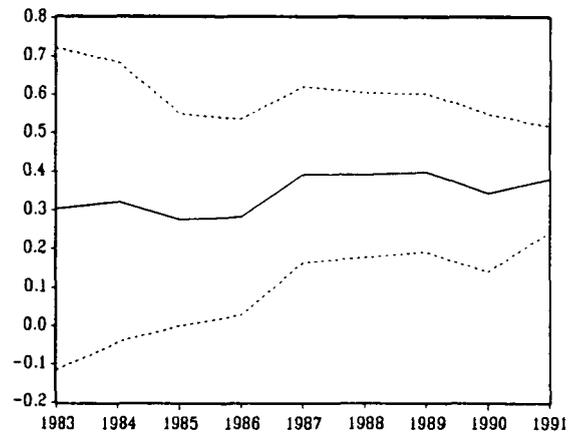
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

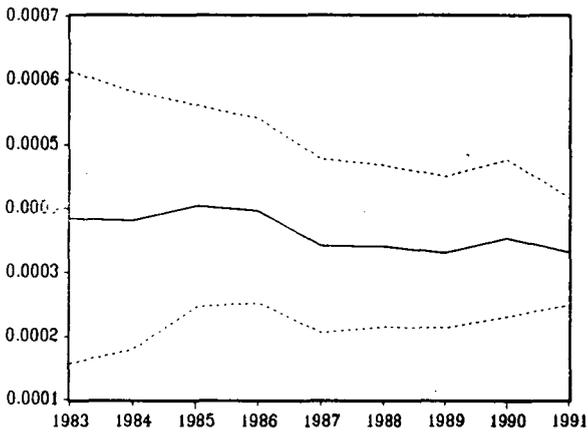
$$\text{PARTOT} = C(1) + C(2) * \text{PARTOT}(-1) + C(3) * \text{PIB} + C(4) * \text{RATIOPX} + C(5) * \text{SNVIT}$$



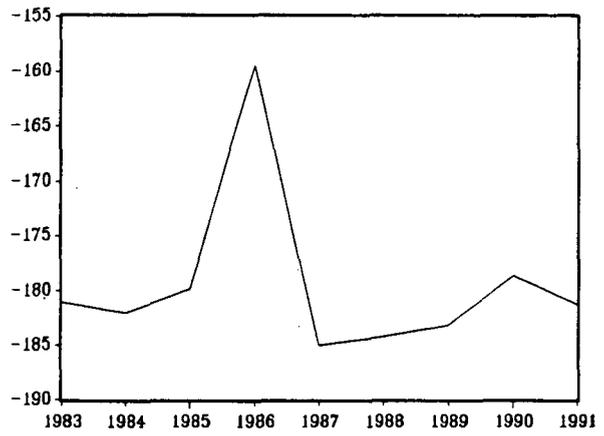
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



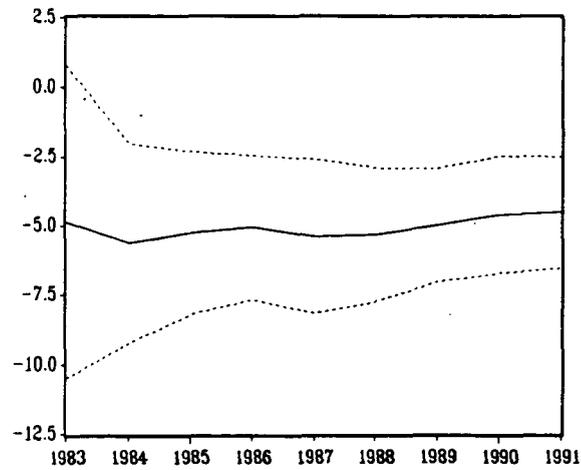
— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(5) Estimates ..... +/- 2 S.E.

## LES MODELES MULTIPLICATIFS

### II] Modèles à 2 effets:

- \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu: l'effet prix des carburants n'est jamais significatif sur cette période; En revanche, sur 1975-1991, on retrouve la modélisation antérieure:

$$\text{LPARTOT} = -12 + 1.3 \text{ LCFM} - 0.16 \text{ LPCARB} \quad \text{AR}(1)$$

(-13.0) (21.9) (-2.3)

$R^2 = 0.9963$   
 Adjusted- $R^2 = 0.9954$   
 SE of regression = 0.0122

\* Avec variable retardée:

1971-1992

$$\text{LPARTOT} = -6.7 + 0.49 \text{ LPARTOT}(-1) + 0.72 \text{ LCFM} - 0.092 \text{ LPCARB}$$

(-3.1) (3.5) (3.4) (-2.3)

$R^2 = 0.9969$   
 Adjusted- $R^2 = 0.9964$   
 H de Durbin = 0.33  
 SE of regression = 0.0153

Comme en additif, on relève aussi l'équation construite avec la variable PIB même si elle est moins bonne ici, pour comparer avec l'équation finalement retenue.

1971-1991

$$\text{LPARTOT} = 0.89 \text{ LPARTOT}(-1) + 0.054 \text{ LPIB} - 0.12 \text{ LRATIOPX}$$

(38.2) (4.9) (-3.9)

H de Durbin = -0.31  
 SE of regression = 0.0187

Sur la période 1976-1991, la variable retardée n'est pas significative.

## II] Modèles à 3 effets:

- 1) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM  
\* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX  
\* effet parc: LPARCTOT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu: les variables d'effet revenu et d'effet parc sont trop étroitement corrélées.

- 2) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM  
\* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX  
\* effet concurrence: LSNVKRP, LSNVIT, LSNVITRP

1976-1991

$$\text{LPARTOT} = -13.4 + 1.46 \text{ LPIB} - 0.17 \text{ LRATIOPX} - 0.30 \text{ LSNVIT}$$

(-24.4) (24.2) (-6.5) (-2.2)

$$R^2 = 0.9985$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9982$$

$$\text{DW} = 1.92$$

$$\text{SE of regression} = 0.00721$$

\* Avec variable retardée:

1976-1991

$$\text{LPARTOT} = -6.9 + 0.34 \text{ LPARTOT}(-1) + 1.03 \text{ LCFM} - 0.17 \text{ LRATIOPX} - 0.70 \text{ LSNVIT}$$

(-6.2) (4.8) (7.8) (-8.9) (-5.6)

$$R^2 = 0.9993$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9991$$

$$\text{H de Durbin} = -1.39$$

$$\text{SE of regression} = 0.00513$$

En remplaçant la variable LCFM par LPIB, la variable retardée n'est plus significative.

- 3) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM  
 \* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX  
 \* effet d'offre: LRESAUT

1970-1992

$$\text{LPARTOT} = -8.9 + 0.97 \text{LPIBM} - 0.26 \text{LPCARB} + 0.23 \text{LRESAUT}$$

(-5.9)
(8.0)
(-4.2)
(5.7)

$$R^2 = 0.9972$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9968$$

$$\text{DW} = 1.91$$

$$\text{SE of regression} = 0.0157$$

Avec la variable LCFM, les résidus sont autocorrélés et la procédure AR(1) conduit à rejeter les variables PCARB et RESAUT parce qu'elles ne sont pas explicatives ou que le signe de leur coefficient est aberrant du point de vue économique. Ce résultat est valable pour des équations testées sur des périodes plus courtes jusqu'à 1982-1992.

\* Avec variable retardée:

1971-1992

$$\text{LPARTOT} = 0.62 \text{LPARTOT}(-1) + 0.12 \text{LPIBM} - 0.29 \text{LPCARB} + 0.15 \text{LRESAUT}$$

(5.8)
(4.9)
(-4.8)
(2.8)

$$\text{H de Durbin} = -0.53$$

$$\text{SE of regression} = 0.0162$$

### III] Modèles à 4 effets:

- 1) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX
- \* effet parc: LPARCTOT
- \* effet concurrence: LSNVKRP, LSNVIT, LSNVITRP

1976-1991

$$\text{LPARTOT} = -10.7 + 1.20 \text{ LPIB} - 0.22 \text{ LRATIOPX} + 0.25 \text{ LPARCTOT} - 0.60 \text{ LSNVIT}$$

(-10.6)      (12.1)      (-8.3)      (3.0)      (-4.1)

$$R^2 = 0.9992$$

$$\text{Adjusted-R}^2 = 0.9989$$

$$\text{DW} = 2.36$$

$$\text{SE of regression} = 0.0056$$

Les variables PIB et RATIOPX remplacent les variables PIBM et PCARB de l'équation correspondante dans les modèles additifs. On obtient ici une erreur standard beaucoup plus petite.

\* Avec variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu, alors qu'en additif, on obtenait une excellente équation avec la variable PIBM, ce qui vient justifier le fait d'avoir testé les trois types de spécifications.

- 2) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX
- \* effet parc: LPARCTOT
- \* effet d'offre: LRESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu, comme en additif.

- 3) \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX
- \* effet concurrence: LSNVKRP, LSNVIT, LSNVITRP
- \* effet d'offre: LRESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

IV] Modèles à 5 effets:

- \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARBCU, LRATIOPX
- \* effet parc: LPARCTOT
- \* effet concurrence: LSNVKRP, LSNVIT, LSNVITRP
- \* effet d'offre: LRESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

Globalement, on conclut que la modélisation additive donne de meilleurs résultats que la modélisation multiplicative: les équations sont plus nombreuses et mieux spécifiées.

**EQUATION RETENUE**

1976-1991

$$\text{LPARTOT} = -10.7 + 1.20 \text{ LPIB} - 0.22 \text{ LRATIOPX} + 0.25 \text{ LPARCTOT} - 0.60 \text{ LSNVIT}$$

LS // Dependent Variable is LPARTOT

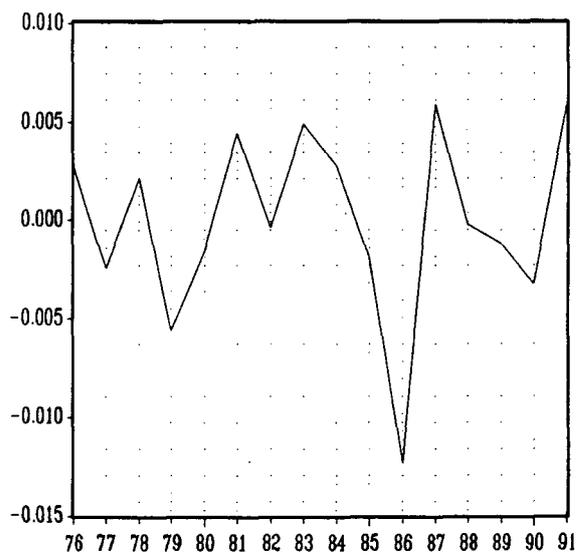
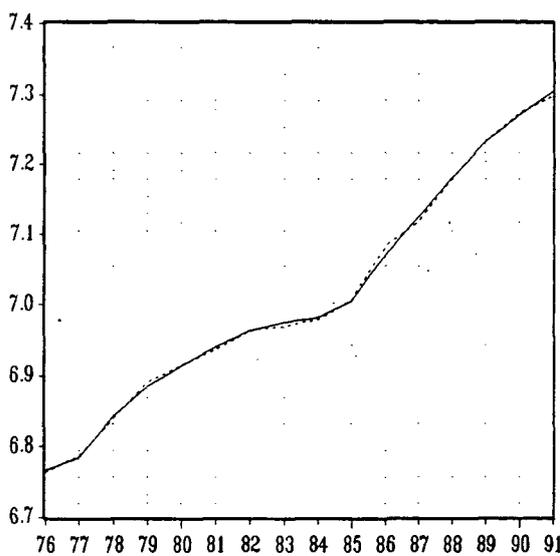
SMPL range: 1976 - 1991

Number of observations: 16

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	-10.660459	1.0035169	-10.623099	0.0000
LPIB	1.2007705	0.0991234	12.113899	0.0000
LRATIOPX	-0.2227723	0.0269586	-8.2635064	0.0000
LPARCTOT	0.2545323	0.0849274	2.9970566	0.0121
LSNVIT	-0.6048776	0.1472140	-4.1088329	0.0017

R-squared	0.999188	Mean of dependent var	7.015496
Adjusted R-squared	0.998893	S.D. of dependent var	0.167824
S.E. of regression	0.005585	Sum of squared resid	0.000343
Log likelihood	63.29766	F-statistic	3383.466
Durbin-Watson stat	2.364291	Prob(F-statistic)	0.000000

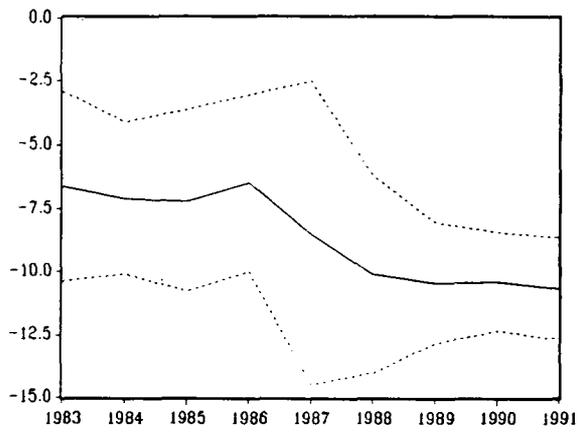


— LPARTOT ..... ESTIMEE

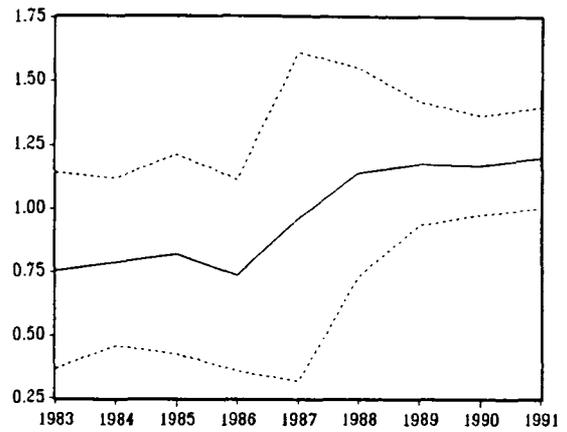
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

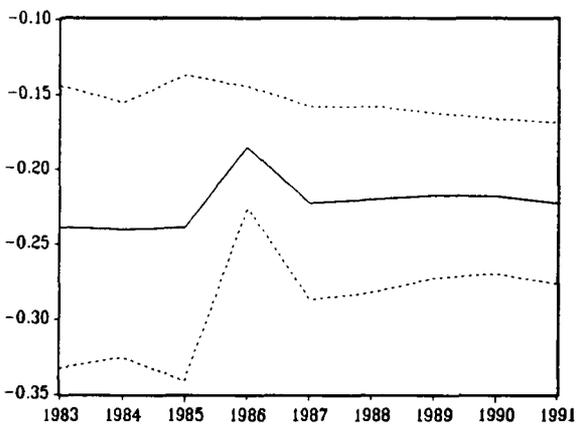
$$L\text{PARTOT} = C(1) + C(2) * L\text{PIB} + C(3) * L\text{RATIOPX} + C(4) * L\text{PARCTOT} + C(5) * L\text{SNVIT}$$



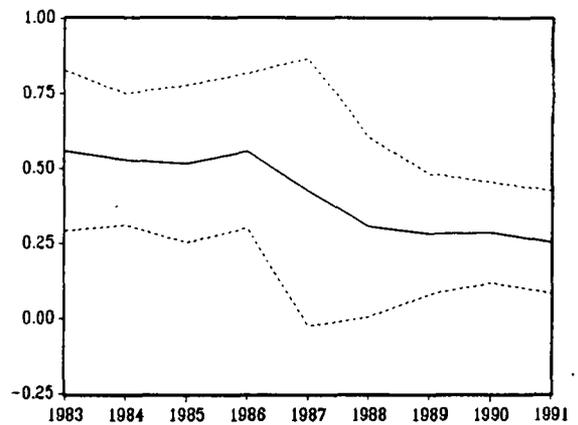
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



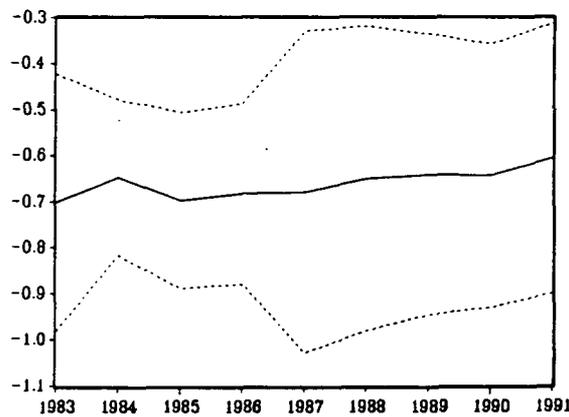
— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



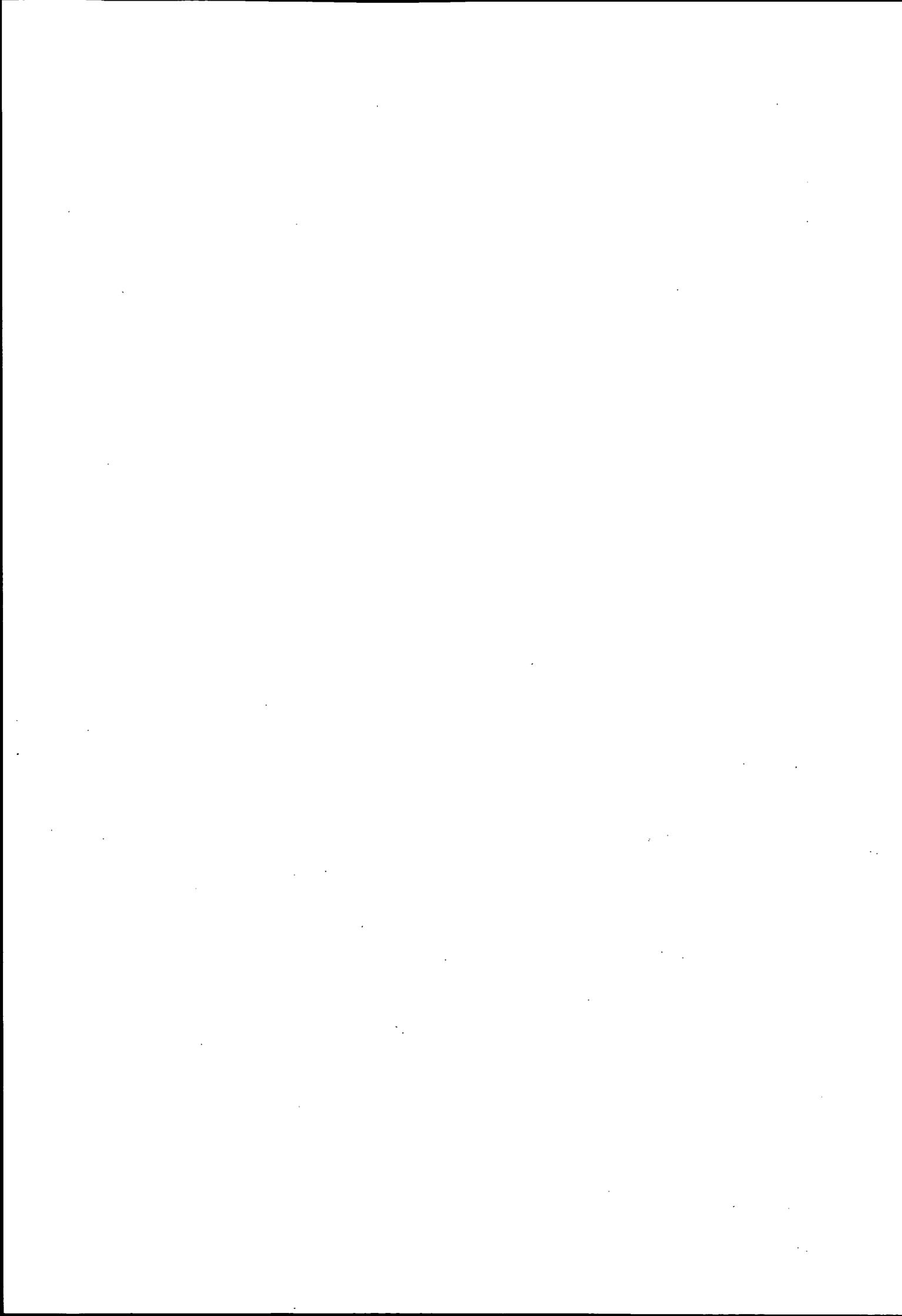
— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(5) Estimates ..... +/- 2 S.E.



## LES MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

I] Modèles à 2 effets:

- \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM
- \* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX

1971-1991

$$\text{TPARTOT} = 1.52 \text{ TPIB} - 0.23 \text{ TRATIOPX}$$

(8.6)                      (-2.8)

SE of regression: 0.0255

- \* Avec variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

## II] Modèles à 3 effets:

- 1) \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM  
\* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX  
\* effet parc: TPARCTOT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

- 2) \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM  
\* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX  
\* effet concurrence: TSNVKRP, TSNVIT, TSNVITRP

1977-1991

$$\text{TPARTOT} = 0.020 + 0.87 \text{ TPIB} - 0.22 \text{ TRATIOPX} - 1.00 \text{ TSNVIT}$$

(3.4)      (5.1)      (-6.9)      (-3.7)

$$R^2 = 0.8939$$

$$\text{Adjusted-R}^2 = 0.8649$$

$$\text{DW} = 2.42$$

$$\text{SE of regression} = 0.0070$$

Comme dans les deux modélisations précédentes, la combinaison de ces trois variables fournit une bonne équation.

\* Avec variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu, alors qu'en additif, on obtient ici notre meilleure équation.

- 3) \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM  
\* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX  
\* effet d'offre: TRESAUT

1971-1991

$$\text{TPARTOT} = 0.99 \text{ TPIB} - 0.29 \text{ TRATIOPX} + 0.20 \text{ TRESAUT}$$

(3.5)      (-3.6)      (2.3)

$$\text{SE of regression} = 0.0231$$

\* Avec variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

### III] Modèles à 4 effets:

- 1) \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM
- \* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX
- \* effet parc: TPARCTOT
- \* effet concurrence: TSNVKRP, TSNVIT, TSNVITRP

1977-1991

$$\text{TPARTOT} = 1.01 \text{ TPIB} - 0.24 \text{ TRATIOPX} + 0.40 \text{ TPARCTOT} - 0.60 \text{ TSNVIT}$$

(5.5)            (-6.5)            (2.4)            (-2.4)

SE of regression = 0.0081

La variable TPARCTOT n'améliore pas l'estimation puisque l'erreur standard augmente de 0.70% à 0.81% quand on la rajoute.

On retiendra néanmoins cette équation qui a le mérite de faire apparaître quatre effets, résultat trop rare dans une modélisation en taux d'accroissement, et qui est le pendant de l'équation finalement retenue dans la modélisation multiplicative.

\* Avec variable retardée:

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

- 2) \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM
- \* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX
- \* effet parc: TPARCTOT
- \* effet d'offre: TRESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

- 3) \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM
- \* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX
- \* effet concurrence: TSNVKRP, TSNVIT, TSNVITRP
- \* effet d'offre: TRESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

IV] Modèles à 5 effets:

- \* effet revenu: TCFM, TPIB, TPIBM
- \* effet prix: TPCARB, TPCARBCU, TRATIOPX
- \* effet parc: TPARCTOT
- \* effet concurrence: TSNVKRP, TSNVIT, TSNVITRP
- \* effet d'offre: TRESAUT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle n'a pu être retenu.

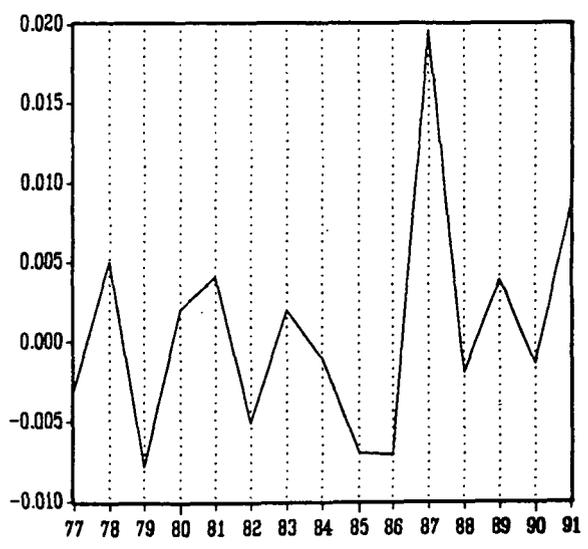
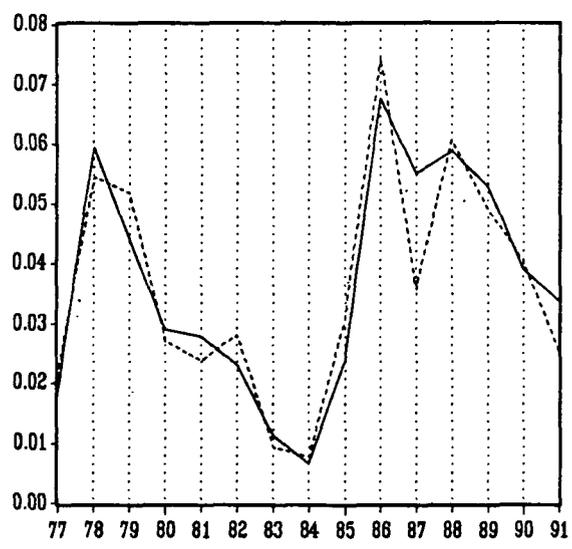
EQUATION RETENUE

1977-1991

$TPARTOT = 1.01 TPB - 0.24 TRATIOPX + 0.40 TPARCTOT - 0.60 TSNVIT$

LS // Dependent Variable is TPARTOT  
 SMPL range: 1977 - 1991  
 Number of observations: 15

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
TPB	1.0136359	0.1858171	5.4550199	0.0002
TRATIOPX	-0.2440697	0.0374452	-6.5180463	0.0000
TPARCTOT	0.3979680	0.1662970	2.3931156	0.0357
TSNVIT	-0.6046308	0.2483410	-2.4346800	0.0331
R-squared	NC	Mean of dependent var	0.036674	
Adjusted R-squared	NC	S.D. of dependent var	0.018920	
S.E. of regression	0.008091	Sum of squared resid	0.000720	
Log likelihood	53.29655	F-statistic	21.85046	
Durbin-Watson stat	NC	Prob(F-statistic)	0.000061	

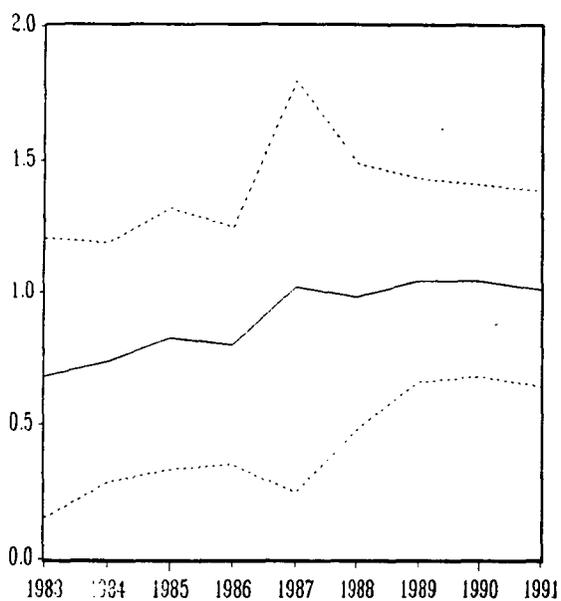


— TPARTOT    - - - - ESTIMEE

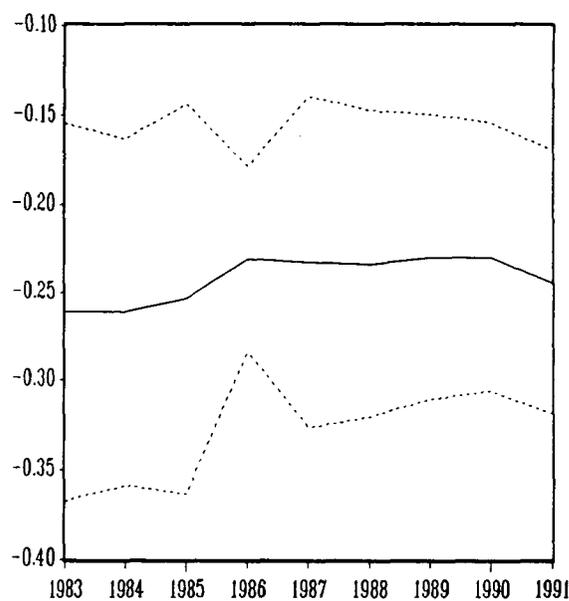
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

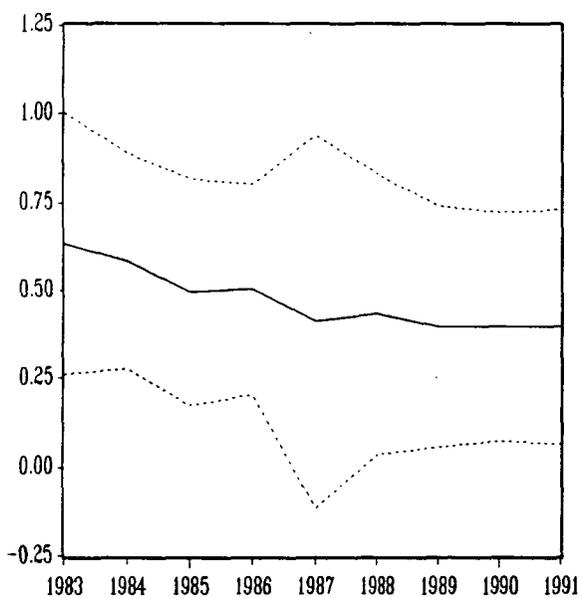
$$TPARTOT = C(1) * TPIB + C(2) * TRATIOPX + C(3) * TPARCTOT + C(4) * TSNVIT$$



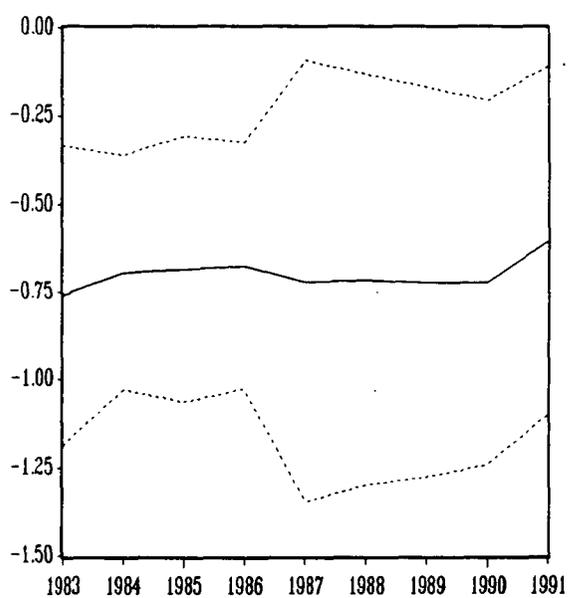
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.

## ELASTICITES

### MODELES ADDITIFS

	PARTOT(-1)	CFM	PIB	PIBM	PCARB	RATIOPX	PARCTOT	SNVIT	RESAUT	
2 effets		1,46			-0,098					1971-92
			1,59			-0,074				1970-91
3 effets	0,59	0,55			-0,15					1971-92
	0,68		0,44			-0,11				1971-91
	0,55			0,36	-0,16		0,25			1971-92
			1,45			-0,19		-0,26		1976-91
4 effets	0,37		0,89			-0,22		-0,36		1976-91
				1,04	-0,27				0,23	1970-92
	0,43		0,67		-0,19				0,082	1971-92
				1,26	-0,2		0,27	-0,33		1976-92
4 effets	0,39			0,64		-0,23	0,18	-0,45		1976-91
				1,32	-0,2			-0,24	0,12	1976-92

Remarque:  $0.89 \sim 0.64 + 0.18$

### MODELES MULTIPLICATIFS

	LPARTOT(-1)	LCFM	LPIB	LPIBM	LPCARB	LRATIOPX	LPARCTOT	LSNVIT	LRESAUT	
2 effets	0,49	0,72			-0,092					1971-92
	0,89		0,054			-0,12				1970-91
3 effets			1,46			-0,17		-0,3		1976-91
	0,34	1,03				-0,17		-0,7		1976-91
				0,97	-0,26				0,23	1970-92
4 effets	0,62			0,12	-0,29				0,15	1971-92
			1,2			-0,22	0,25	-0,6		1976-91

### MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

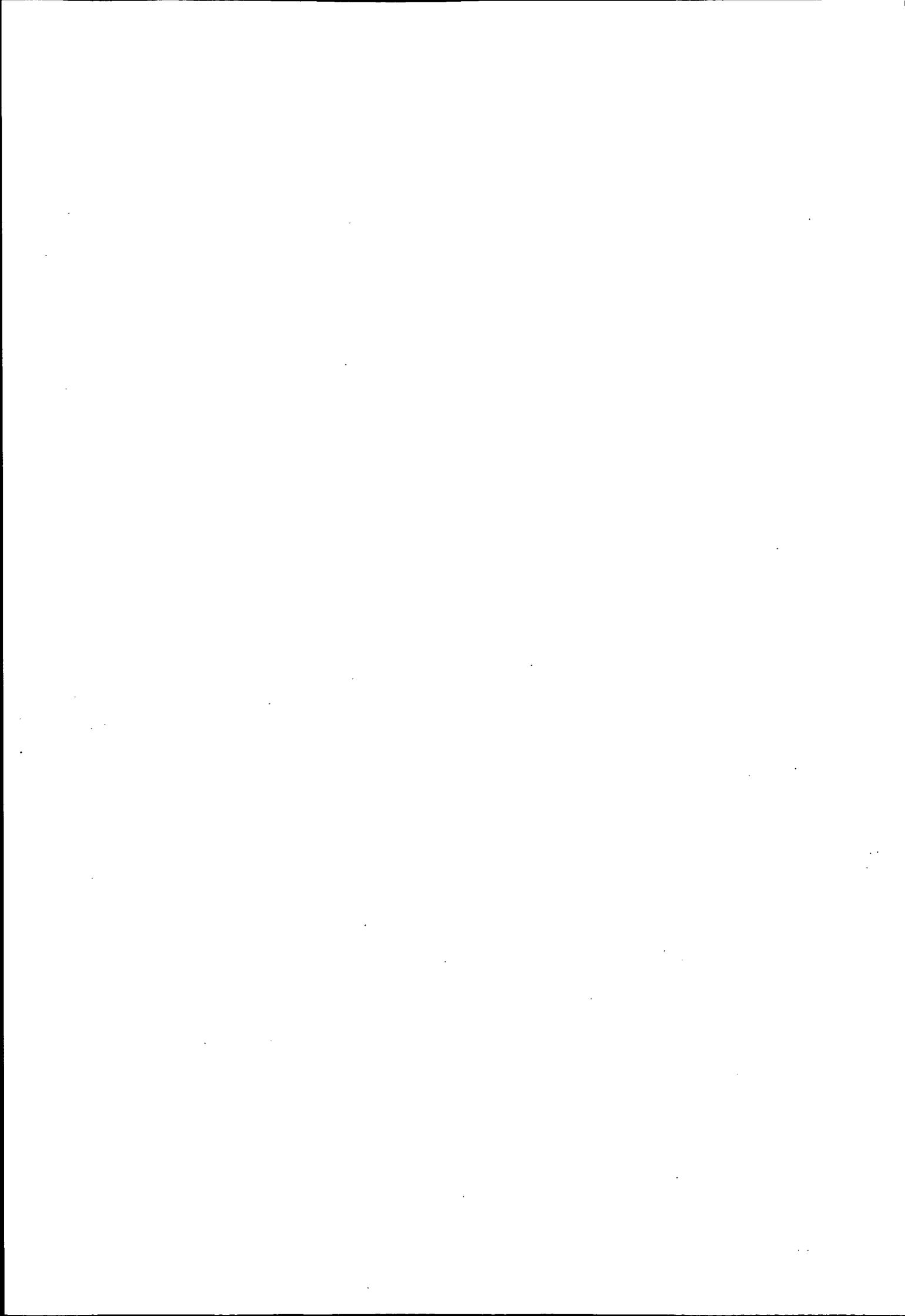
	TPIB	TRATIOPX	TPARCTOT	TSNVIT	TRESAUT	
2 effets	1,52	-0,23				1971-91
3 effets	0,87	-0,22		-1		1977-91
	0,99	-0,29			0,2	1971-91
4 effets	1,01	-0,24	0,4	-0,6		1977-91



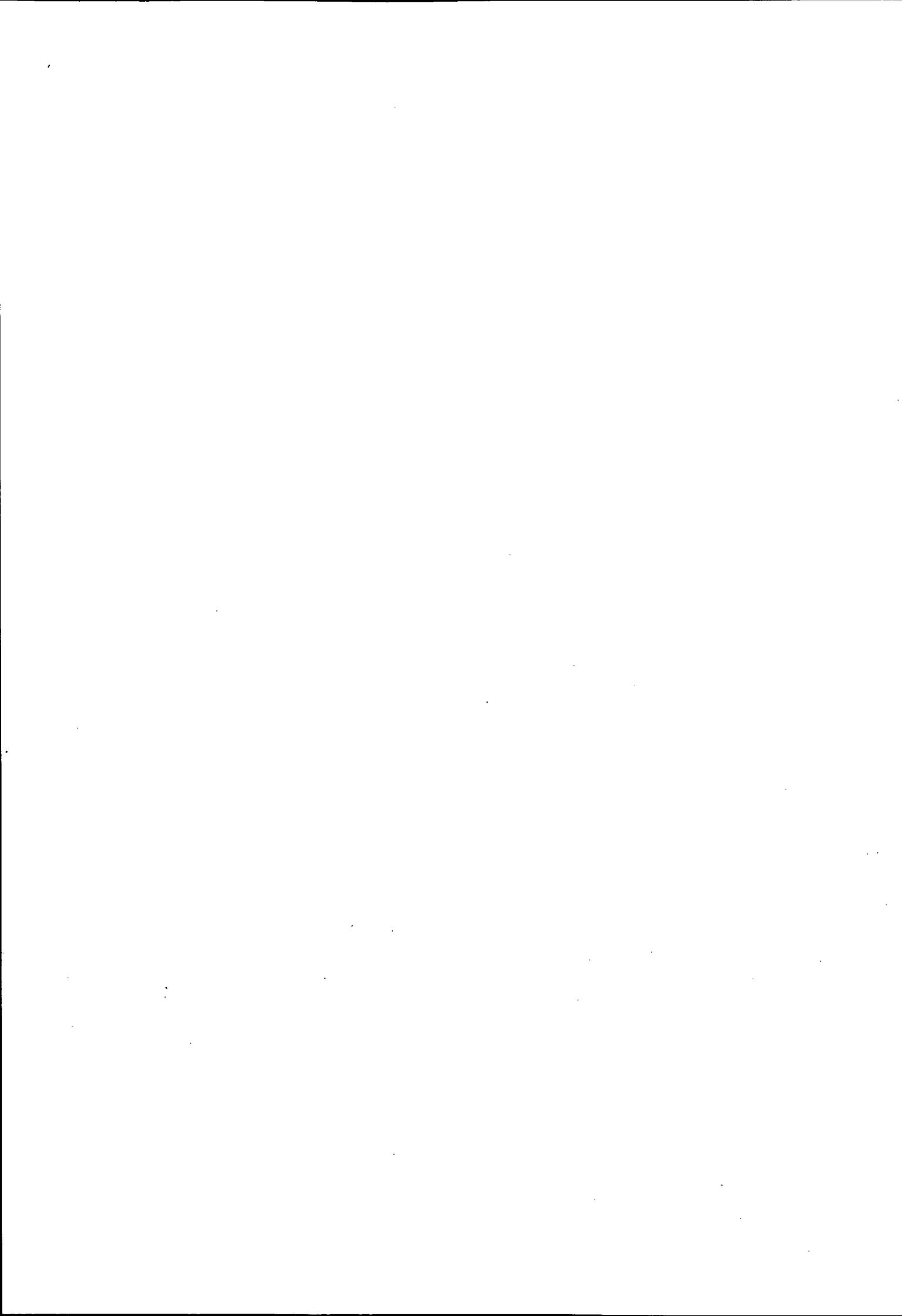
## CONCLUSION

Pour les trois types de modélisation, la combinaison des variables PIB, RATIOPX et SNVIT fournit une bonne équation.

A ces trois variables, pour obtenir l'équation finale, on ajoute la variable retardée dans la modélisation additive ou la variable PARCTOT dans les modélisations multiplicatives et en taux d'accroissement.



TRAFIC SUR AUTOROUTES CONCEDEES:  
Modélisation annuelle



## MODELISATIONS ANTERIEURES

Le CREDOC propose les équations suivantes:

1972-1987

$$\text{CAIU} = 1.62 \text{ LAIU} - 134 \text{ CARB} + 1.37 \text{ PARC} - 120 \text{ PEAG} + 0.16 \text{ R}$$

(0.78)            (17)            (0.18)            (30)            (0.05)

$$R^2 = 0.9998$$

1972-1987

$$\text{LCAIU} = -11.4 + 0.62 \text{ LLAIU} - 0.28 \text{ LCARB} + 0.91 \text{ LPARC} + 0.75 \text{ LR}$$

(4.4)            (0.09)            (0.08)            (0.15)            (0.33)

$$R^2 = 0.9988$$

1972-1987

$$\text{VCAIU} = 1.15 \text{ VPARC} - 0.32 \text{ VCARB} + 0.65 \text{ VL}$$

(0.24)            (0.07)            (0.09)

$$R^2 = 0.977$$

L: Longueur du réseau autoroutier en service au début de chaque année

CAIU: Circulation sur les autoroutes concédées

LAIU: Longueur du réseau "autoroutes concédées" en service au début de chaque année

CARB: Prix relatif des carburants

PARC: Parc automobile des ménages

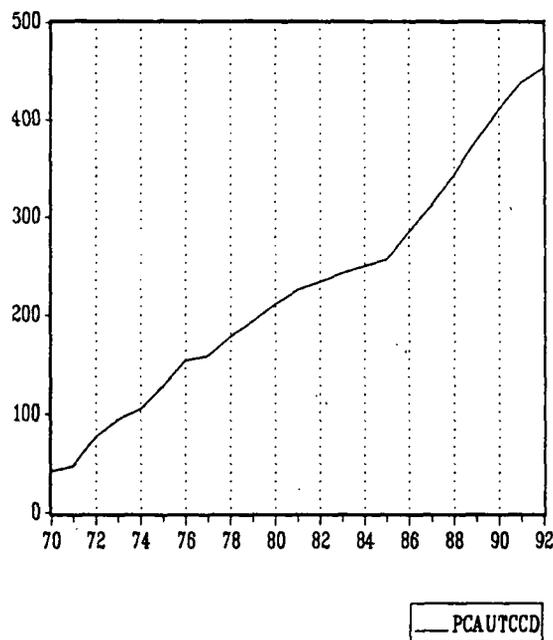
PEAG: Tarif relatif des péages autoroutiers

R: Revenu réel moyen par ménage

Les noms de variable précédés de la lettre L désignent des logarithmes et ceux précédés d'un V des variations relatives.

## LES SERIES

La variable expliquée PCAUTCCD représente le parcours sur les autoroutes concédées déjà ouvertes au 1<sup>er</sup> janvier de l'année considérée, exprimé en centaines de millions de véhicules-kilomètres.



On reprend les variables explicatives utilisées pour modéliser le trafic sur réseau national: CFM, PIB, PIBM, PCARB, PCARBCU, PARCTOT.

On utilise aussi deux variables autoroutières:

\* PEAGECU qui est le rapport de la recette annuelle des péages en centimes constants, au parcours total réalisé sur les autoroutes concédées. On obtient ainsi un "produit moyen" autoroutier relatif à l'ensemble des véhicules.

\* RESAUTCD qui représente la longueur des autoroutes en service.

L'amplitude de la variation de RESAUTCD entre 1970 et 1992 est telle qu'on ne peut pas envisager d'estimer le trafic sur autoroutes sans prendre en compte cette variable. C'est pourquoi, on a modifié la hiérarchie des effets en plaçant l'effet d'offre traduit par RESAUTCD en première position devant l'effet revenu.

On introduit en plus les variables PCARBJL, PEAGEA, PARCJL parce qu'elles sont aussi disponibles en valeurs trimestrielles et nous permettront une comparaison entre les modélisations annuelles et les modélisations trimestrielles.

PCARBJL reflète l'évolution du prix des carburants consommé par les véhicules légers, pondéré des consommations d'essence et de gazole.

PEAGEA est un indice de prix des péages, relatif aux seuls véhicules légers contrairement à PEAGECU. Il pondère les évolutions de prix des différents péages déjà ouverts à l'année (n-1), par les longueurs d'autoroutes relatives à ces péages.

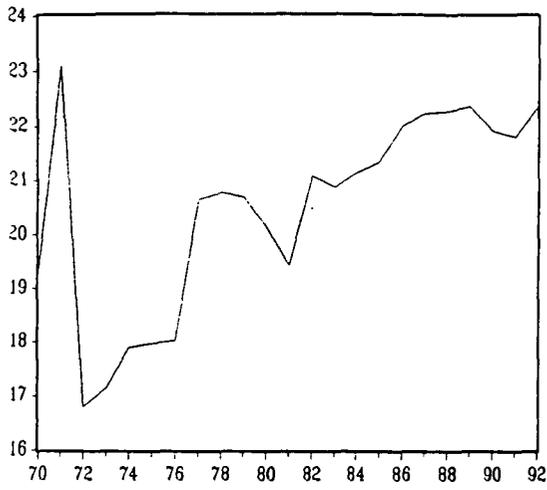
PARCJL est le parc des véhicules de moins de 16 tonnes.

Les corrélations des variables sont les suivantes:

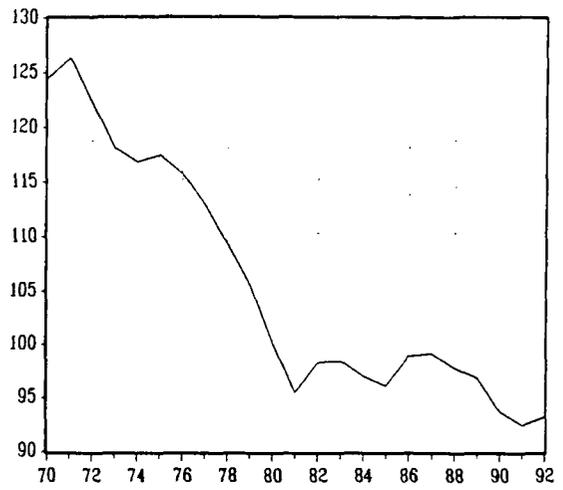
SMPL range: 1970 - 1992  
 Number of observations: 23

	COVARIANCE	CORRELATION
CFM,CFM	8.911E+10	1.0000000
CFM,PARCTOT	1.361E+09	<b>0.9955585</b>
CFM,PARCJL	1.310E+09	<b>0.9948209</b>
CFM,RESAUTCD	50959523	<b>0.9847388</b>
PARCTOT,PARCTOT	20977365.	1.0000000
PARCTOT,PARCJL	20167933.	0.9984689
PARCTOT,RESAUTCD	6976561.1	<b>0.9929297</b>
PARCJL,PARCJL	19449246.	1.0000000
PARCJL,RESAUTCD	6739840.5	<b>0.9962098</b>
RESAUTCD,RESAUTCD	2353395.1	1.0000000
PIB,PIB	2.117E+11	1.0000000
PIB,PARCTOT	2.092E+09	<b>0.9928502</b>
PIB,PARCJL	2.014E+09	<b>0.9925747</b>
PIB,RESAUTCD	692425213	<b>0.9809188</b>
PIBM,PIBM	1.512E+11	1.0000000
PIBM,PARCTOT	1.762E+09	<b>0.9894550</b>
PIBM,PARCJL	1.696E+09	<b>0.9888475</b>
PIBM,RESAUTCD	581752588	<b>0.9753600</b>

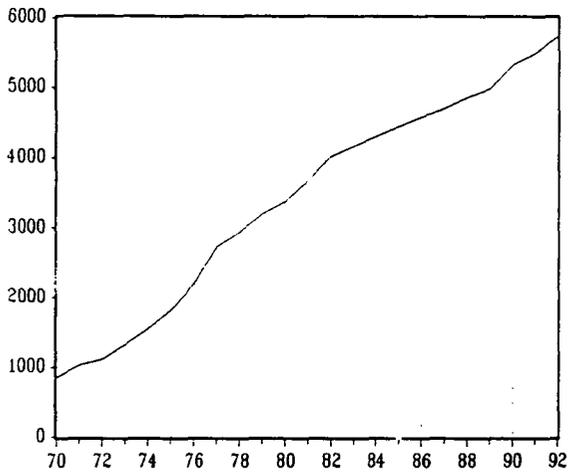
On constate que les variables sont très corrélées entre elles ; PIBM est, des trois variables de revenu, la moins fortement corrélée aux variables de parc et de longueur d'autoroutes. On s'attend donc à obtenir les meilleures équations avec la variable PIBM. Parfois, pour diminuer le nombre de combinaisons, nous n'avons d'ailleurs retenu que PIBM comme variable de revenu.



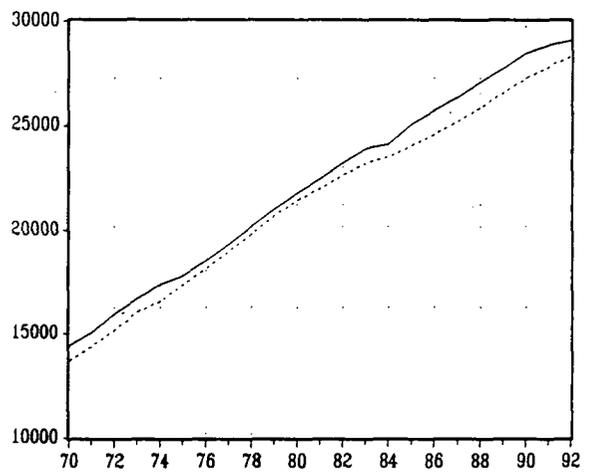
— PEA GECU



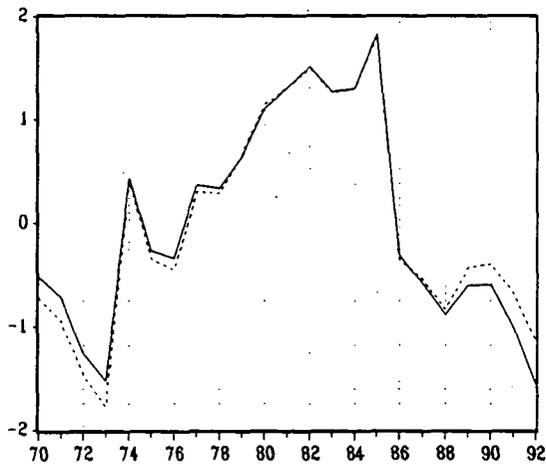
— PEA GEA



— RESAUTCD



— PARCTOT ..... PARCJL



— PCARB ..... PCARBJL

## LES MODELES ADDITIFS

### I] Modèles à 3 effets:

- \* effet d'offre: RESAUTCD
- \* effet revenu: CFM, PIB, PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARB et PEAGECU, PCARB et PEAGEA, PCARBJL et PEAGECU, PCARBJL et PEAGEA

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu: RESAUTCD est rarement significative.

- \* Avec variable retardée:

1971-1992

$$\begin{aligned} \text{PCAUTCCD} = & 0.6565 \text{ PCAUTCCD}(-1) + 0.01039 \text{ RESAUTCD} + 7.771\text{E-}05 \text{ PIBM} \\ & \quad (8.2) \qquad \qquad \qquad (2.3) \qquad \qquad \qquad (6.9) \\ & - 28.01 \text{ PCARB} - 2.323 \text{ PEAGECU} \\ & \quad (-5.5) \qquad \qquad \qquad (-2.9) \end{aligned}$$

H de Durbin = 0.02

SE/Mean of dependent var = 2.21%

C'est l'équation finalement retenue.

Par comparaison avec la modélisation trimestrielle, nous indiquons aussi l'équation suivante:

1971-1992

$$\begin{aligned} \text{PCAUTCCD} = & 0.6951 \text{ PCAUTCCD}(-1) + 0.008734 \text{ RESAUTCD} + 7.551\text{E-}05 \text{ PIBM} \\ & \quad (9.0) \qquad \qquad \qquad (2.0) \qquad \qquad \qquad (6.7) \\ & - 0.8897 \text{ PCARBJL} - 2.326 \text{ PEAGECU} \\ & \quad (-5.3) \qquad \qquad \qquad (-2.8) \end{aligned}$$

H de Durbin = 0.005

SE/Mean of dependent variable = 2.25%

On obtient des résultats statistiques très proches, ce qui était attendu car les deux séries de prix de carburants ont des évolutions quasiment parallèles comme on peut le voir page précédente sur le graphique normalisé (même moyenne et même écart-type pour les deux séries). Seuls les coefficients d'estimation changent puisque PCARB est estimé en francs tandis que PCARBJL est un indice.

## II] Modèles à 4 effets:

- 1) \* effet d'offre: RESAUTCD  
\* effet revenu: PIBM  
\* effet prix: PCARB, PCARB et PEAGECU, PCARB et PEAGEA  
PCARBJL et PEAGECU, PCARBJL et PEAGEA  
\* effet parc: PARCTOT, PARCJL

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

PARCJL ne sort jamais: les variables de parc sont trop fortement corrélées à la fois à RESAUTCD et à PIBM pour que l'on obtienne des équations où toutes les variables sont significatives.

- 2) \* effet d'offre: RESAUTCD  
\* effet revenu: CFM, PIB, PIBM  
\* effet prix: PCARB, PCARB et PEAGECU, PCARB et PEAGEA  
PCARBJL et PEAGECU, PCARBJL et PEAGEA  
\* effet concurrence: SNVIT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

SNVIT n'est jamais significative: la vitesse moyenne des rapides-express n'est sans doute pas une variable susceptible de représenter l'effet concurrence du train sur le trafic autoroutier.

III] Modèles à 5 effets:

- \* effet d'offre: RESAUTCD
- \* effet revenu: PIBM
- \* effet prix: PCARB, PCARB et PEAGECU, PCARB et PEAGEA  
PCARBJL et PEAGECU, PCARBJL et PEAGEA
- \* effet parc: PARCTOT, PARCJL
- \* effet concurrence: SNVIT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

EQUATION RETENUE

1971-1992

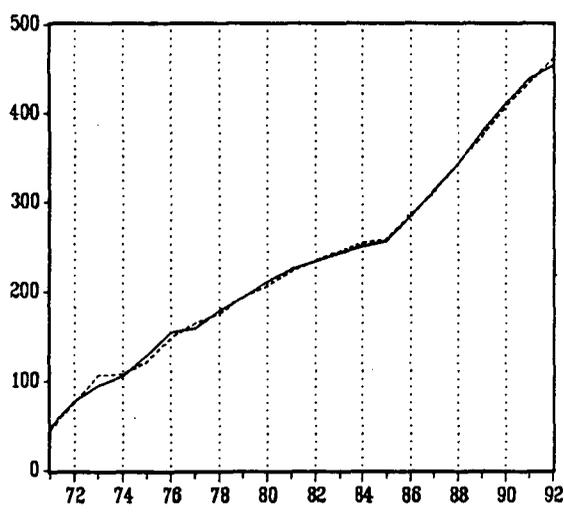
$PCAUTCCD = 0.6565 PCAUTCCD(-1) + 7.771E-05 PIBM + 0.01039 RESAUTCD - 28.01 PCARB - 2.323 PEAGECU$

LS // Dependent Variable is PCAUTCCD

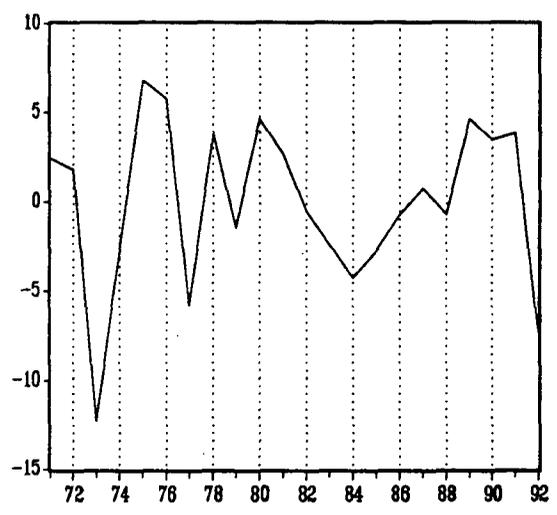
SMPL range: 1971 - 1992

Number of observations: 22

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
PCAUTCCD(-1)	0.6565156	0.0802012	8.1858527	0.0000
PIBM	7.771E-05	1.129E-05	6.8839533	0.0000
RESAUTCD	0.0103855	0.0044129	2.3534166	0.0309
PCARB	-28.014817	5.1124353	-5.4797401	0.0000
PEAGECU	-2.3227457	0.8080506	-2.8745054	0.0105
R-squared	NC	Mean of dependent var	235.9241	
Adjusted R-squared	NC	S.D. of dependent var	117.1195	
S.E. of regression	5.211233	Sum of squared resid	461.6681	
Log likelihood	-64.69849	F-statistic	2647.526	
H Durbin	0.02	Prob(F-statistic)	0.000000	



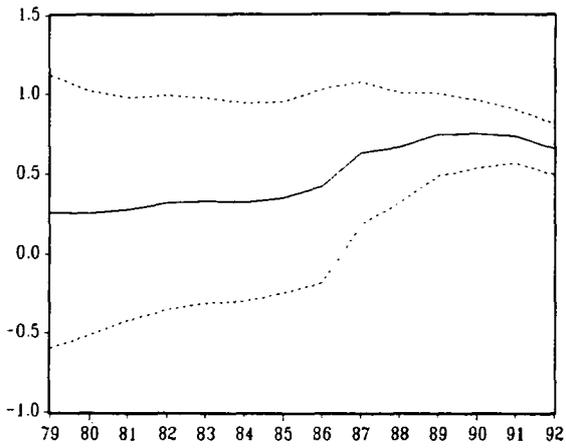
— PCAUTCCD    - - - - ESTIMER



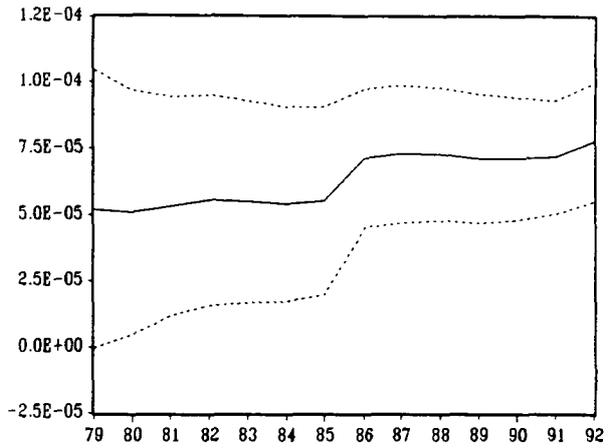
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

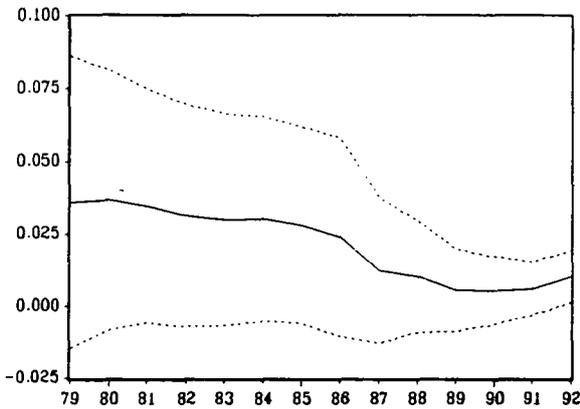
$$PCAUTCCD = C(1) * PCAUTCCD(-1) + C(2) * PIBM + C(3) * RESAUTCD + C(4) * PCARB + C(5) * PEAGECU$$



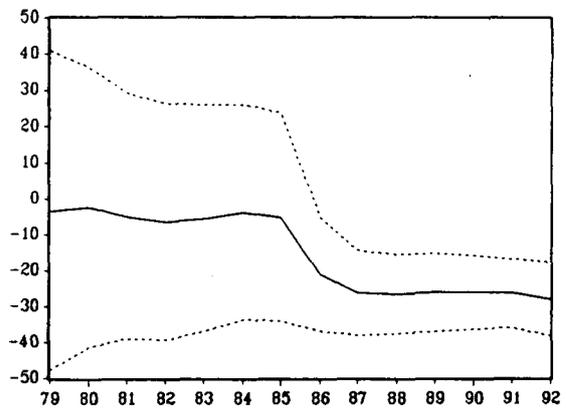
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



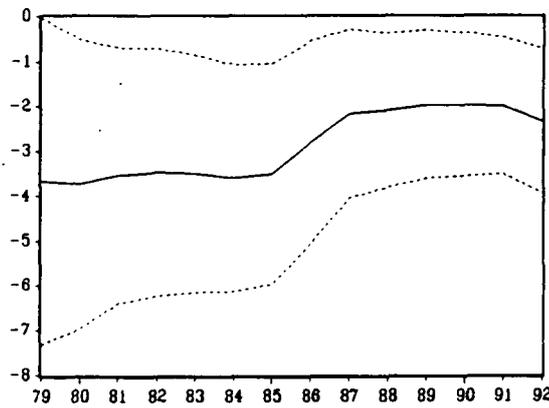
— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(5) Estimates ..... +/- 2 S.E.

## LES MODELES MULTIPLICATIFS

### I] Modèles à 3 effets:

- \* effet d'offre: LRESAUTC
- \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARB et LPEAGECU, LPCARB et LPEAGEA  
LPCARBJL et LPEAGECU, LPCARBJL et LPEAGEA

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

\* Avec variable retardée:

On retrouve les combinaisons retenues dans les modèles additifs.

1971-1992

$$\begin{aligned} \text{LPCAUTCD} = & -11.3 + 0.25 \text{LPCAUTCD}(-1) + 0.65 \text{LRESAUTC} + 0.92 \text{LPIBM} \\ & \quad (-3.4) \quad (2.7) \quad (6.3) \quad (3.7) \\ & - 0.47 \text{LPCARB} - 0.96 \text{LPEAGECU} \\ & \quad (-4.3) \quad (-9.0) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.9984$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9979$$

$$\text{H de Durbin} = -0.06$$

$$\text{SE of regression} = 0.0272$$

Par comparaison avec la modélisation trimestrielle, nous indiquons aussi l'équation suivante:

1971-1992

$$\begin{aligned} \text{LPCAUTCD} = & -10.89 + 0.2704 \text{LPCAUTCD}(-1) + 0.6047 \text{LRESAUTC} + 1.0078 \text{LPIBM} \\ & \quad (-3.0) \quad (2.8) \quad (5.9) \quad (4.1) \\ & - 0.4489 \text{LPCARBJL} - 0.9427 \text{LPEAGECU} \\ & \quad (-3.9) \quad (-8.5) \end{aligned}$$

$$R^2 = 0.9982$$

$$\text{Adjusted-}R^2 = 0.9977$$

$$\text{H de Durbin} = -0.13$$

$$\text{SE of regression} = 0.0284$$

Cette équation est valable aussi avec les variables LPIB et LCFM; en revanche, on remarque que LPEAGEA n'est jamais significative.

II] Modèles à 4 effets:

- 1) \* effet d'offre: LRESAUTC
- \* effet revenu: LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARB et LPEAGECU, LPCARB et LPEAGEA  
LPCARBJL et LPEAGECU, LPCARBJL et LPEAGEA
- \* effet parc: LPARCTOT, LPARCJL

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

LPARCJL n'est pas significative: comme dans les modèles additifs, les variables sont trop fortement corrélées pour être toutes significatives.

- 2) \* effet d'offre: LRESAUTC
- \* effet revenu: LCFM, LPIB, LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARB et LPEAGECU, LPCARB et LPEAGEA  
LPCARBJL et LPEAGECU, LPCARBJL et LPEAGEA
- \* effet concurrence: LSNVIT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

LSNVIT est rarement significative.

III] Modèles à 5 effets:

- \* effet d'offre: LRESAUTC
- \* effet revenu: LPIBM
- \* effet prix: LPCARB, LPCARB et LPEAGECU, LPCARB et LPEAGEA  
LPCARBJL et LPEAGECU, LPCARBJL et LPEAGEA
- \* effet parc: LPARCTOT, LPARCJL
- \* effet concurrence: LSNVIT

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.  
LSNVIT n'est jamais significative.

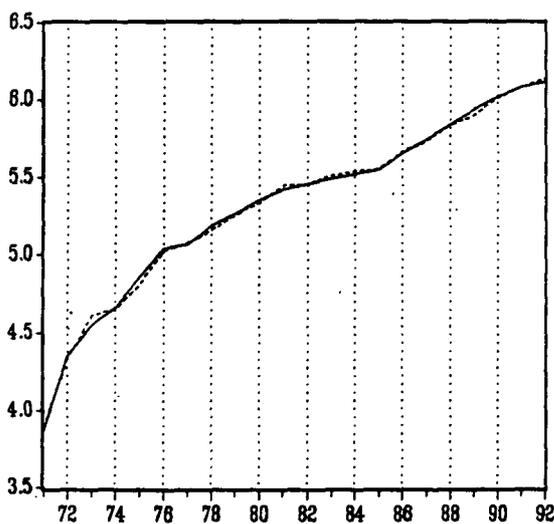
EQUATION RETENUE

1971-1992

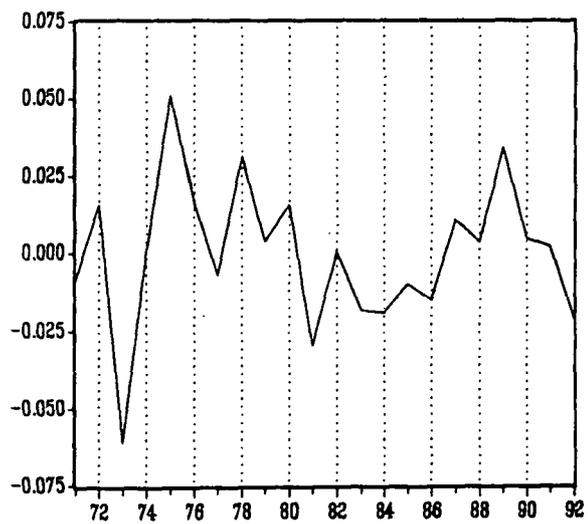
LPCAUTCD = -11.3 + 0.25 LPCAUTCD(-1) + 0.65 LRESAUTC + 0.92 LPIBM - 0.47 LPCARB - 0.96 LPEAGECU

LS // Dependent Variable is LPCAUTCD  
 SMPL range: 1971 - 1992  
 Number of observations: 22

VARIABLE	COEFFICIENT	STD. ERROR	T-STAT.	2-TAIL SIG.
C	-11.339771	3.3081396	-3.4278394	0.0035
LPCAUTCD(-1)	0.2492684	0.0917599	2.7165271	0.0152
LRESAUTC	0.6452724	0.1022824	6.3087345	0.0000
LPIBM	0.9240389	0.2475805	3.7322760	0.0018
LPCARB	-0.4732120	0.1106656	-4.2760544	0.0006
LPEAGECU	-0.9577318	0.1066199	-8.9826773	0.0000
R-squared	0.998364	Mean of dependent var	5.320660	
Adjusted R-squared	0.997853	S.D. of dependent var	0.588027	
S.E. of regression	0.027244	Sum of squared resid	0.011876	
Log likelihood	51.55041	F-statistic	1953.362	
H Durbin	-0.06	Prob(F-statistic)	0.000000	



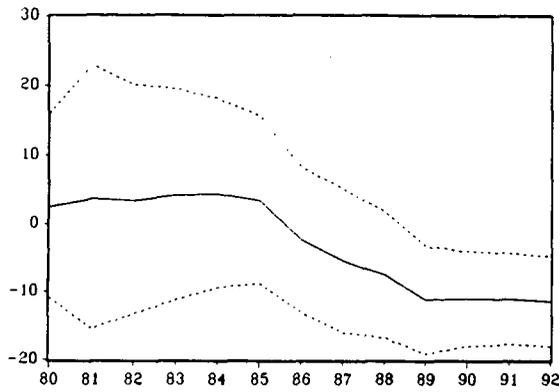
— LPCAUTCD    ..... ESTIMER



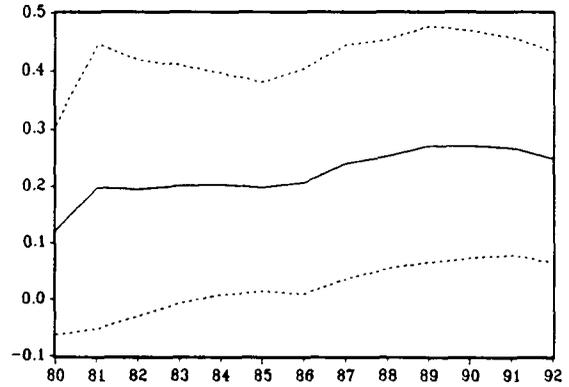
— RESID

STABILITE DES COEFFICIENTS

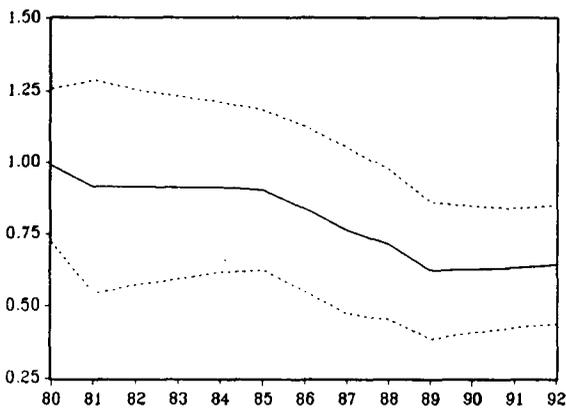
$$\text{LPCAUTCD} = C(1) + C(2) * \text{LPCAUTCD}(-1) + C(3) * \text{LRESAUTC} + C(4) * \text{LPIBM} + C(5) * \text{LPCARB} + C(6) * \text{LPEAGECU}$$



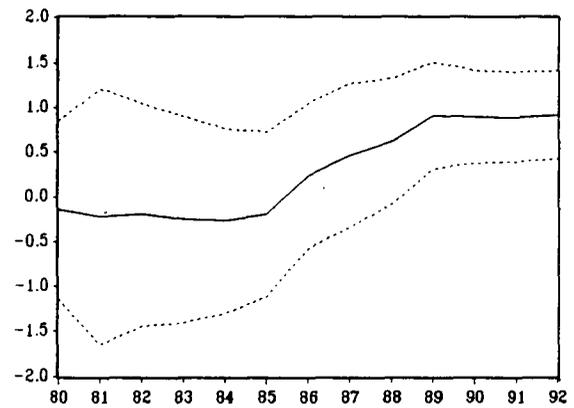
— Recursive C(1) Estimates ..... +/- 2 S.E.



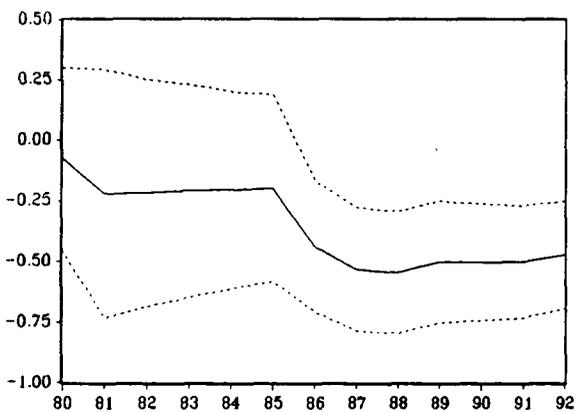
— Recursive C(2) Estimates ..... +/- 2 S.E.



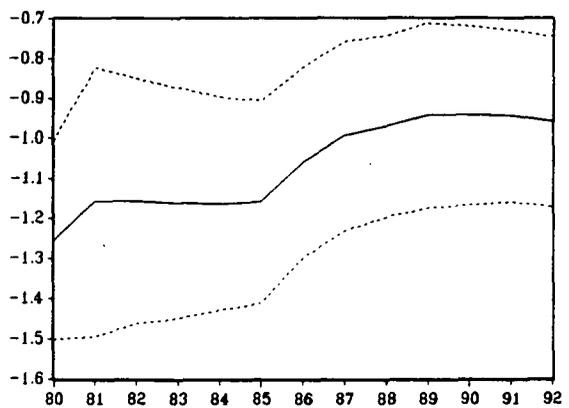
— Recursive C(3) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(4) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(5) Estimates ..... +/- 2 S.E.



— Recursive C(6) Estimates ..... +/- 2 S.E.

## LES MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

Quels que soient les effets combinés, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

Cependant, par comparaison avec la modélisation trimestrielle, nous indiquons l'équation suivante:

1971-1992

$$\text{TPCAUTCD} = 0.94 \text{ TRESAUTC} + 1.75 \text{ TPIBM} - 0.41 \text{ TPCARBJL} - 1.30 \text{ TPEAGECU}$$

(5.7)                      (3.1)                      (-2.5)                      (-8.6)

SE of regression = 0.0524

On hésite à la retenir tant son erreur standard est importante.

## ELASTICITES

### MODELES ADDITIFS

	PCAUTCCD(-1)	PIBM	RESAUTCD	PCARB	PCARBJL	PEAGECU	
3 effets	0,6	0,8	0,16	-0,36		-0,2	1971-92
	0,64	0,78	0,13		-0,34	-0,2	1971-92

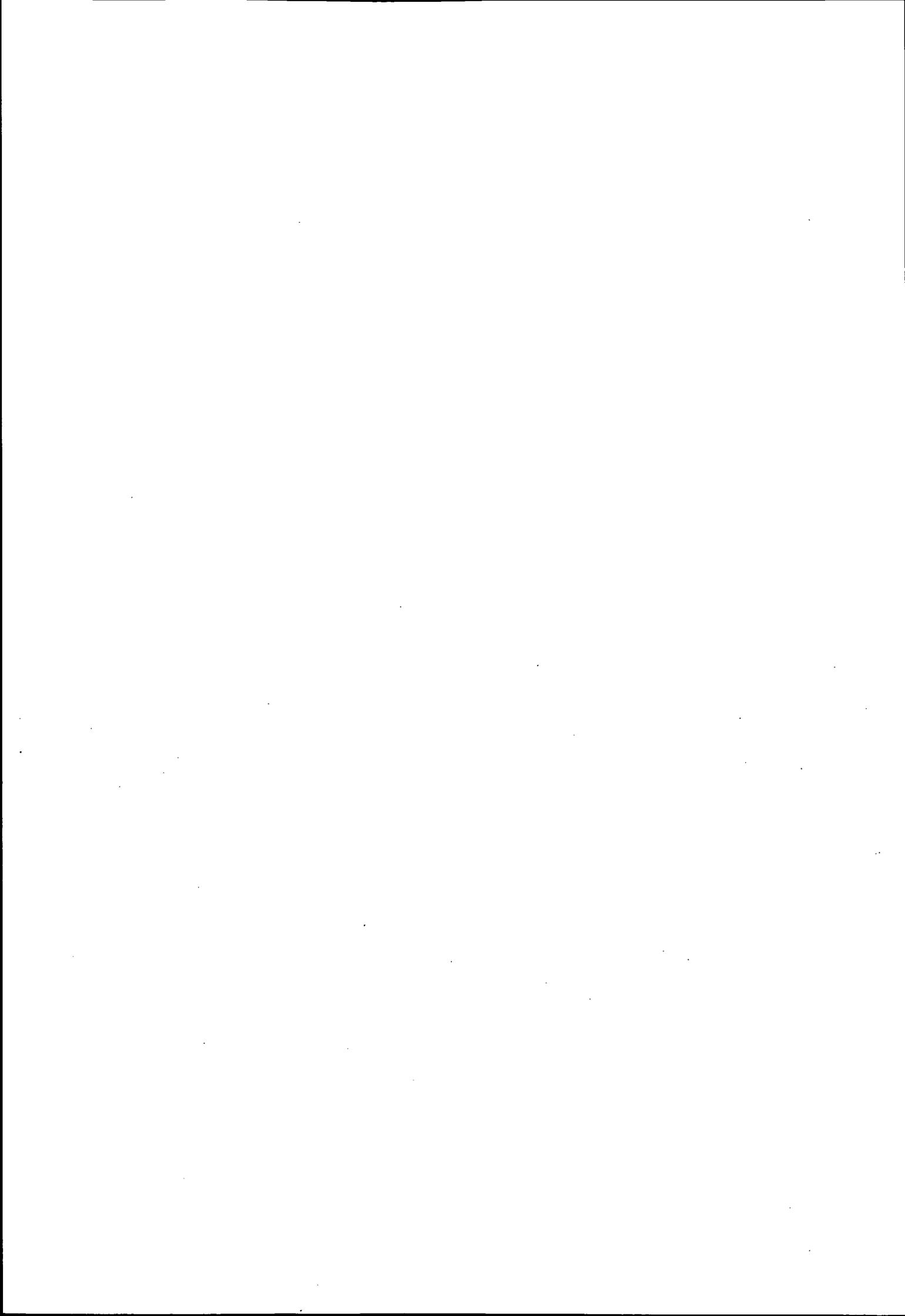
### MODELES MULTIPLICATIFS

	LPCAUTCD(-1)	LRESAUTC	LPIBM	LPCARB	LPCARBJL	LPEAGECU	
3 effets	0,25	0,65	0,92	-0,47		-0,96	1971-92
	0,27	0,6	1		-0,45	-0,94	1971-92

### MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

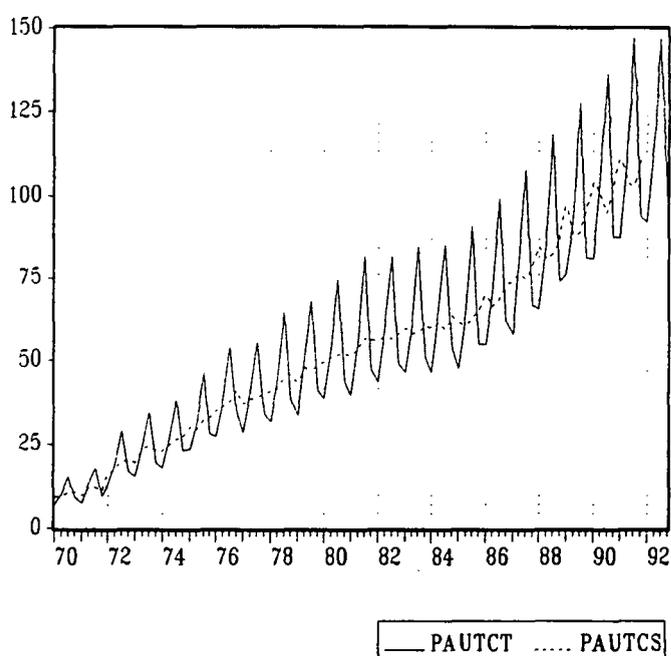
	TRESAUTC	TPIBM	TCARBJL	TPEAGECU	
3 effets	0,94	1,8	-0,41	-1,3	1971-92

TRAFIC SUR AUTOROUTES CONCEDEES:  
Modélisation trimestrielle



## LES SERIES

PAUTCT représente le parcours trimestriel, exprimé en centaines de millions de véhicules-kilomètres, de tous les véhicules confondus sur les autoroutes concédées ouverts au premier janvier de l'année considérée. Comme on peut le constater sur le graphique ci-dessous, cette série possède une forte composante saisonnière que l'on a cherché à éliminer à l'aide de la méthode de désaisonnalisation multiplicative X11-ARIMA disponible sur le logiciel Micro-TSP, mais sans corriger des jours ouvrés. La variable obtenue, PAUTCS, qui sera notre variable expliquée, présente néanmoins, sur la période allant de 1989 à 1992, de fortes fluctuations saisonnières qui sont préjudiciables à une bonne estimation; nous avons donc décidé de faire les régressions sur la période 1971.1-1988.4 seulement.



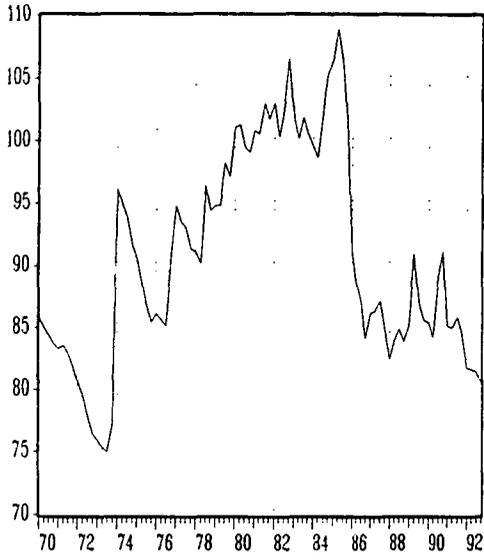
Parmi les variable explicatives, afin de diminuer le nombre déjà important de combinaisons, on ne retient que le produit intérieur brut marchand en valeurs trimestrielles, **PIBMT**, comme variable de revenu parce que c'est la variable qui apparaissait dans les modèles annuels. Cette série est fournie par l'INSEE uniquement sous sa forme désaisonnalisée, et sans correction des jours ouvrés.

**CARBJLT** est la série prix des carburants; elle est homogène à la série **PCARBJL** utilisée en modélisation annuelle.

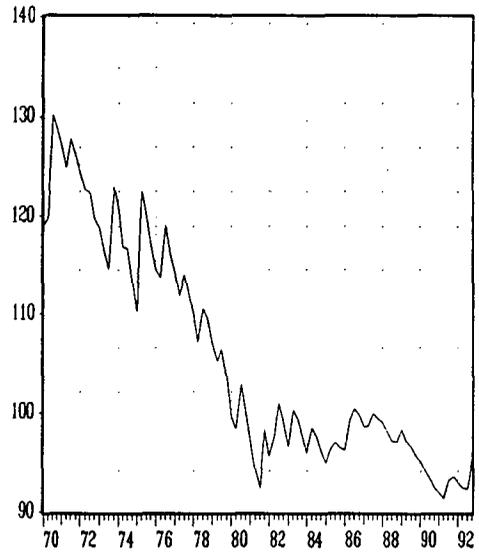
**PEAGJLT** est le pendant de la variable **PEAGEA** utilisée en annuel.

**PARCJLT** est homogène à la série **PARCJL** utilisée en modélisation annuelle. Elle représente la parc des véhicules de moins de 16 tonnes.

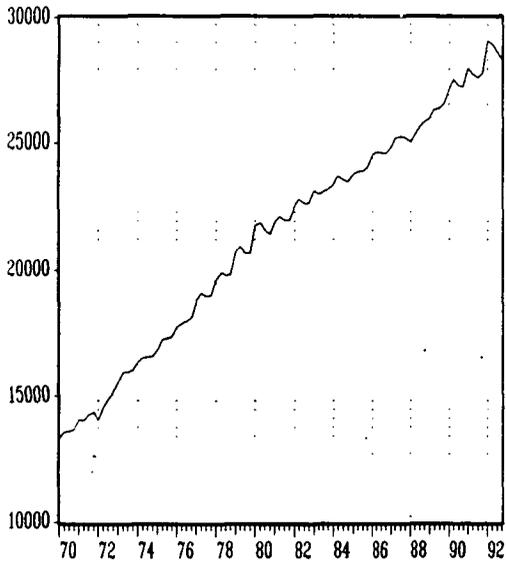
**AUTC** représente la longueur des autoroutes concédées sur lesquelles le parcours **PAUTCT** est comptabilisé: elle apparaît en marches d'escalier puisque les longueurs d'autoroutes sont celles qui étaient en service au premier janvier de l'année considérée.



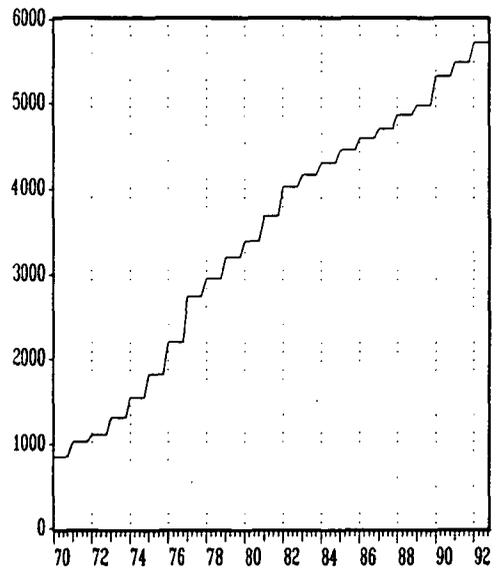
— CARBJLT



— PEAGJLT



— PARCJLT



— AUTC

## LES MODELES ADDITIFS

### I] Modèles à 3 effets:

- \* effet d'offre: AUTC, (-1), (-2), (-3)
- \* effet revenu: PIBMT
- \* effet prix: CARBJLT, (-1), (-2), et PEAGJLT, (-1), (-2)

Remarque: les retards sur les variables sont indiqués entre parenthèses.

PEAGJLT n'est jamais significative. Si on supprime cette variable, presque toutes les équations peuvent être retenues, mais la meilleure est celle dont les variables ne sont pas retardées:

1971.1-1988.4

$$\text{PAUTCS} = -73.827 + 0.2143\text{E-}3 \text{ PIBMT} - 0.1684 \text{ CARBJLT} + 4.450\text{E-}3 \text{ AUTC}$$

(8.2)
(10.2)
(-4.4)
(3.8)

$$R^2 = 0.989$$

$$\text{DW} = 1.30$$

$$\text{SE}/\text{Mean of dependent var} = 4.51\%$$

\* Avec variable retardée:

Là encore, PEAGJLT n'est pas significative. Si on la supprime, on retient l'équation suivante:

1971.1-1988.4

$$\text{PAUTCS} = -41.056 + 0.45031 \text{ PAUTCS}(-1) + 0.1233\text{E-}3 \text{ PIBMT} - 0.1074 \text{ CARBJLT}$$

(-3.2)
(4.2)
(4.2)
(-3.1)

$$+ 2.220\text{E-}3 \text{ AUTC}(-1)$$

(2.0)

$$R^2 = 0.991$$

$$\text{DW} = 2.18$$

$$\text{SE}/\text{Mean of dependent var} = 4.08\%$$

La modélisation trimestrielle permet ainsi de mettre en évidence le retard de l'incidence de l'ouverture d'un nouveau tronçon autoroutier.

On obtient aussi une bonne équation avec les variables PAUTCS(-2) et AUTC(-2) mais le retard de deux trimestres sur PAUTCS paraît plus difficile à interpréter. Enfin, la présence simultanée des variables retardées PAUTCS(-1) et PAUTCS(-2) les rend non significatives car elles sont trop corrélées entre elles.

I] Modèles à 4 effets:

- \* effet d'offre: AUTC, (-1), (-2), (-3)
- \* effet revenu: PIBMT
- \* effet prix: CARBJLT, (-1), (-2), et PEAGJLT, (-1), (-2)
- \* effet parc: PARCJLT, (-1)

Avec ou sans variable retardée, aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu car les variables sont rarement significatives.

## LES MODELES MULTIPLICATIFS

### I] Modèles à 3 effets:

- \* effet d'offre: LAUTC, (-1), (-2), (-3)
- \* effet revenu: LPIBMT
- \* effet prix: LCARBJLT, (-1), (-2), et LPEAGJLT, (-1), (-2)

Comme précédemment dans les modèles additifs, LPEAGJLT n'est jamais significative. Mais à l'inverse des modèles additifs, si on supprime cette variable, aucune équation ne peut être retenue car LCARBJLT n'est pas significative.

### I] Modèles à 4 effets:

- \* effet d'offre: LAUTC, (-1), (-2), (-3)
- \* effet revenu: LPIBMT
- \* effet prix: LCARBJLT, (-1), (-2), et LPEAGJLT, (-1), (-2)
- \* effet parc: LPARCJLT, (-1)

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu.

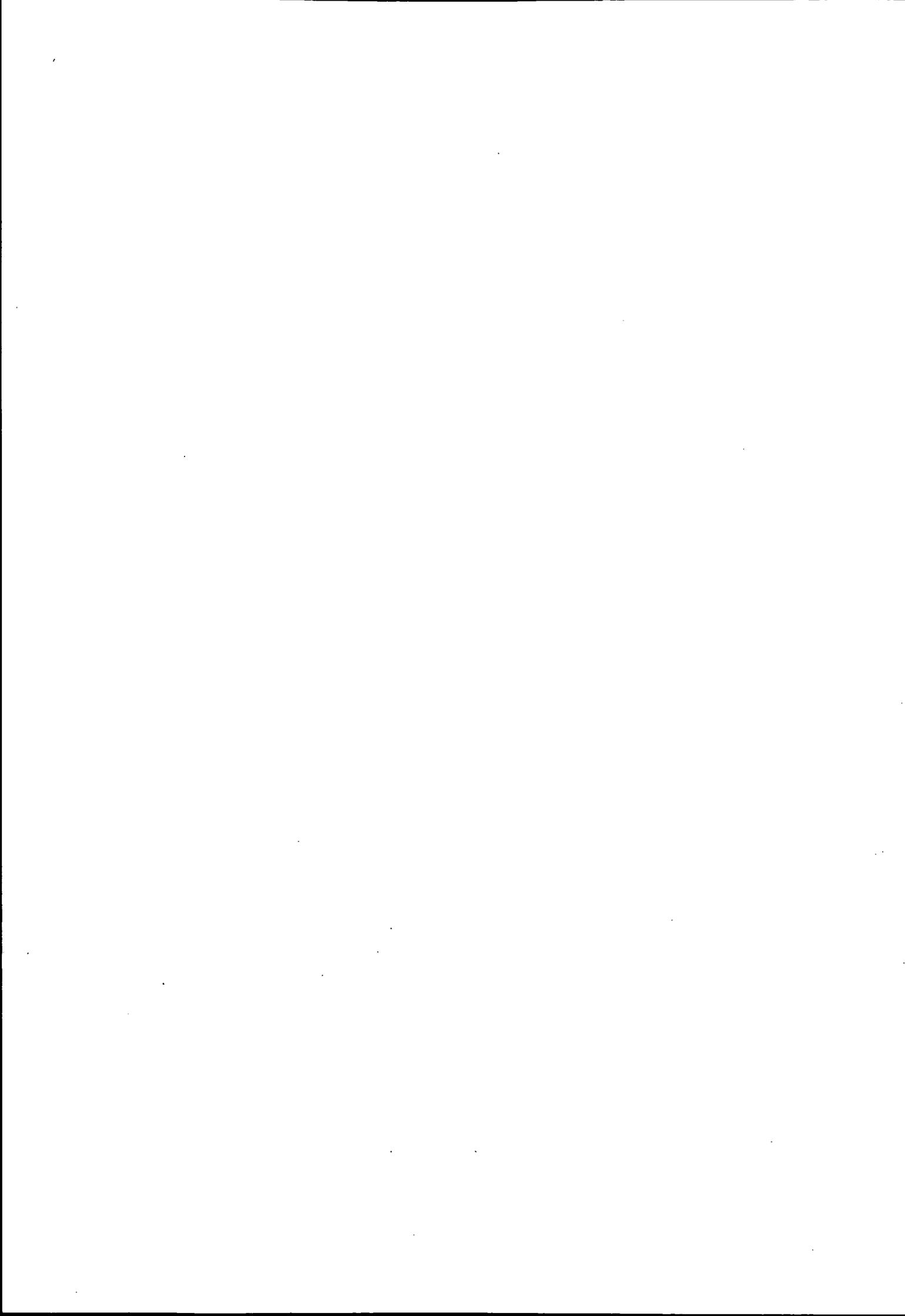
## LES MODELES EN TAUX DE CROISSANCE

Aucun modèle satisfaisant n'a pu être retenu: même les modèles les plus simples avec le produit intérieur brut, le prix des carburants et la longueur des autoroutes ne sont pas valides.

**ELASTICITES**

MODELES ADDITIFS

3 effets	PAUTCS(-1)	PIBMT	CARBJLT	AUTC	AUTC(-1)	1971.1-1988.4
	0,44	2,6	-0,33	0,29		1971.1-1988.4
		1,5	-0,21		0,14	1971.1-1988.4



## Conclusion:

La modélisation trimestrielle du trafic autoroutier s'avère décevante. Mais nous avons des pistes sinon des solutions à proposer pour des travaux ultérieurs.

Les données de parcours fournies par le SETRA que nous avons utilisées ici comptabilisent le trafic sur les autoroutes en service au premier janvier de l'année en cours, mais pas sur celles qui s'ouvrent pendant l'année: PAUTCT enregistre donc une augmentation artificielle entre le quatrième trimestre de l'année  $n$  et le premier trimestre de l'année  $n+1$ , qui n'est pas visible en raison de la forte saisonnalité de la série, mais qui est préjudiciable à la désaisonnalisation et qui nous contraint de plus à utiliser une variable longueur d'autoroutes AUTC en marches d'escalier. On pourrait pallier à ce problème en exploitant les fichiers mensuels SFCA (Sociétés Françaises Concessionnaires d'Autoroutes) qui précisent les dates de mise en service des derniers tronçons, et détaillent mois par mois les trafics réalisés. Par ailleurs, grâce à ces fichiers, on pourra aussi distinguer le trafic des voitures particulières du trafic des poids lourds et mettre en évidence la différence des logiques économiques qui les régissent.

La variable PEAGECU qui apparaît dans les modèles annuels n'a pas pu être testée dans les modèles trimestriels: la Direction des Routes, qui nous a fourni la recette totale annuelle des péages qui permet de construire PEAGECU, ne possède pas ces valeurs en données trimestrielles; il faudrait les recueillir directement auprès des sociétés d'autoroutes. Il est intéressant néanmoins de remarquer que la variable PEAGEA (dont l'expression trimestrielle est PEAGJLT) n'est pas significative, elle. PEAGEA est construite en utilisant une structure de réseau observée à l'année  $n$  pour pondérer les évolutions de prix entre les années  $n$  et  $n+1$  des différents péages: elle fait une analyse de prix en terme de secteur. A l'opposé, PEAGECU observe les prix du point de vue du consommateur puisqu'elle ressemble à un produit moyen: pour l'obtenir, on divise la recette des péages en francs constants par le nombre de véhicules-kilomètres parcourus. Elle intègre donc les changements structurels et correspond mieux au coût ressenti par l'usager. On retrouve cette considération avec l'utilisation de la variable prix des carburants PCARB qui tient compte de l'augmentation de la part du gazole.

Enfin, pour réduire la collinéarité entre les variables, une idée était de prendre en compte non plus la longueur brute des autoroutes mais aussi leur nombre de voies. Le service RCA de la Direction des Routes a pu nous fournir ces données, mais en fin de stage seulement, trop tardivement pour que nous puissions les exploiter. Cette remarque est d'ailleurs aussi valable pour la modélisation annuelle du trafic autoroutier où, comme on l'a constaté avec un peu d'étonnement, la longueur des autoroutes apparaît difficilement comme une variable significative.



## INDEX DES VARIABLES UTILISEES

### SERIES ANNUELLES

ADPDOMES	Trafic domestique français des aéroports de Paris en milliers de passagers. Source: brochure "Statistiques de trafic" ADP.
ADPEXT	Trafic international des aéroports de Paris en milliers de passagers. Source: brochure "Statistiques de trafic" ADP.
AINBLIGN	Nombre de lignes intérieures d'Air Inter, nc charters, yc lignes saisonnières. Source: service statistique d'Air Inter.
AIPKDO	Trafic domestique d'Air Inter en millions de passagers-kilomètres sur les lignes comptabilisées par AINBLIGN. Source: service statistique d'Air Inter.
AIPRODM	Produit moyen d'Air Inter relatif au trafic domestique comptabilisé par AIPKDO. Rapport du chiffre d'affaire brut en francs courants nc cartes d'abonnement au nombre de passagers-kilomètres. Source: service statistique d'Air Inter.
AIPRODMC	Produit moyen déflaté d'Air Inter relatif au trafic domestique. Source: $AIPRODM / CFMINDPX * 100$ .
ASKO	Nombre de sièges-kilomètres offerts par Air Inter sur les lignes intérieures comptabilisées par AINBLIGN, en milliers, nc charters, yc trafic saisonnier. Source: service statistique d'Air Inter.
CFM	Consommation finale des ménages en volume exprimée en MF, base 1980. Source: rapport sur les comptes de la nation 1992.
CFMHEAD	Consommation finale des ménages en volume par tête d'habitant en France, exprimée en MF, base 1980. Source: $CFM / POP$ .
CFMINDPX	Indice de prix de la consommation finale des ménages, base 100 en 1980. Source: rapport sur les comptes de la nation 1992.
IND80	Variable indicatrice valant 0 jusqu'en 1979 et 1 à partir de 1980.
LADPDO	$\ln (ADPDOMES)$
LAINBLIG	$\ln (AINBLIGN)$
LAIPMC	$\ln (AIPRODMC)$
LIGNETGV	Longueur des lignes parcourues par les TGV en fin d'année en km. Source: annuaire "Statistiques rétrospectives" de la SNCF.

LLIGNTGV	ln (LIGNETGV)
LPCAUTCD	ln (PCAUTCCD)
LSNELECV	ln (SNELECVY)
LSNPMC	ln (SNPRODMC)
LSNVKPC	ln (SNVKRPPC)
LTXS	ln (TXDOLLAR)
LVKTGVTO	ln (VKTGVTOT)
PARCJL	Parc français des véhicules de moins de 16 tonnes en milliers de véhicules. Source: valeurs des 4èmes trimestres de la série trimestrielle PARCJLT.
PARCTOT	Parc français tous véhicules confondus en milliers de véhicules, au 31 décembre de l'année considérée. Source: rapport S. Rambach, OEST (parcvp+parcvul+parcvu).
PARCVP	Parc français des voitures particulières, en milliers de véhicules, au 31 décembre de l'année considérée. Source: rapport S. Rambach, OEST.
PARTOT	Parcours de l'ensemble des véhicules sur le réseau national en 100 millions de véhicules-kilomètres. Source: brochure "Circulation-Accidents" du SETRA.
PBARIL	Prix du baril de pétrole acheté par la CEE, en dollars (caf). Source: CPDP.
PCARB	Prix relatif (déflaté par CFMINDPX, base 100 en 1980) du litre moyen de carburant consommé par les véhicules particuliers, pondéré par les consommations d'essence ordinaire, de super, de super sans plomb et de gazole. Source: prix de vente au détail, en francs par litre, dans l'agglomération parisienne, des quatre types de carburants; consommations des véhicules particuliers, commerciaux et taxis affichées dans la revue "Pétrole" du CPDP.
PCARBCU	Prix relatif (déflaté par CFMINDPX) de la quantité de carburant moyen nécessaire à un véhicule particulier pour parcourir un kilomètre. Source: voir PCARB; parcours des vp donné par le rapport S. Rambach, OEST.
PCARBJL	Indice de prix relatif du carburant moyen consommé par les véhicules légers pondéré des consommations d'essence et de gazole, base 100 en 1980. Source: indices des prix de l'essence et du gazole publiés dans le BMS de l'INSEE et pondérés en données mensuelles à l'INRETS.

PCAUTCCD	Parcours de l'ensemble des véhicules sur les autoroutes concédées exprimé en 100 millions de véhicules-kilomètres. Source: brochure "Circulation-Accidents" du SETRA.
PEAGEA	Indice de prix des péages autoroutiers des seuls véhicules légers, pondéré par les longueurs respectives d'autoroutes en service à l'année n-1, base 100 en 1980. Source: données mensuelles fournies par l'USAP (Union des Sociétés d'Autoroutes à Péages) à l'INRETS.
PEAGEC	Recette annuelle des péages d'autoroutes en KF constants, base 1980, déflatée par CFMINDPX.
PEAGECU	Prix relatif des péages d'autoroutes au véhicule-kilomètre, en centimes constants, base 1980. Source: PEAGEC / PCAUTCCD.
PIB	Produit intérieur brut français en volume exprimé en MF, base 1980. Source: rapport sur les comptes de la nation 1992.
PIBCEE	Produit intérieur brut de la CEE en volume exprimé en G\$ US, base 1985. Source: comptes nationaux de l'OCDE.
PIBHEAD	Produit intérieur brut français en volume par tête d'habitant en France, exprimé en MF, base 1980. Source: PIB / POP.
PIBM	Produit intérieur brut marchand français en volume exprimé en MF, base 1980. Source: rapport sur les comptes de la nation 1992.
PIBMHEAD	Produit intérieur brut marchand français en volume par tête d'habitant en France, exprimé en MF, base 1980. Source: PIBM / POP.
PIBOCDE	Produit intérieur brut de l'OCDE en volume exprimé en G\$ US, base 1985. Source: comptes nationaux de l'OCDE.
PIBUSA	Produit intérieur brut des Etats-Unis en volume exprimé en M\$ US, base 1985. Source: comptes nationaux de l'OCDE.
POP	Population totale résidente en France au 1er janvier en milliers d'habitants. Source: rapport sur les comptes de la nation 1992.
PXRATIO	Rapport du prix relatif du kilomètre parcouru en train par un voyageur sur le réseau principal de la SNCF au prix relatif de carburant moyen nécessaire pour parcourir un kilomètre avec une voiture particulière. Source: SNPRODMC / PCARBCU.
RESAUT	Longueur des autoroutes au 1er janvier, exprimée en km. Source: brochure "Circulation-Accidents" du SETRA.

RESAUTCD	Longueur des autoroutes concédées au 1er janvier, exprimée en km. Source: brochure "Circulation-Accidents" du SETRA.
SNELECVY	Longueur des lignes électrifiées exploitées en trafic voyageurs, exprimée en km, en fin d'année. Source: annuaire "Statistiques rétrospectives" de la SNCF.
SNPRODM	Produit moyen (recettes divisées par trafic) sur le réseau principal de la SNCF, au voyageur-kilomètre, en centimes courants nc TVA. Source: annuaire "Statistiques rétrospectives" de la SNCF.
SNPRODMC	Produit moyen (déflaté par CFMINDPX, base 1980) sur le réseau principal de la SNCF, au voyageur-kilomètre, en centimes constants nc TVA. Source: SNPRODM / CFMINDPX * 100.
SNVIT	Vitesse moyenne des rapides-express de la SNCF exprimée en km-h. Source: SNCF.
SNVITRP	Vitesse moyenne des trains de voyageurs sur le réseau principal de la SNCF, exprimée en km-h. Source: SNCF.
SNVKRP	Trafic sur le réseau principal de la SNCF en millions de voyageurs-kilomètres, corrigé des grèves de 1986-87 et réropolé sur la base de la nouvelle définition de la banlieue parisienne de 1991. Source: annuaire "Statistiques rétrospectives" de la SNCF.
SNVKRPPC	Trafic en 1ère classe sur le réseau principal de la SNCF en millions de voyageurs-kilomètres, corrigé des grèves de 1986-87 et réropolé sur la base de la nouvelle définition de la banlieue parisienne de 1991.
RATIOPX	Rapport du prix relatif du carburant moyen nécessaire pour parcourir un kilomètre avec une voiture particulière, au prix relatif du kilomètre parcouru en train par un voyageur sur le réseau principal de la SNCF. Source: PCARBCU / SNPRODMC.
TADPDO	ADPDOMES / ADPDOMES(-1) - 1
TREND80	Variable valant 0 de 1970 à 1979, puis 1 en 1980, 2 en 1981, etc.
TTX\$	TXDOLLAR / TXDOLLAR(-1) - 1
TXDOLLAR	Taux de change du franc par rapport au dollar américain. Source: "Statistiques rétrospectives de l'OCDE".
VKTGVTOT	Trafic sur les TGV exprimé en milliards de voyageurs-kilomètres. Source: annuaire "Statistiques rétrospectives" de la SNCF.

## SERIES TRIMESTRIELLES

AUTC	Longueur des autoroutes concédées au 1er janvier, exprimée en km; série homogène avec la série annuelle RESAUTCD. C'est le réseau sur lequel est estimé PAUTCT. Source: brochure "Circulation-Accidents" du SETRA.
CARBJLT	Indice de prix relatif du carburant moyen consommé par les véhicules légers pondéré des consommations d'essence et de gazole, base 100 en 1980. Source: indices des prix de l'essence et du gazole publiés dans le BMS de l'INSEE et pondérés en données mensuelles à l'INRETS.
CFMPXT	Indice de prix de la consommation finale des ménages, base 100 en 1980; série cvs. Source: comptes nationaux trimestriels 1992.
CFMT	Consommation finale des ménages en volume exprimée en MF, base 1980; série cvs. Source: comptes nationaux trimestriels 1992.
PARCJLT	Parc français des véhicules de moins de 16 tonnes en milliers de véhicules. Source: fichier des ventes de vignettes extrapolé par l'INRETS.
PAUTCS	Série PAUTCT désaisonnalisée par la méthode multiplicative de la procédure X11-ARIMA disponible sur le logiciel Micro-TSP.
PAUTCSA	Série PAUTCT désaisonnalisée par la méthode additive de la procédure X11-ARIMA disponible sur le logiciel Micro-TSP.
PAUTCT	Parcours de l'ensemble des véhicules sur les autoroutes concédées exprimé en 100 millions de véhicules-kilomètres; série homogène avec la série annuelle PCAUTCCD. Source: brochure "Circulation-Accidents" du SETRA.
PEAGJLT	Indice de prix des péages autoroutiers des seuls véhicules légers, pondéré par les longueurs respectives d'autoroutes en service à l'année n-1, base 100 en 1980. Source: données mensuelles fournies par l'USAP (Union des Sociétés d'Autoroutes à Péages) à l'INRETS.
PIBMT	Produit intérieur brut marchand français en volume exprimé en MF, base 1980; série cvs. Source: comptes nationaux trimestriels 1992.
PIBT	Produit intérieur brut français en volume exprimé en MF, base 1980; série cvs. Source: comptes nationaux trimestriels 1992.

