

UTILISATION DE MODELES ARIMA, AVEC VARIABLES EXTERNES, DANS LE SECTEUR DES TRANSPORTS

Ruth BERGEL

Chargée de mission

Observatoire Economique et Statistique des Transports
Paris - France

INTRODUCTION

Les difficultés rencontrées au début des années 1980, pour réaliser des prévisions d'activité annuelle à un horizon d'un à deux ans dans un contexte de croissance économique ralentie, nous amenaient à développer des modèles de suivi à plus court terme des indicateurs d'activité du secteur des transports, qui permettent d'extrapoler les tendances récentes à un horizon proche, sans hypothèse explicite relative à l'environnement économique.

Des modèles ARIMA[1] ont été utilisés à l'Observatoire Economique et Statistique des Transports(O.E.S.T.) pour simuler sur longue période, et pour projeter à très court terme les évolutions d'une dizaine d'indicateurs mensuels d'activité du secteur, relatifs aux transports de voyageurs et de marchandises, et à l'économie du secteur.

La publication trimestrielle, à partir de 1984, de prédictions à un horizon de six mois de ces indicateurs mensuels[2], et l'analyse systématique des écarts observés entre les dernières réalisations des indicateurs et la "situation de référence"(les prédictions réalisées le trimestre précédent) nous permettaient de cerner la nature et l'ampleur des perturbations qui affectent ces indicateurs d'activité.

On citera à titre d'exemples une grève importante à la SNCF ou une période de froid prolongé, qui gêneront le transport ferroviaire et routier, occasionnant des reports partiels de trafic vers un autre mode de transport ou sur des axes sur lesquels la circulation est facilitée, ou encore des conditions de circulation spécifiques: brouillard, enneigement, verglas, génératrices d'insécurité.

Des travaux de recherche ont été engagés en 1990, pour intégrer dans la modélisation des séries temporelles l'effet des chocs(les perturbations identifiées importantes), et de manière plus large pour prendre en compte toutes les variables externes qui affectent, de manière localisée dans le temps ou de manière permanente, l'évolution des indicateurs d'activité du secteur des transports[3].

Les résultats numériques présentés ici ont été obtenus avec Mandrake, un logiciel micro spécialisé dans l'expertise des modèles ARIMA, dont un module a été développé pour la modélisation avec variables externes, et avec SAS.

1. METHODOLOGIE GENERALE

Les modèles ARIMA sont utilisés pour simuler l'évolution de séries temporelles, que

l'on suppose stationnaires - ou que l'on peut stationnariser, moyennant un filtrage ou une transformation préliminaires. Ils sont particulièrement adaptés à la modélisation des séries périodiques - ou saisonnières, dont ils restituent les profils saisonniers. Enfin, ils fournissent des prédictions sans hypothèse sur l'environnement de la série modélisée, c'est-à-dire sans utiliser de variable exogène explicative ou supposée influencer sur son environnement à très court terme.

Les modèles ARIMA rendent compte de la dynamique propre à la série, par l'étude de ses autocorrélations, et de la dynamique des écarts observés entre les réalisations de la série et les estimations proposées par le modèle.

On tente plus précisément de modéliser les chocs que constituent certains écarts importants et identifiés. Les variables exogènes utilisées pour modéliser les chocs sont des "dummies" qui rendent compte de la présence d'un effet. On peut également utiliser des variables quantitatives, par exemple des variables météorologiques descriptives d'une situation climatique.

Parmi les différents types de chocs, les perturbations liées à la configuration du calendrier - calendrier des jours fériés, et calendrier scolaire, qui occasionne les déplacements les plus importants du fait des départs et des retours de congés - occupent une place d'importance. Cet "effet calendrier" constitue un biais permanent pour l'analyse de l'évolution des séries temporelles - les méthodes couramment utilisées permettent de prendre en compte le seul effet de cycle hebdomadaire, mais pas l'effet des jours fériés (ceux-ci diffèrent suivant les pays, et des hypothèses relatives à la manière dont la série est affectée au voisinage du jour férié sont nécessaires), ni a fortiori l'effet du calendrier scolaire. Par ailleurs, l'effet calendrier peut être simulé pour la prévision à court terme.

Les deux exemples traités ci-après portent d'une part sur les transports de marchandises, qui subissent l'effet du calendrier des jours fériés, avec quelques chocs isolés occasionnés par une grève à la SNCF ou par des périodes de froid prolongé pour le transport routier, et d'autre part sur les transports de voyageurs à travers la circulation des véhicules sur le réseau national, qui dépend plus directement des conditions météorologiques, et qui subit l'effet du calendrier des jours fériés et du calendrier scolaire.

2. LES TRANSPORTS FERROVIAIRE ET ROUTIER DE MARCHANDISES

On dispose de statistiques mensuelles de trafic routier, réalisé par les véhicules français de plus de 3 tonnes de charge utile, et de trafic de fret SNCF (le rail et la route se répartissent l'essentiel des trafics terrestres de marchandises, soit 29% et 67% des trafics terrestres en 1991, 4% des trafics allant à la voie d'eau), homogènes sur longue période. Des modèles d'évolution mensuelle ont été établis sur quinze ans, de janvier 1975 à décembre 1989, pour ces deux indicateurs, afin de dégager comparativement les caractéristiques propres à chacun des deux modes.

2.1. Méthodologie

On modélise les effets de la grève de décembre 1986-janvier 1987 (d'une durée de quatre semaines, réparties sur les deux mois) pour le ferroviaire, des effets de cette grève et de périodes de froid prolongé pour le routier, avec des variables d'intervention. L'effet du calendrier sur les deux indicateurs de trafic est modélisé sur la base d'hypothèses journalières formulées par la SNCF, qui consistent à distinguer six classes de jour dans l'année. L'examen des statistiques hebdomadaires de trafic ferroviaire (les statistiques journalières ne sont pas disponibles) confirme l'effet déterminant des jours fériés, plus important en moyenne que celui d'une grève ordinaire.

Les six types de jour sont, d'une part trois jours de semaine: le jour ouvrable (du lundi au vendredi), le samedi et le dimanche, et d'autre part trois jours fériés ou dont on peut penser qu'ils sont affectés par la proximité d'un jour férié, à savoir: le jour férié de semaine, le samedi férié, et le jour pont (qui est un lundi ou un vendredi, lorsque le jour férié est un mardi ou un jeudi).

L'effet du calendrier est traduit par six paramètres relatifs aux variables types de jour, qui mesurent l'effet additionnel moyen d'un des six types de jour sur le trafic mensuel (cf. tableau 1). Sous une hypothèse de stabilité de structure, ces effets journaliers peuvent être intégrés à un modèle mensuel. Les poids journaliers représentent l'effet additionnel d'un jour particulier, par rapport à l'effet additionnel d'un jour ordinaire. La somme sur un mois de ces poids journaliers caractérise l'effet global des jours du mois.

2.2. Résultats

A titre d'exemple, le modèle retenu pour le trafic ferroviaire de marchandises est le suivant:

$$(I-B)(I-B12)(I+0,45B+0,42B2)(Y_t-Z_t) = (I-0,52B12)W_t,$$

$\sigma_w = 0,2$, $Y_{moy} = 4,9$, à partir de 180 observations (janvier 1975 à décembre 1989),

avec Y_t la série mensuelle du trafic, mesurée en milliards de tonnes-kilomètres,

$Z_t = (-0,93-0,91B+0,33B2)Grève_{déc86-jan87} +0,17SA +0,12DI +0,17FE +0,11SF +0,22PO +0,26N$,

W_t un bruit blanc résiduel,

B l'opérateur retard,

SA le nombre de samedis du mois,

DI le nombre de dimanches du mois,

FE le nombre de jours fériés du mois,

SF le nombre de samedis fériés du mois,

et PO le nombre de jours pont (lundi ou vendredi) du mois,

et N le nombre des autres jours du mois.

La perte de trafic due à la grève est estimée à 0,9 milliard de tonnes-km pour chacun des deux mois de décembre et janvier, et suivie d'un report partiel de trafic estimé à 0,3 milliard de tonnes-km en février.

Tableau 1

<i>Effets et poids Journaliers</i>	<i>Transport ferroviaire</i>		<i>Transport routier</i>	
	<i>effet</i>	<i>poids</i>	<i>effet</i>	<i>poids</i>
jour de semaine	0,26	1	0,62	1
samedi	0,17	0,65	0,54	0,86
dimanche	0,12	0,45	0,52	0,84
jour férié de semaine	0,17	0,66	0,44	0,71
samedi férié	0,11	0,42	0,49	0,80
jour pont(lundi ou vendredi)	0,22	0,85	0,51	0,83

Unité: milliard de tonnes-kilomètres.

Source: S.N.C.F. et O.E.S.T. (enquête du transport routier de marchandises).

Les estimations des poids journaliers du transport ferroviaire sont cohérentes avec les ordres de grandeur proposés par la SNCF, bien que plus élevées. Les estimations des poids journaliers du transport routier sont encore plus élevées. On remarquera que les transports routiers effectués sur plusieurs jours peuvent être enregistrés au moment du départ, par exemple un dimanche soir (les interdictions de circuler valent jusqu'à 22 heures).

3. LA CIRCULATION ROUTIERE SUR LE RESEAU NATIONAL

La circulation routière est saisie à partir de comptages des parcours effectués sur le réseau national (routes et autoroutes) tous véhicules confondus, toutefois les voitures particulières y occupent la plus large part - 70% environ, d'après le recensement 1990 du Service d'Etudes Techniques des Routes et Autoroutes (S.E.T.R.A.). On observe de ce fait une saisonnalité marquée - on circule, en moyenne, plus à partir de Pâques et jusqu'à la Toussaint, avec un niveau record en juillet et en août - propre au transport de voyageurs, qui s'explique à la fois par les variations climatiques à l'intérieur de l'année et par la configuration du calendrier. On dispose ici de statistiques journalières fiables, à partir de janvier 1985, sur routes nationales et sur autoroutes concédées, de sorte qu'une modélisation en rythme journalier a pu être réalisée sur six ans.

Deux approches ont été menées: d'une part une modélisation des séries journalières de parcours effectués sur routes nationales et sur autoroutes concédées (soit 54% et 29% des parcours effectués sur l'ensemble du réseau en 1990), de janvier 1985 à décembre 1990, et d'autre part une modélisation directe des parcours mensuels effectués sur routes nationales, sur autoroutes concédées, et sur l'ensemble du réseau, sur plus longue période, de 1972 à 1990.

3.1. La modélisation journalière(*)([4],[5])

3.1.1. Méthodologie

Une première étape, mise en œuvre par régression linéaire avec stepwise (backward par exemple) consiste à quantifier l'influence du climat, mesuré en six stations représentatives de régions homogènes sur le plan climatique, sur les parcours journaliers. L'influence du climat a été quantifiée par saison (4 saisons ont été retenues: mars-avril-mai pour le printemps, etc...), de sorte qu'à une moyenne saisonnière près, les résidus des régressions constituent des séries de parcours corrigées de l'effet météorologique.

Une deuxième étape, mise en œuvre avec des modèles ARIMA comportant des variables calendaires exogènes, consiste à quantifier l'influence de la configuration du calendrier sur les parcours corrigés de l'influence du climat.

Le modèle permet une décomposition additive des séries journalières en plusieurs composantes: effet météorologique, effet calendaire, effet de tendance et résidu. Une décomposition mensuelle correspondante peut être obtenue par agrégation des composantes journalières.

3.1.2. Une modélisation fine de l'influence du calendrier

L'examen des séries journalières de parcours (cf. graphique 1) met en évidence des effets calendaires de plusieurs natures: des changements de niveau pendant les vacances scolaires, des variations brusques dues à des départs et des retours de congés, ou à la proximité d'un jour férié (effet calendaire exceptionnel), et des variations régulières à l'intérieur de la semaine (effet calendaire hebdomadaire).

Les variables calendaires utilisées pour estimer l'effet calendaire exceptionnel sont des dummies qui indiquent la présence d'une période de vacances scolaires, d'un jour de départ ou de retour de congés, ou la proximité d'un jour férié. Des hypothèses sur le nombre de jours affectés par la proximité d'un jour férié ont été retenues: 4 à 6 jours au voisinage du jour férié selon les cas. Ces hypothèses dépendent de la position du jour férié (cinq cas possibles en semaine), avec deux exceptions pour Pâques et la Pentecôte d'une part, pour l'Ascension d'autre part, qui se situent chaque année le même jour de semaine, et qu'on peut donc isoler pour affiner l'interprétation des coefficients calendaires.

L'estimation de l'effet calendaire exceptionnel a ensuite été réalisée séparément pour chaque indicateur de parcours, à partir du modèle général suivant:

$(I-B)(I-aB)(Y_t - \sum a_i X_{it}) = (I-bB)(I-cB)W_t$, à partir de 2191 observations journalières (janvier 1985 à décembre 1990),

Y_t la valeur de la série des parcours corrigée de l'effet météorologique en t ,

X_{it} une variable calendaire, en t , et a_i son coefficient,

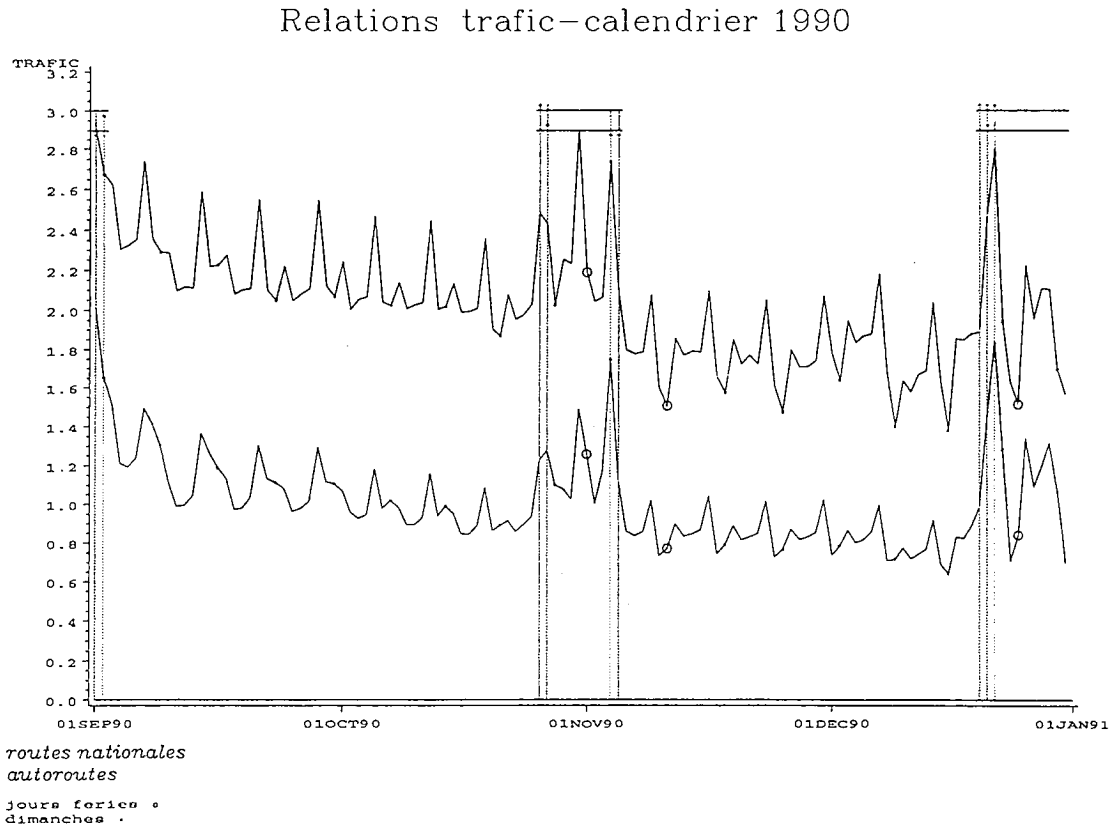
$\sum a_i X_{it}$ la somme des effets calendaires instantanés en t ,

$Y_t - \sum a_i X_{it}$ la série corrigée des effets calendaires instantanés en t ,

et W_t un bruit blanc non corrélé avec le passé de la série précédente.

Les coefficients calendaires a_i estimés par ce modèle sont très significatifs, sauf pour les quelques-uns qu'on peut considérer comme nuls; ils sont détaillés ci-après (cf. tableau 2).

Graphique 1



Source: Modélisation ARIMA d'une dizaine d'indicateurs d'insécurité routière. Rapport du Centre d'Etudes sur la Modélisation et les Statistiques. Paris: O.E.S.T., 1992.

Tableau 2

<i>Coefficients calendaires</i>		<i>Routes nationales</i>	<i>Autoroutes concédées</i>
Changements de niveau:			
Grandes vacances		0,05	0,06
Petites vacances		0,15	0,16
Noël		-0,55	-0,35
Départs et retours de:			
printemps		0,15	0,10
été		0,28	0,21
Noël		0,22	0,22
automne		0,24	0,14
hiver		0,38	0,35
Jours fériés:			
Pâques et Pentecôte	ve	0,44	0,35
	sa	0,61	0,37
	di	-0,20	-0,09
	lu	0,45	0,37
	ma	0,37	0,25
Ascension	me	0,62	0,40
	je	0,19	0,27
	ve	-0,27	-0,22
	sa	-0,17	-0,15
	di	0,55	0,36
lundi férié	ve	0,27	0,12
	sa	0,45	0,26
	di	-0,23	-0,20
	lu	0,27	0,28
	ma	0,27	0,24
mardi férié	ve	0,17	0,16
	sa	0,50	0,33
	di	0,00	0,02
	lu	-0,14	-0,13
	ma	0,26	0,27
me	0,33	0,29	
mercredi férié	ma	0,20	0,07
	me	-0,11	0,01
	je	0,01	-0,05
	ve	-0,12	-0,09
jeudi férié	me	0,48	0,27
	je	-0,03	0,06
	ve	-0,17	-0,06
	sa	0,12	0,17
	di	0,51	0,33
vendredi férié	je	0,53	0,29
	ve	-0,27	-0,08
	sa	-0,07	0,07
	di	0,50	0,33
	lu	0,19	0,12

Unité: 100 millions de véhicules-kilomètres.

Source: O.E.S.T, données S.E.T.R.A.

On dispose ainsi des "profils d'impact" du calendrier scolaire, et du calendrier des jours fériés, sur le trafic journalier.

3.1.3. La décomposition des effets

La décomposition journalière des effets est obtenue en séparant, sur les séries des parcours corrigées de l'effet météorologique et de l'effet calendaire exceptionnel défini précédemment, l'effet calendaire hebdomadaire et la tendance. On aboutit à une décomposition additive des séries journalières en plusieurs composantes: effet météorologique, effet calendaire(exceptionnel et hebdomadaire), effet de tendance et résidu.

Une décomposition mensuelle des effets peut également être obtenue par agrégation mensuelle des effets journaliers sur les six ans. Par contre, un effet parasite, du au nombre inégal de jours du mois, apparait; l'effet hebdomadaire est moins régulier; la tendance sur les séries journalières prend en compte des phénomènes sur longue période(au moins deux semaines), ce qui par agrégation ne correspond pas nécessairement à une tendance sur les mois.

3.2. La modélisation mensuelle

3.2.1. Méthodologie

Une modélisation des séries mensuelles de parcours effectués sur routes nationales, sur autoroutes concédées et sur l'ensemble du réseau, est réalisée sur plus longue période, avec des modèles ARIMA intégrant des variables exogènes mensuelles descriptives des conditions climatiques et de la configuration du calendrier[6].

L'influence du climat est ici saisie à partir d'une dizaine de variables météorologiques journalières, descriptives de la situation climatique en une centaine de stations réparties sur le territoire national, moyennées sur l'ensemble du territoire et sur le mois.

L'influence du calendrier est saisie à partir de dummies mensuelles représentant le nombre de jours du mois affectés par la proximité d'un jour férié(regroupés en trois classes de jour suivant l'intensité de l'effet sur le trafic: effet négatif faible, effet positif faible, effet positif important), le nombre de jours du mois affectés par le calendrier scolaire(regroupés en cinq classes de jour, relatifs aux vacances d'automne, de Noël, d'hiver, de Pâques, et d'été), enfin à partir de dummies mensuelles représentant les périodes de congé(deux variables mensuelles pour les vacances d'été et les autres vacances).

3.2.2. Les résultats

Les variables météorologiques explicatives des parcours effectués sont la température(température maximale le jour), l'occurrence(présence/absence) de neige et l'occurrence de pluie. On observe une relation positive à la température - on circule plus quand il fait chaud - sur routes et autoroutes, une relation négative à la neige sur l'ensemble du réseau et sur routes nationales(les chutes de neige gênent la circulation sur routes

nationales), et positive, mais peu significative, sur autoroutes(du fait de reports partiels de trafic venant des routes nationales), enfin une relation négative à la pluie sur autoroutes.

En rythme mensuel, de nombreux effets journaliers sont atténués. C'est le cas par exemple pour les jours fériés à date fixe: Noël aura lieu un mardi une année, un mercredi l'année suivante, mais ce glissement aura un effet très limité sur le parcours du mois de décembre; ce sont en revanche les effets des fêtes à date mobile(Pâques, l'Ascension et la Pentecôte) qui changent de mois suivant les années, et les effets des départs et des retours de vacances d'hiver, de Pâques et d'été(dont les périodes se décalent suivant les années) qui restent significatifs.

Les variables calendaires mensuelles explicatives des parcours sont le nombre de jours du mois affectés, de manière positive et importante, par le calendrier des jours fériés, le nombre de jours du mois affectés par les départs et retours de vacances d'hiver, de Pâques et d'été, soit quatre variables calendaires mensuelles au total. Les coefficients calendaires mesurent l'effet additionnel moyen de ces types de jours sur le trafic mensuel.

A titre d'exemple, le modèle utilisé sur routes nationales sur une période de huit ans(les résultats sont meilleurs sur courte période que sur la période entière), est le suivant:

$$(I-B)(I-B12)(Y_t - Z_t) = (I-0,72B)(I-0,21B12)W_t$$

$\sigma_w = 1,1$, $Y_{moy} = 58$, à partir de 96 observations(janvier 1983 à décembre 1990),

Y_t la série des parcours mensuels effectués sur routes nationales, mesurée en centaines de millions de véhicules-kilomètres,

$$Z_t = 0,037TMAX - 0,1724NNEIGE + 1,59DHIV + 1,45DPRIN + 0,85DETE + 0,99X3 + 0,62N,$$

W_t un bruit blanc résiduel,

TMAX la température maximale journalière, moyennée sur le territoire et sur le mois,

NNEIGE l'occurrence de neige journalière, moyennée sur le territoire et sur le mois,

DHIV le nombre de jours de départs et retours de vacances d'hiver dans le mois,

DPRIN le nombre de jours de départs et retours de vacances de pâques dans le mois,

DETE le nombre de jours de départs et de retours de congés d'été dans le mois,

X3 le nombre de jours du mois affectés, de manière positive et importante, par la proximité d'un jour férié,

et N le nombre des autres jours du mois.

On peut d'abord estimer, indépendamment, l'effet météorologique puis l'effet calendaire, sans tenir compte du fait que les deux effets ne sont pas toujours indépendants.

Les modèles font ainsi apparaître sur routes nationales des chutes de trafic de 6 à 7% par mois au cours des hivers rigoureux de 1985 à 1987, et à l'opposé des suppléments de trafic de 4 à 6% au cours des hivers doux de 1988 et 1989.

Pour l'effet calendaire, le supplément de déplacements au voisinage d'un jour férié peut atteindre 3% du trafic mensuel sur routes nationales et 4% sur autoroutes concédées (ce maximum est observé pour Pâques et la Pentecôte), concentrés sur deux voire sur trois jours; le supplément de déplacements occasionnés par les départs et retours de congés est beaucoup plus important(de l'ordre de 10% du trafic d'un mois pour les vacances de Pâques

par exemple), et s'étale sur plusieurs jours; mais ce supplément mensuel ne variera sensiblement d'une année à l'autre que si les jours de départs et de retours de congés se décalent d'un mois à l'autre, ce qui est plus fréquent pour les vacances d'hiver et de Pâques que pour les vacances d'été. L'effet calendaire se concentre donc sur les mois de février à septembre. Il est au plus fort en mars et avril (la fête et les vacances de Pâques peuvent être décalés), en mai et en juin (jours fériés à date mobile).

On dispose de plus d'un effet global météorologie-calendrier, les deux effets sont alors estimés simultanément. Cette hypothèse de non-indépendance des effets est plus conforme à la réalité, mais elle rend l'interprétation des résultats plus délicate, puisque les deux effets sont alors mélangés.

Les graphiques 2 et 3 fournissent pour 1989 et 1990 des estimations des séries mensuelles de parcours, sur routes nationales et sur autoroutes concédées, issues de modèles sans variable externe (estimations modèle ARMA) et de modèles avec variables météorologiques et calendaires (estimations modèle ARMAX). Les profils des estimations issues des modèles avec variables externes se rapprochent très sensiblement des profils des données brutes. Pour l'année 1990, la circulation a été ralentie à l'été et en fin d'année (le trafic a été en particulier perturbé en décembre par des chutes de neige d'une ampleur exceptionnelle). Sur l'ensemble de l'année 1990, la croissance de la circulation sur l'ensemble du réseau national serait de 4,4% en données corrigées des effets météorologique et calendaire, alors qu'elle est de 3,9% en données brutes. Ce redressement provient du réseau des routes nationales, pour lequel la croissance serait de 2,1% en données corrigées, alors qu'elle est de 1,6% en données brutes. Ces différentiels de croissance apparaissent relativement importants, à un moment où le rythme de croissance de la circulation routière est sensiblement affecté par le ralentissement de l'activité économique induit par la crise du Golfe.

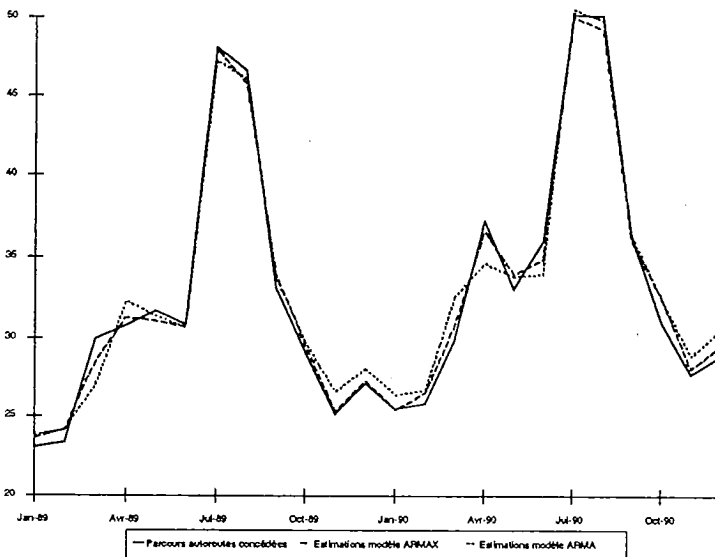
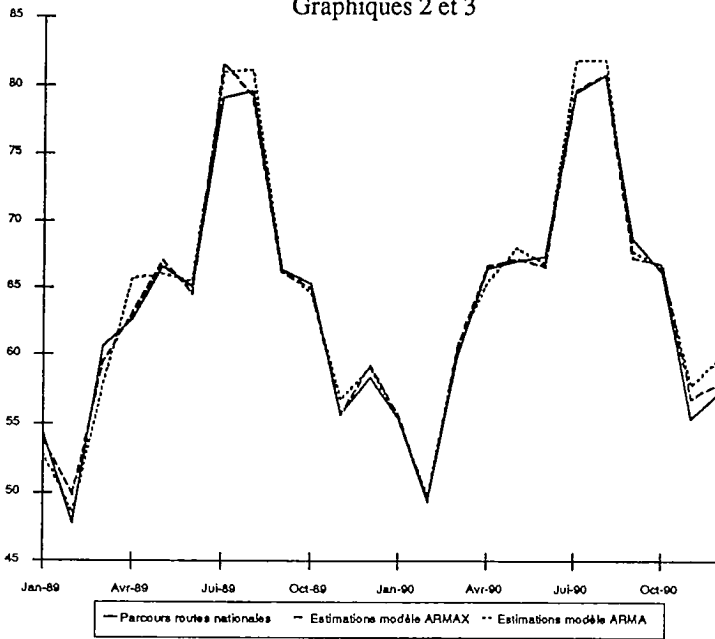
4. Conclusions et développements

Les résultats sont d'abord d'ordre méthodologique: modèles améliorés, en pouvoir explicatif et en qualité d'ajustement. La variance résiduelle est très fortement réduite - de 0,056 à 0,041 pour le modèle du trafic ferroviaire de marchandises, et de 3,1 à 1,3 pour le modèle de la circulation routière sur routes nationales - quand on utilise un modèle avec variables externes.

On dispose de la relation entre les variables exogènes et la série modélisée, qu'il s'agisse d'une variable d'intervention, d'une variable calendaire ou encore d'une variable météorologique. La relation peut être difficile à interpréter, comme l'influence du climat sur la circulation routière à partir d'un modèle mensuel: on connaît par exemple l'effet d'un degré supplémentaire de la température journalière maximale, moyennée sur le territoire et sur le mois, mais cette variation recouvre des évolutions locales différentes.

On dispose de l'effet global des variables externes, mesuré journalièrement ou mensuellement sur la période étudiée. On peut mesurer séparément les effets de certains

Graphiques 2 et 3



Unité: 100 millions de véhicules-kilomètres.

Source: O.E.S.T., données S.E.T.R.A.

groupes de variables, en supposant ces effets indépendants.

Les modèles intégrant seulement des variables calendaires sont utilisables pour la prévision à court terme. C'est le cas des transports de marchandises, pour lesquels les effets des conditions météorologiques sont localisés dans le temps.

Les modèles avec variables météorologiques et calendaires, plus adaptés aux transports de voyageurs, constituent des modèles de suivi, et sont actuellement utilisés pour analyser les évolutions à court terme d'indicateurs de circulation et de sécurité routières. Ces modèles doivent permettre de corriger ces indicateurs des variations brusques occasionnées par le climat et la configuration du calendrier, et d'établir dans une perspective de long terme des modèles économétriques, mensuels ou trimestriels, sur les indicateurs corrigés de ces à-coups locaux.

Les développements en cours consistent à tester l'hypothèse de stabilité de structure, nécessaire à la validité de la notion de poids journalier, à prendre en compte dans les modèles mensuels l'effet de cycle hebdomadaire, variable à l'intérieur de l'année pour la circulation routière, et à développer des modèles sur données hebdomadaires.

(*) Cette méthode de décomposition journalière des effets est utilisée pour la modélisation des nombres d'accidents corporels et de victimes de la circulation routière([4],[5]).

REFERENCES

[1] Peter J. Brockwell, et Richard A. Davis. Time Series: Theory and Methods. Springer Verlag, 1986.

[2] Bergel Ruth, Girault Maurice, Selosse Pierre, Villette Jean. Les prévisions d'activité du secteur des transports. Paris: O.E.S.T., 1991.

[3] Azencott Robert, Girard Bernard, Girard Yvonne. Modélisation d'effets identifiés affectant les indicateurs du secteur des transports. Rapport du Centre d'Etudes sur la Modélisation et les Statistiques. Paris, O.E.S.T., 1990.

[4] Azencott Robert, Girard Bernard, Letrémy Patrick, Roy Elisabeth. Constitution d'indicateurs météorologiques locaux adaptés à l'insécurité routière. Rapport du C.E.M.S. Paris, O.E.S.T., 1991.

[5] Azencott Robert, Girard Bernard, Letrémy Patrick, Roy Elisabeth. Modélisation ARIMA d'une dizaine d'indicateurs d'insécurité routière. Rapport du C.E.M.S. Paris, O.E.S.T., 1992.

[6] Mignot Véronique. Modélisation de séries mensuelles de circulation routière. Rapport de stage. Paris: O.E.S.T., 1992.