

**OBSERVATOIRE  
ECONOMIQUE ET STATISTIQUE  
DES TRANSPORTS**

Observatoire Economique  
et Statistique des Transports

DOCUMENTATION

Réf. n°

4435

LE PARTAGE MODAL DES VOYAGEURS  
SUR L'AXE LYON-MARSEILLE

Mme MULLER

M. AYOUN

Observatoire Economique  
et Statistique des Transports

DOCUMENTATION

Réf. n°

4435.

## LE PARTAGE MODAL DES VOYAGEURS SUR L'AXE LYON-MARSEILLE

Dans le cadre de l'étude de l'axe Lyon-Marseille plusieurs fichiers d'enquêtes voyageurs ont été rassemblés par le S.A.E.P. afin d'analyser la situation actuelle dans la Vallée du Rhône. La possession sur un axe géographique de données concernant à la fois le trafic routier, ferroviaire et aérien constitue une importante source de renseignements. Tout d'abord cela permet une description des flux de voyageurs actuels, description qui figure dans la première partie de cette note. Mais ces données ont servi également de base à une réflexion sur les reports intermodaux.

La deuxième partie de la note présente un rapprochement systématique de l'offre de transport et de la demande tous modes. Dans la troisième partie sont exposées les méthodes d'évaluation retenues pour l'étude Lyon-Marseille.

### 1 - DESCRIPTION DES FLUX DE VOYAGEURS ACTUELS

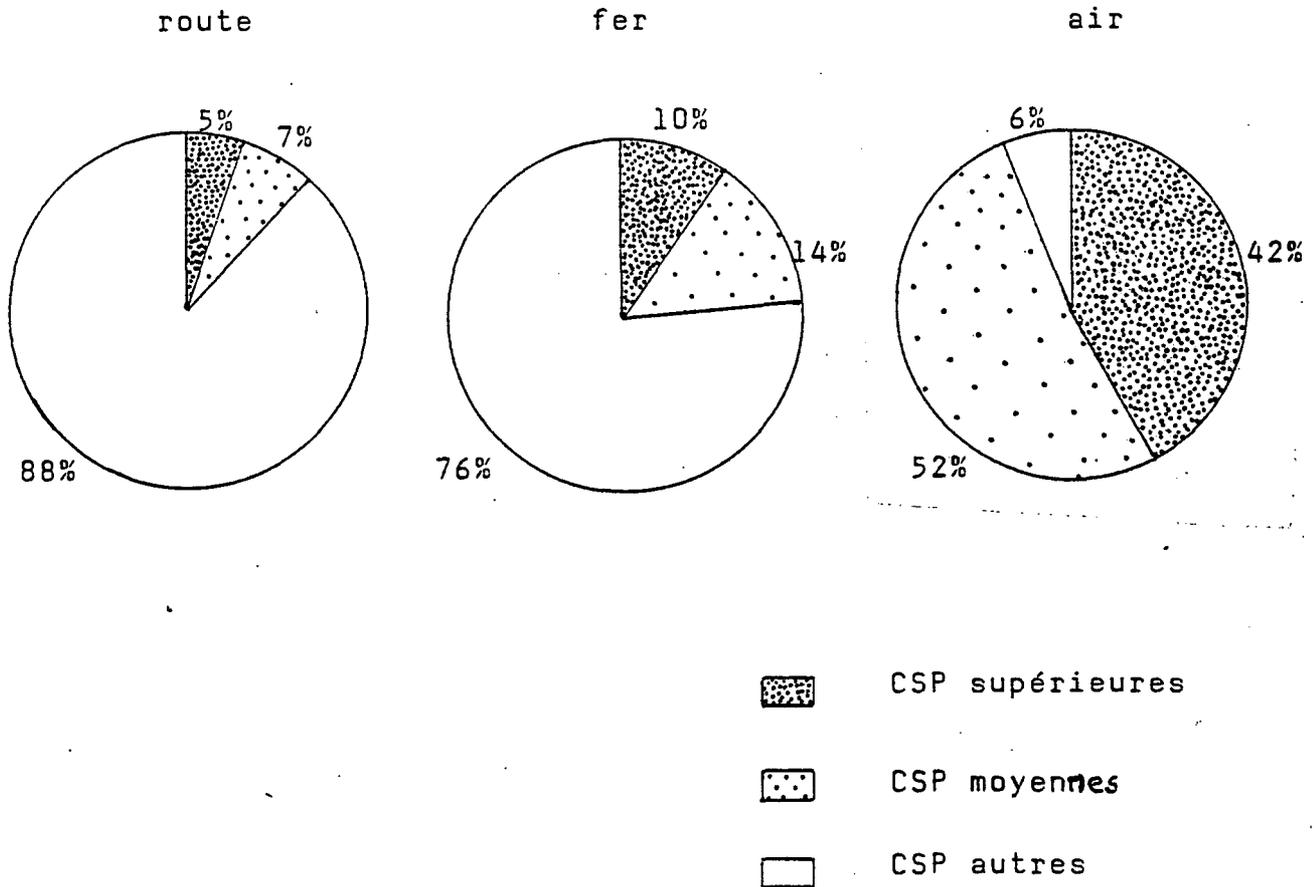
#### 1 -1- Analyse globale

Les fichiers fer, air, route donnent une photographie de la situation actuelle (1982) dans la Vallée du Rhône pour une période hors vacances d'été. Plus de 50 000 voyageurs ont été enquêtés sur la route, 10 000 sur l'air et 25 000 sur le fer. Le regroupement de tous les déplacements par mode permet une comparaison de la structure de la clientèle de chacun de ces modes.

Les principales caractéristiques disponibles sont la catégorie socio-professionnelle des usagers, la durée du déplacement et le motif du déplacement.

Des regroupements ont été effectués pour que soient possibles des comparaisons entre mode.

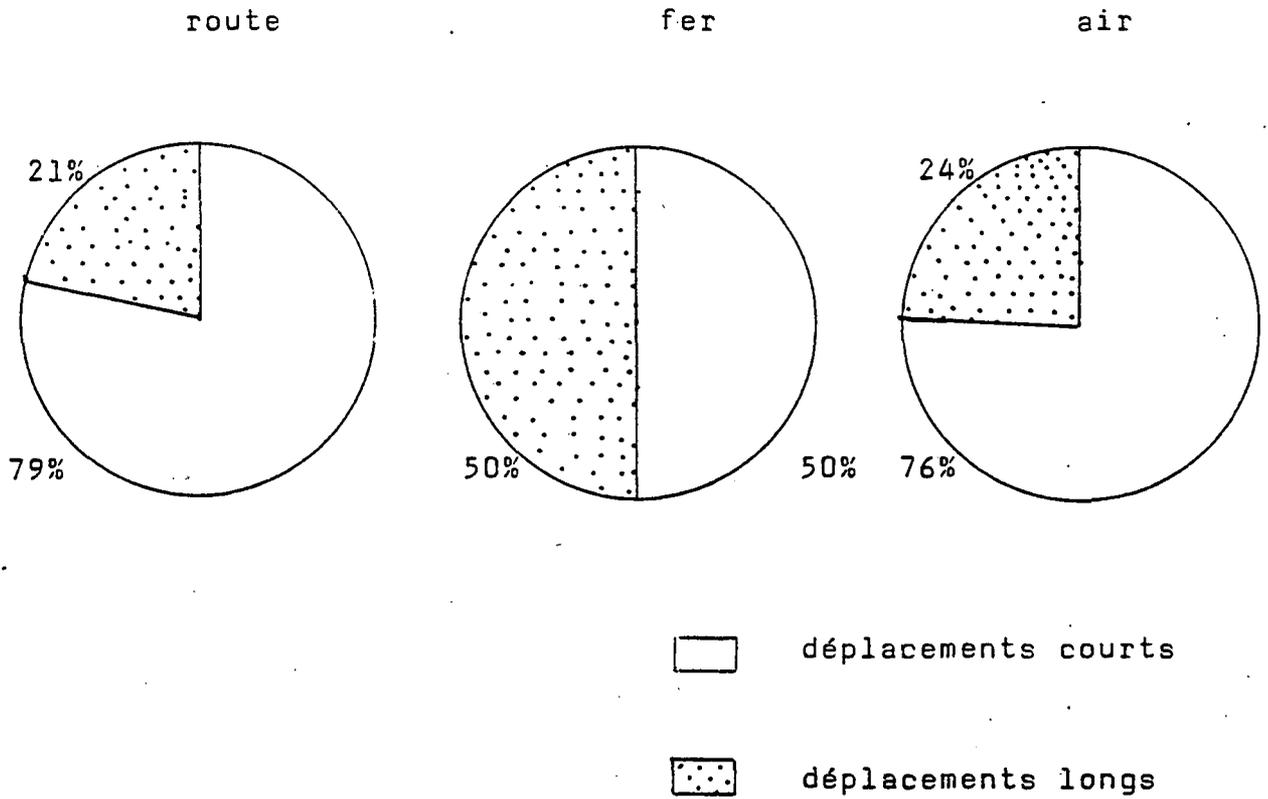
## 1 -1-1- Catégories socio-professionnelles



Les catégories socio-professionnelles ont été regroupées en trois ensembles : les C.S.P. supérieures (professions libérales, industriels, cadre supérieurs), les C.S.P. moyennes (cadres moyens commerçants artisans, et les C.S.P. autres qui en fait regroupent aussi bien les ouvriers, les employés que les étudiants et les retraités.

On s'aperçoit que ce regroupement constitue l'essentiel des usagers de la route ainsi que du fer. En revanche, sur l'air c'est la "C.S.P. moyenne" qui fournit la majorité des passagers.

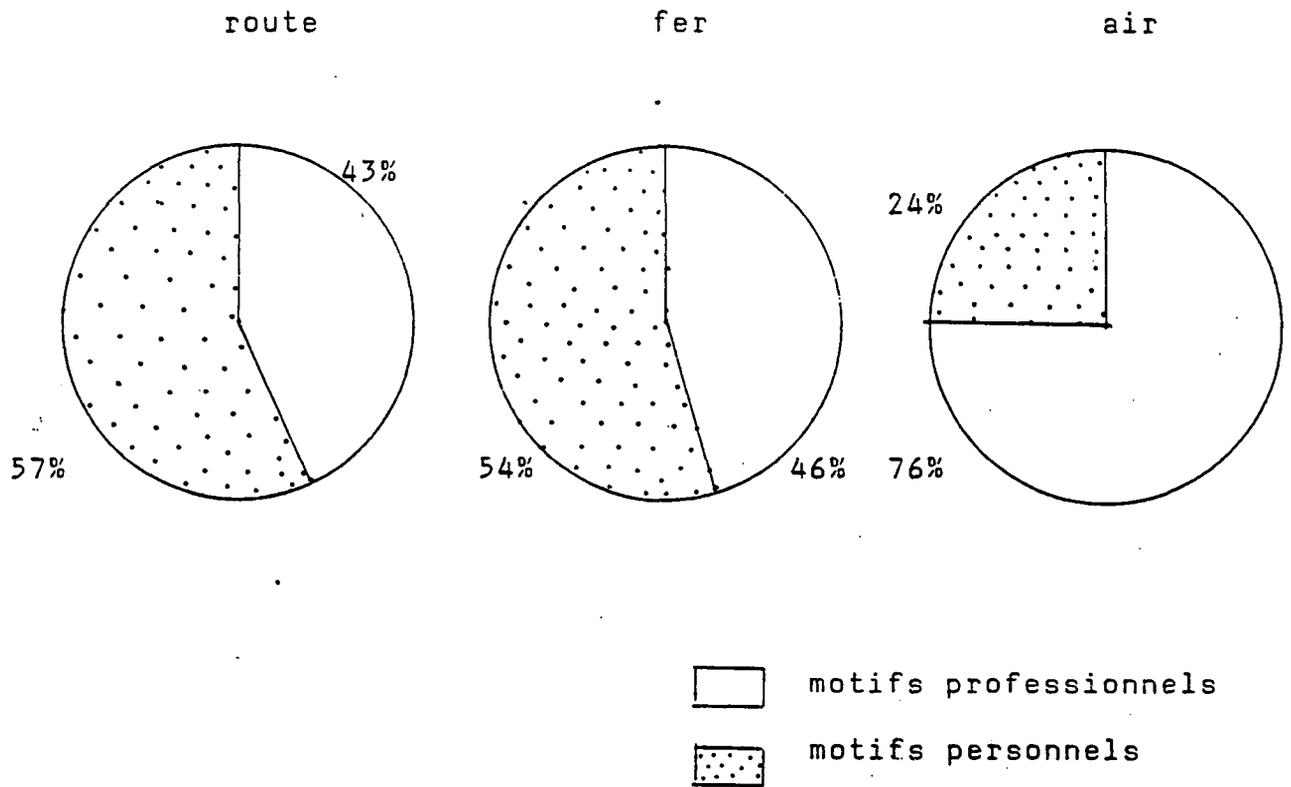
## 1-1-2 Motif des voyages



Les durées des déplacements ont été regroupées en deux classes, déplacements courts (moins de trois jours) déplacements longs (plus de trois jours).

Ce sont des déplacements courts qui prédominent sur la route et l'air tandis que déplacements courts et longs s'équilibrent sur le fer.

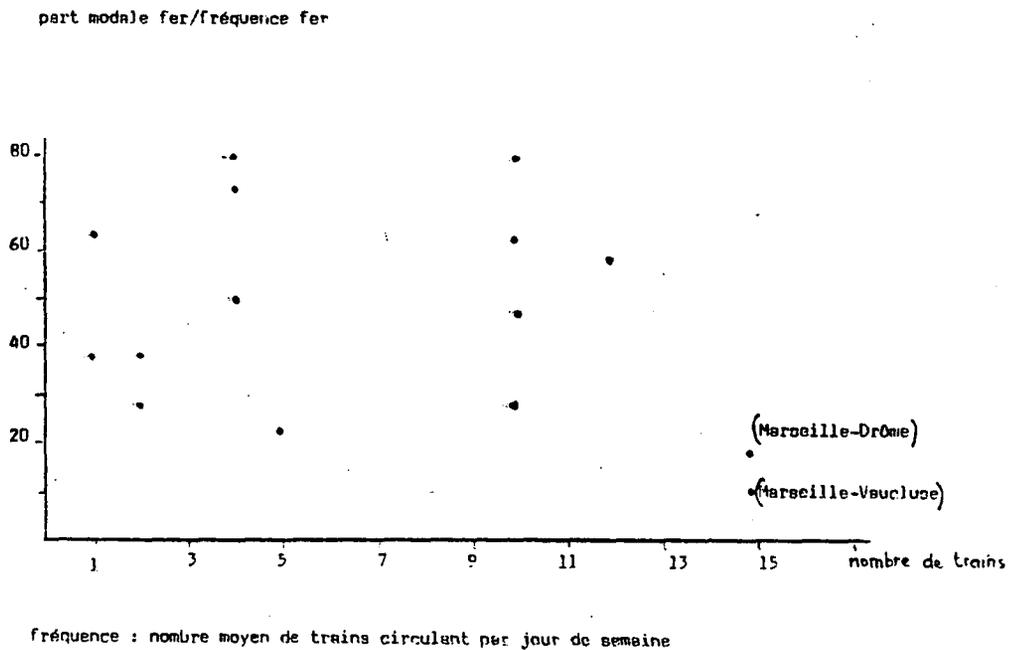
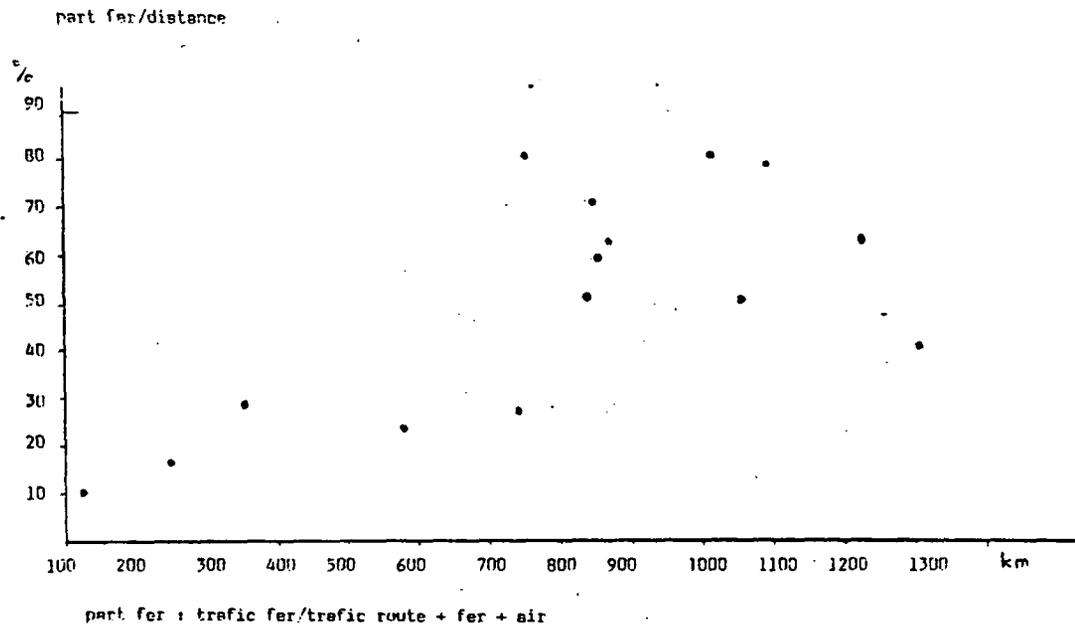
1 -1-2 Motif des voyages



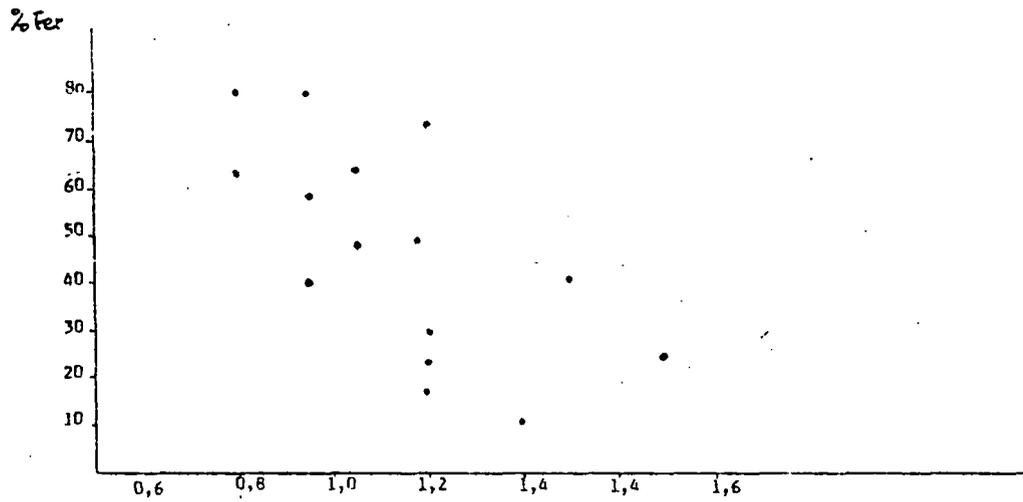
Les motifs ont été regroupés en motifs personnels et motifs professionnels

## 1 -2- Analyse de la part modale par rapport à trois variables

Les graphiques suivants représentent pour une vingtaine de relations géographiques la variations de la part fer en fonction de trois variables. Les variables retenues sont la distance, la fréquence et le rapport temps-route/temps-fer.



part fer/rapport (temps fer/temps route)



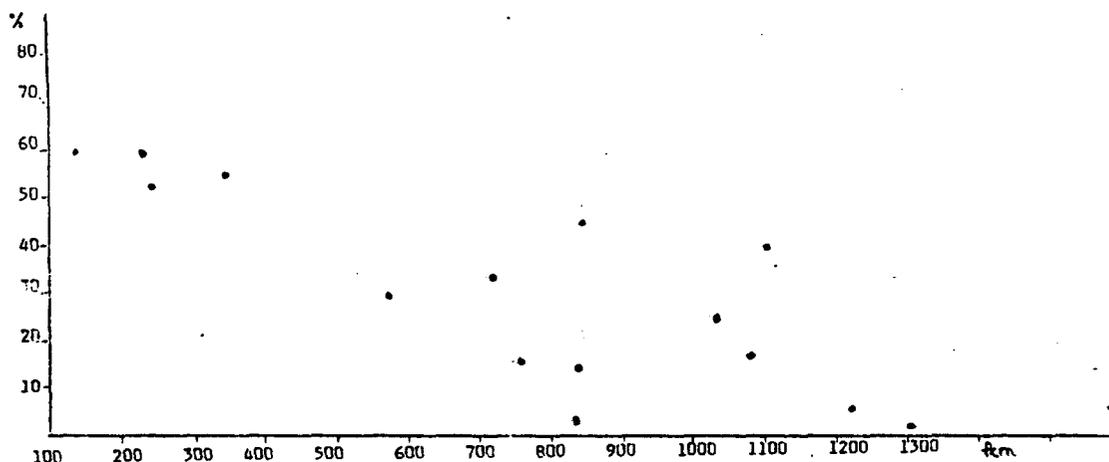
part fer = trafic fer/trafic route + fer + air

Il apparait que chacune des variables prise isolement ne semble pas avoir de corrélation très forte avec la part modale.

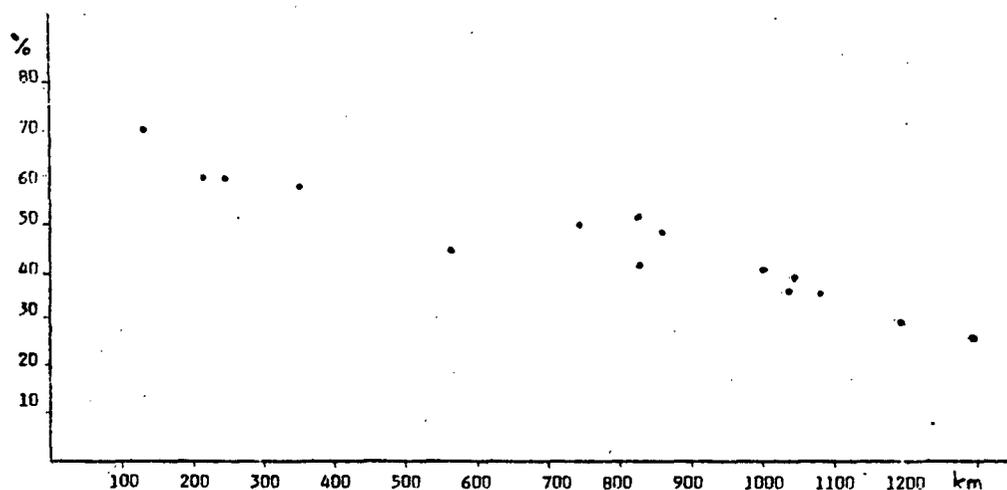
### 1 -3- Analyse de la structure de chaque mode (en C.S.P., en durée...)

Les deux graphiques suivants représentent pour le mode fer et la mode route la variation de la structure selon le motif de déplacement en fonction de la distance.

trafic route : part motif professionnel/distance



trafic fer : part motif professionnel/distance



La distance semble avoir une influence sur la part des déplacements professionnels aussi bien pour la route que pour le fer.

### CONCLUSION

Pour prendre en compte l'ensemble des remarques qui viennent d'être faites et donner une image plus synthétique des déplacements dans la Vallée du Rhône, une analyse de données a été effectuée.

## 2 - L'ANALYSE DE DONNEES

Une vingtaine de relations passant par la Vallée du Rhône ont été sélectionnées car la taille des flux concernés était statistiquement satisfaisante. Sur cette vingtaine de relations\* pour chaque mode (soit 44 liaisons) sont disponibles des données concernant la durée et les motifs des déplacements, ainsi que la répartition des voyageurs selon leurs C.S.P. soit pour chaque liaison 10 caractéristiques concernant la demande. Les liaisons ont ensuite été définies par les critères de l'offre de transport (fréquence ferroviaire, durée des parcours, coût...).

Au total chaque relation est caractérisée par 16 critères. Afin de faire apparaître les liens existants entre l'ensemble de ces données une analyse en composantes principales a été réalisée.

### 2 -1- Le principe

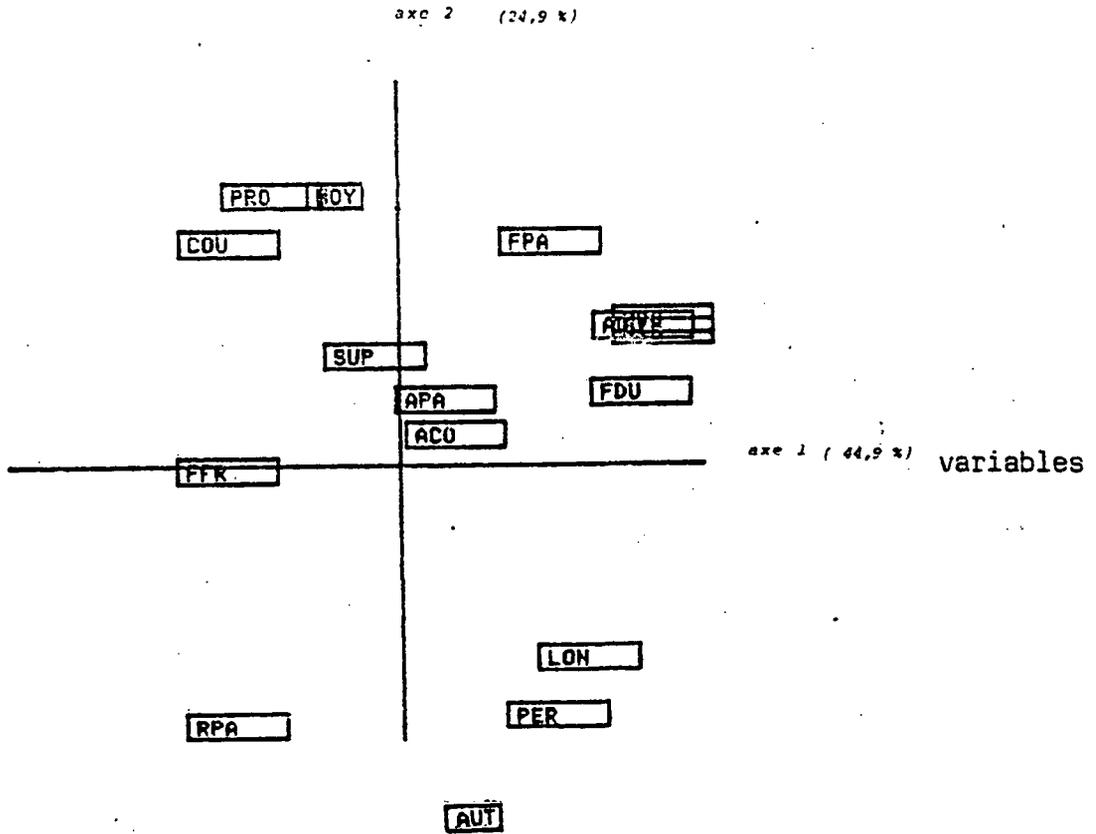
Chacune des 44 liaisons retenues peut être représentée par un vecteur défini par ses 16 composantes. En se situant dans un espace à 16 dimensions, l'analyse en composante principale permet en se basant sur la mesure des distances entre chacun des vecteurs de trouver les axes principaux expliquant le mieux possible la forme du nuage des données. La signification des axes est alors recherchée à partir de la position des variables les plus significatives. (Analyse des corrélations entre les variables et composantes).

\* cf. définition en annexe.

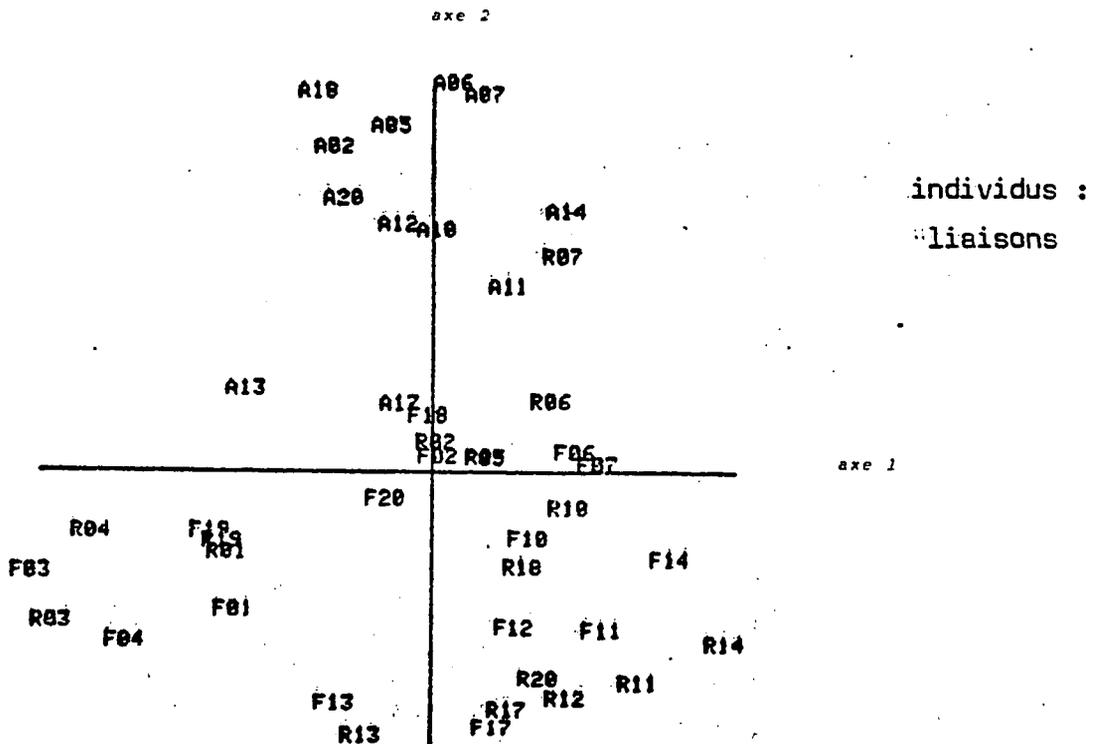
2 -2- LES RESULTATS

2 -2-1- Analyse de la situation actuelle

Scénario de base : Situation actuelle



Scénario de base : Situation actuelle



## 2 -2-1-1- Signification des axes

Les deux premiers axes expliquent 69,8 % de l'inertie du nuage. Le premier axe (44,9 %) oppose d'une part la fréquence ferroviaire et d'autre part la durée des trajets (tous modes) et la distance. C'est donc un axe essentiellement lié à l'offre de transport. Le deuxième axe (24,9) s'explique surtout par des variables de demande en opposant les C.S.P. moyennes et les autres ainsi que les déplacements professionnels et personnels.

## 2 -2-1-2- Les individus

Trois ensembles de liaisons apparaissent :

1°) les liaisons courtes où l'on trouve uniquement une concurrence rail-route. Il s'agit de liaisons telles que Lyon-Vaucluse ou Marseille-Vaucluse.

2°) Les liaisons longues routières et ferroviaires dans le cadran inférieur gauche.

3°) Les liaisons aériennes regroupées autour de l'axe deux dans la moitié supérieure.

4°) Un groupe près de l'origine dont leurs corrélations assez faibles rendent sans signification par rapport aux axes 1 et 2.

Ce qui paraît assez remarquable dans cette représentation c'est :

1°) La séparation des liaisons aériennes

2°) La proximité souvent très forte des déplacements ferroviaires et routiers pour une même relation.

Ceci semble traduire qu'à la différence du marché aérien, les marchés routiers et ferroviaires ont des caractéristiques très proches et donc que les possibilités de concurrence rail-route sont importantes.

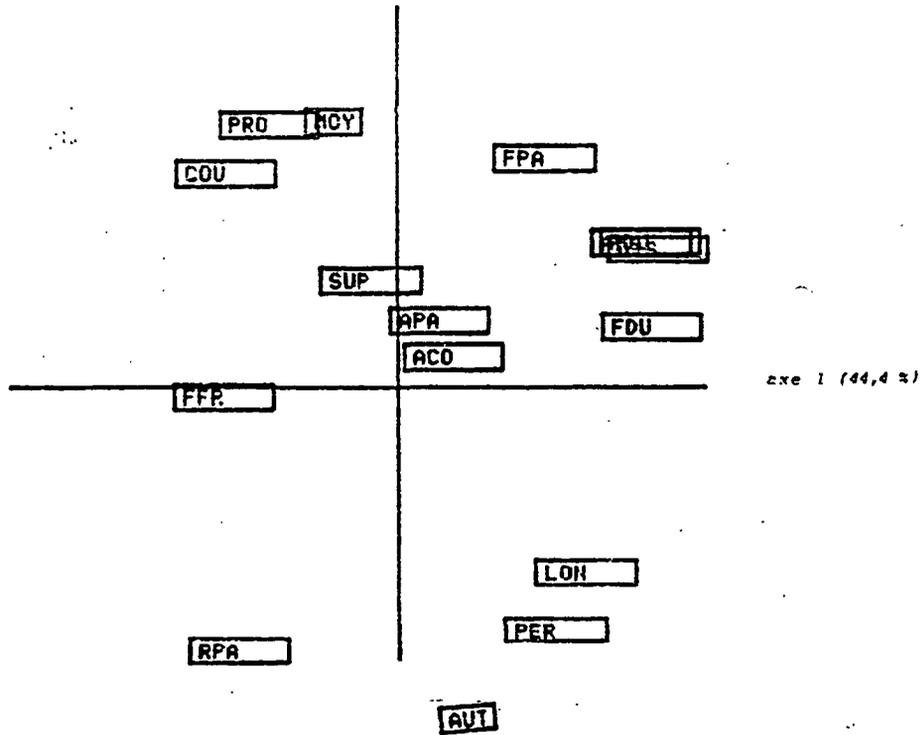
## 2 -Impact des scénarios

Chaque liaison étant définie par des critères d'offre et de demande de transport il est possible, sans toucher aux variables de demande de prendre en compte les changements apportés par les scénarios dans les variables d'offre.

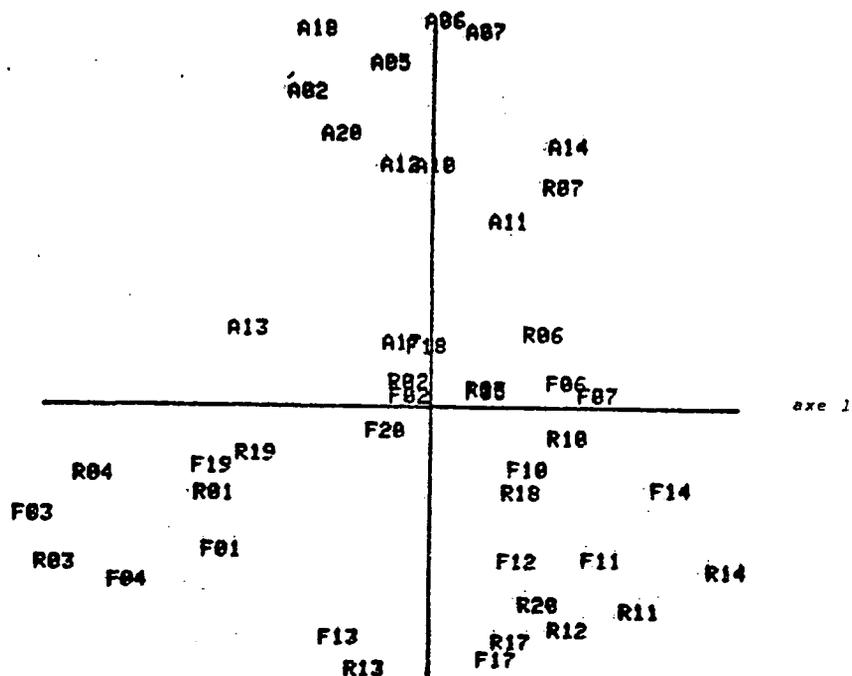
2 -2-1- Scénario T.G.V. Lyon-Marseille

Ce scénario correspond à des diminution des temps de parcours ferroviaire pour certaines liaisons.

Scénario T.G.V. Lyon - Marseille  
Diminution de certains temps de parcours fer  
axe 2 (24,5 %)



Scénario T.G.V. Lyon - Marseille  
Diminution de certains temps de parcours fer  
axe 2



L'impact des modifications apportées aux temps de parcours se traduit par des déplacements des liaisons les plus concernées c'est-à-dire Lyon-Marseille non seulement pour le trafic ferroviaire mais également pour le trafic routier.

Paris-Marseille c'est la liaison aérienne qui est affectée par la modification des temps. On peut observer un impact plus réduit sur les liaisons routières et ferroviaires entre le Sud-Est et Lyon.

## 2 -2-2- Scénario desserte cadencée

Ce scénario a été traduit dans l'analyse par une augmentation des fréquences entre Lyon et Marseille : La diminution des temps d'attente liée au cadencement n'a pas été prise en compte. En revanche ont été prises en compte les conséquences de l'augmentation des fréquences entre Lyon et Marseille sur la création de nouvelles correspondances offrant des possibilités supplémentaires pour les trajets longs.

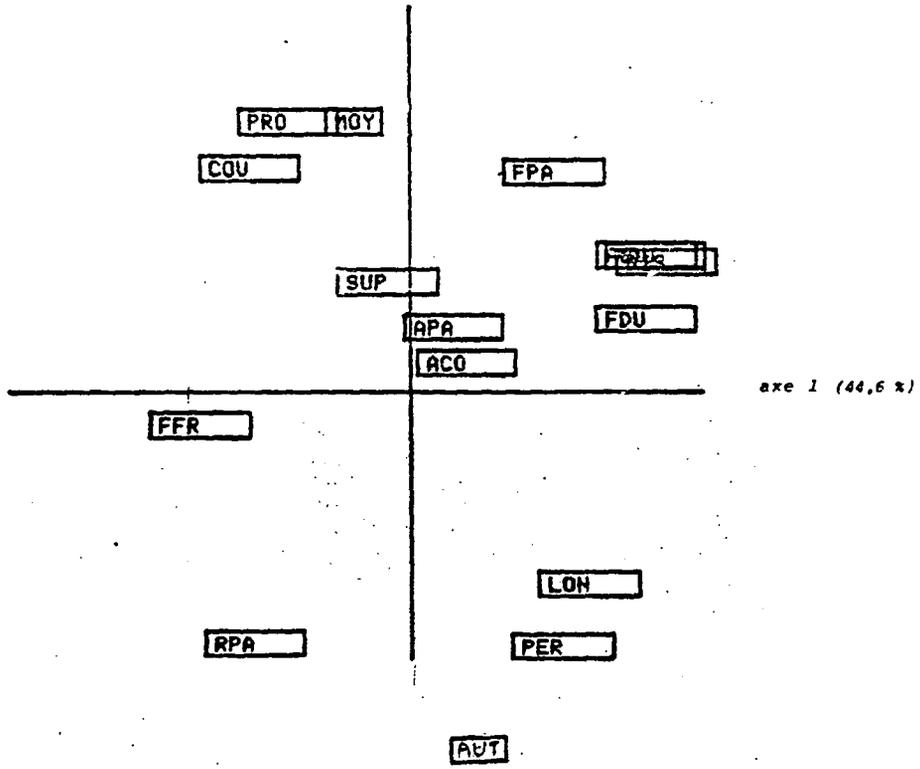
L'impact des modifications des fréquences sur le graphe des variables (voir page suivante) montre que celles qui sont le plus affectées (donc qui sont le plus étroitement liées à ces variables de fréquence) sont :

- la proportion de trafic routier
- les déplacements courts.
- les déplacements pour motif personnels dans une moindre mesure.

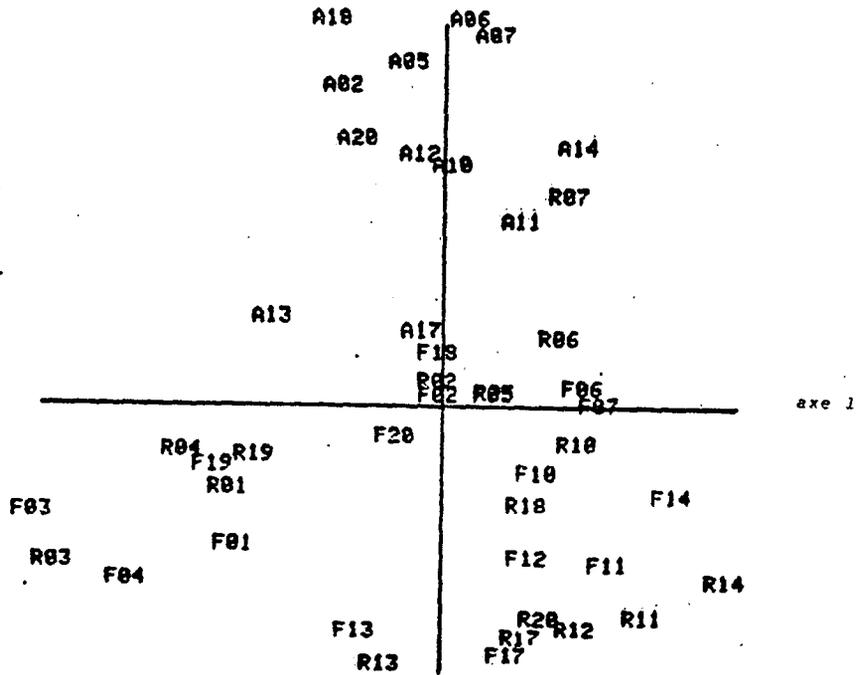
L'effet de ce scénario sur la place de liaisons sur le graphe "individus"(voir page suivante) se traduit par un mouvement de très nombreux points (hors effet de pivotement) essentiellement pour les liaisons route et fer mais certaines liaisons aériennes semblent légèrement affectées.

Sans qu'une telle analyse puisse donner des éléments quantifiés, il semble bien que, dans le cas de la Vallée du Rhône, on puisse considérer que la fréquence soit un élément explicatif de la répartition modale, élément dont les variations sont importantes pour la plus grande partie des liaisons.

Scénario desserte cadencée :  
 Augmentation des fréquences ferroviaires dans la Vallée du Rhône  
 axe 2 (24,3 %)



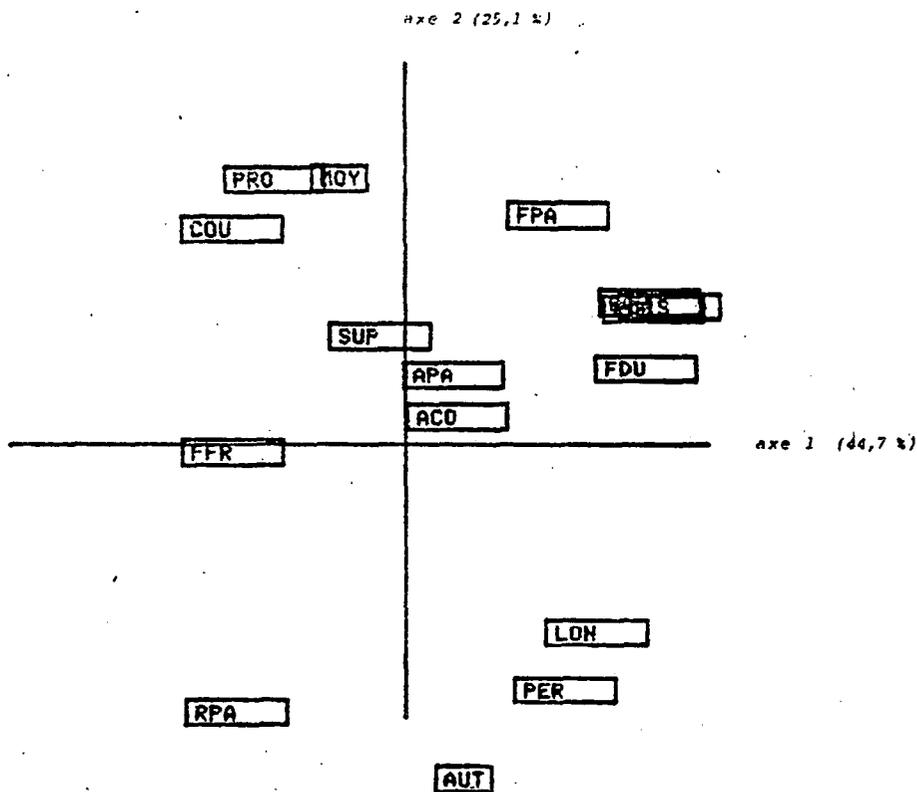
Scénario desserte cadencée :  
 Augmentation des fréquences ferroviaires dans la Vallée du Rhône  
 axe 2



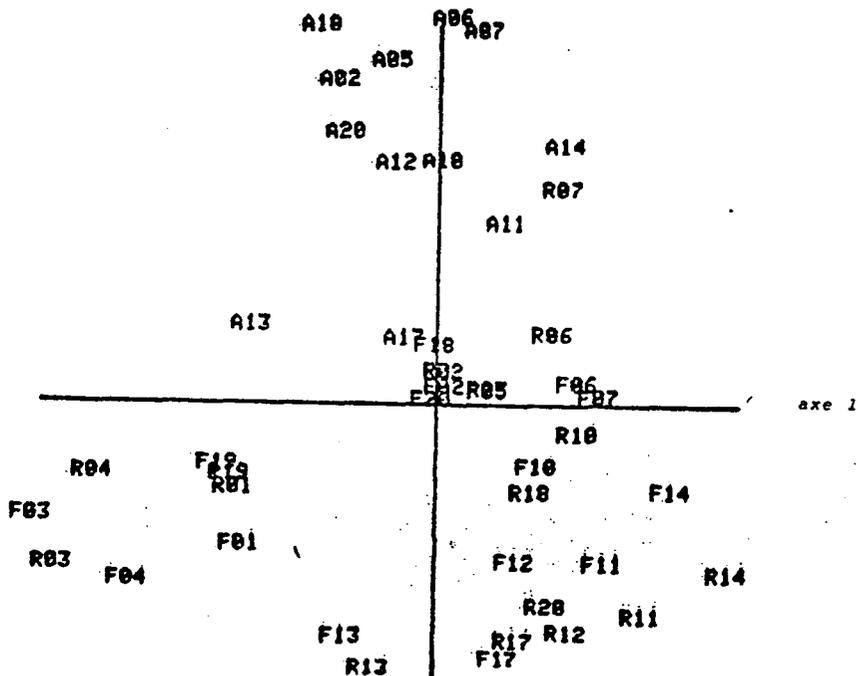
2 -2-3- Scénario "allongement des temps de trajets autoroutiers"

Ce scénario est en fait l'absence d'aménagement routier dans la Vallée du Rhône et conduira à une augmentation des phénomènes de congestion sur l'autoroute se traduisant par un allongement du temps moyen de parcours.

Scénario au fil de l'eau  
Allongement des temps de parcours routiers dans la Vallée du Rhône



Scénario au fil de l'eau :  
Allongement des temps de parcours routiers dans la Vallée du Rhône  
axe 2



Les conséquences de ce scénario sont remarquables tant sur le plan des variables que sur celui des liaisons.

En ce qui concerne les variables, on peut constater que l'allongement des temps route affecte la variable "part route" ainsi que "part fer".

Pour les liaisons, le graphe des résultats fait apparaître une stabilité des liaisons aériennes, des mouvements d'amplitude égale pour les liaisons fer et route à courte distance et des mouvements concernant uniquement les liaisons route à plus longue distance.

#### CONCLUSION SUR LA METHODE

Pour définir chacune des liaisons, 16 caractéristiques ont été retenues. Les scénarios d'aménagement correspondent aux variations d'une seule de ces variables tandis que les autres restent identiques. De plus les variations sont généralement assez faibles ce qui se traduit par une grande rigidité de l'ensemble : les changements observables sur les graphiques sont faibles ce qui rend leur interprétation assez délicate.

Néanmoins, les observations faites montrent l'existence de certaines corrélations entre les variables d'offre et de demande. C'est pourquoi un examen systématique des corrélations a été mené au S.A.E.P. .

### 3 - QUANTIFICATION

#### 3 -1- Principes généraux

Pour évaluer l'impact des modifications de l'offre sur le partage modal, il est proposé d'appliquer la méthode suivante :

pour les reports modaux.

- partage fer-avion : application du modèle prix temps fer-avion
- partage route-avion : on négligera la concurrence directe route-avion
- partage fer-route : on l'exprimera à partir d'un modèle mis au point par le S.A.E.P., en utilisant les données des enquêtes (en incluant les effets "fréquence" et parcours terminaux) par de la méthode décrite au paragraphe 3

Les trafics "induits purs" c'est-à-dire correspondant à un accroissement de la mobilité ou à la création de déplacements qui n'existaient pas sur les relations considérées sont calculés à partir des indications fournies par les modes, c'est-à-dire par application de modèles à coûts généralisés unimodaux qui se séparent pas le trafic induit pur des trafics reportés des autres modes (sauf dans le cas du modèle fer qui isole la concurrence fer-avion) ; ceux-ci sont précisés au paragraphe 3 .

#### 3 -2- Les reports de trafic

##### 3 -2-1 Les reports route-rail

Ils sont calculés à partir de données correspondant à une "coupe géographique" sur l'axe Lyon-Marseille plus des données homogènes pour les deux modes sur quelques relations à moyenne et longue distance sur Paris- Est et Bordeaux-Narbonne.

Il s'agit ici d'une équation valable pour le trafic d'hiver :

(tous les motifs sont agrégés) : soit :

(1) Log trafic route

trafic route + trafic fer

$$= (0,001133 \times \text{distance}) - (3,1689 \times \text{temps route}) + 1,82581$$

$$(- 4,8) \quad (- 4,8) \quad \text{temps fer} + \frac{1000}{\text{freq.fer}} \quad (4,8)$$

23 données  $R^2 = 0,745$   
DW = 2,28

Le terme "distance" traduit bien le fait que la part modale de la route est beaucoup plus importante sur les courtes distances que sur les longues. Pour les distances très courtes se pose le problème de la mesure précise des trajets terminaux, ce qui interdit l'utilisation d'un tel modèle ; d'autres approches empiriques ont été utilisées.

Les "temps route" et "temps fer" incluent les temps de trajets terminaux. L'importance de la fréquence, pour des trajets à longue distance apparaît par l'intérêt du coefficient 1 000.

La méthode de calcul du report modal est alors la suivante :

- l'équation (1) est utilisée en variation pour chaque type de relation: elle fournit la variation relative de part modale provoquée par une modification de l'offre (hors effets "prix") : on en déduit la nouvelle part modale et donc les reports d'un mode sur l'autre (à condition de disposer d'une évaluation raisonnable de la part modale initiale, ce qui peut-être source d'incertitudes) ; il faut noter dans l'application de cette méthode que le total (trafic route + trafic fer) peut avoir changé avant et après le scénario mais l'équation (1), utilisée conjointement avec une autre donnée (par exemple le trafic total d'un des modes après scénario, par application de modèle unimodal) permet de trouver toutes les inconnues .

## CONCLUSION

Les calculs faits dans différentes hypothèses de modification de l'offre et également dans différentes hypothèses de répartition modale initiale font apparaître une sensibilité de la répartition entre trafics reportés et trafics induits très grande à cette dernière alors que les modifications de l'offre n'entraînent que des variations plus réduites.

Par exemple, un gain de 10 % du temps ferroviaire a moins de répercussions sur la variation de la part modale que l'hypothèse initiale de la part modale ferroviaire. La part modale initiale détermine donc en grande partie la répartition entre trafic induit et trafic reporté, ce qui rejoint l'analyse de bon sens: sur une relation où la part routière est très importante, et donc la part ferroviaire faible, une amélioration du fer se traduit par une part de report route plus importante que celle du trafic induit. Dans le cas contraire, si le potentiel routier est très faible, c'est la part de trafic induit qui sera la plus importante.

La répartition modale initiale par relation est une donnée physique et non une hypothèse de départ.

Les difficultés rencontrées au cours de cette analyse débouchent sur les remarques suivantes:

Premièrement, la part modale initiale doit être connue avec une grande précision. Pour cela des enquêtes sont nécessaires et même des enquêtes spécifiques. En effet, dans le cas de Lyon-Marseille les enquêtes utilisées avaient été réalisées dans des optiques différentes, à des dates différentes. Malgré tout le soin apporté aux redressements sur chaque mode, des incertitudes demeurent sur la part modale. Ces incertitudes, relativement faibles sur les liaisons importantes, deviennent plus fortes sur les liaisons où le nombre des déplacements enquêtés est faible.

Deuxièmement, les trajets terminaux doivent être connus avec précision: les améliorations qui peuvent être proposées sur les trajets principaux sont souvent inférieures à l'incertitude sur les trajets terminaux. Dans le cas du fichier étudié la marge d'erreur est plus importante sur :

- Les liaisons courtes car trajet principal fer et trajet route ont des valeurs proches et le trajet terminal lié au déplacement ferroviaire peut faire basculer les rapports de temps.

- Les liaisons longues transversales (exemple Nice-Nantes) où, pour des raisons de validité statistique, des regroupements géographiques ont été effectués au moment de codages, si bien que l'on retrouve dans la même zone des liaisons dont les origines et les destinations sont parfois très éloignées.

Troisièmement, les traitements statistiques complets doivent se faire séparément par motifs. Tous les croisements n'ayant pu être disponibles sur le fichier étudié le travail a été fait globalement mais les quelques essais tentés à l'O.E.S.T. montrent des différences de réaction très importantes.

### 3 -2-2 Les reports rail-avion

Ils sont calculés par le modèle "prix-temps" de la S.N.C.F. : l'idée de base est de supposer que pour deux services de transport en concurrence (train et avion) les facteurs de choix des usagers sont le coût et la durée du transport : en admettant que chaque usager affecte une valeur monétaire à son temps, ces deux facteurs peuvent être agrégés et le mode choisi sera celui qui minimise ce "coût généralisé". La valeur d'indifférence du temps est celle pour laquelle les coûts généralisés des deux modes sont égaux. On admet qu'elle suit dans la population une loi statistique de type "log-normale" analogue à celle des revenus dont les deux paramètres (moyenne et écart type) sont évalués à partir de nombreuses observations sur lignes radiales où les trafics des deux modes sont connus. Il est alors facile sur une liaison donnée, d'observer la part modale de l'avion d'en déduire la valeur d'indifférence "locale" et, en supposant celle-ci invariante (ou évoluant de façon connue en fonction du revenu des ménages) les déplacements de part modales provoqués par des modifications de l'offre. Il est à noter que le trafic ferroviaire considéré est celui de la seule 1ère classe (bien qu'il y ait certainement des transferts possibles fer 2ème classe -avion, mais la précision des ajustements statistiques tentés dans ce sens est peu satisfaisante).

Ce modèle a notamment été appliqué pour les scénarios "TGV" et le scénario aérien, dans les scénarios TGV, il a été supposé que le trafic reporté de l'avion sur le fer s'affectait à parts égales sur les deux classes (ce qui n'est pas cohérent avec le modèle, mais semble refléter les observations actuelles sur le TGV).

### 3 -3- Les modèles "unimodaux" de génération de trafic

Les modèles utilisés pour la route et le fer sont analogues : ce sont des modèles à coûts généralisés, prétendant résumer les caractéristiques du transport par un critère unique (homogène à un prix) intégrant le temps, les fréquences, le confort... en résulte l'estimation nécessaire de paramètres telles que la valeur moyenne pour l'utilisateur du temps etc... Ce coût généralisé peut éventuellement servir à l'estimation de reports modaux, (voir modèle fer-avion) mais il sert surtout :

- à la détermination de l'itinéraire pour un mode donné (modèle routes)

- au calcul de la génération du trafic : il est admis qu'une variation relative du coût généralisé sur une liaison entraîne une variation relative proportionnelle et de signe opposé du trafic (élasticité constante) ; c'est cette caractéristique du modèle qui permet de calculer le trafic "nouveau" du mode, ce qui permet une fois déterminés par d'autres moyens les trafics reportés (voir (1) et (2)) d'obtenir le trafic "induit pur" traduisant l'augmentation de la mobilité des voyageurs.

- pour le modèle route, cette élasticité vaut -0,667 ; ce résultat a été utilisé dans les scénarios "autoroute" et pour évaluer les effets sur le trafic de la saturation ;

- pour le modèle fer, elle vaut -2 ; ce modèle a été calculé pour calculer le trafic nouveau (non reporté de l'avion) sur les TGV avec une correction de 20 % pour tenir compte des observations sur le TGV Paris-Lyon.

Le modèle avion (modèle "intérieur" de la D.G.A.C.) est, comme les deux précédents, un modèle unimodal agrégé, c'est-à-dire qu'il n'utilise pas de données sur la structure de la demande ni sur les trafics des autres modes. Son expression mathématique est un peu différente :

$$\frac{T_{i,j}}{T_{i,j}} = 0,6 \frac{TP}{TP} + 3,3 \frac{\frac{1}{(1 + 12/F)}}{1/(1 + 12/F)} + 0,35 \frac{\text{Prix}}{P-ix}$$

(la variation relative de trafic  $T_{i,j}$  entre les villes  $i$  et  $j$  est une somme pondérée des variations relatives de l'écart TP de temps de parcours avec le fer et de la variation relative d'une fonction de la fréquence  $F$  qui est le nombre d'aller et retour dans la semaine (l'effet de la fréquence tend à s'atténuer pour les fréquences élevées).

## A N N E X E 1

### Liste des variables

DIS : distance  
FDU : durée du trajet fer  
FFR : fréquence fer  
ADU : durée du trajet air  
RDU : durée du trajet route  
ACO : coût air  
FPA : part du fer  
RPA : part de la route  
APA : part de l'air  
SUP : % CSP sup  
MOY : % CSP moyen  
AUT : % autres CSP  
COU : % déplacements courts  
LON : % déplacements longs  
PRO : % motif professionnel  
PER : % motif personnel

### Liste des individus

Les individus correspondent aux liaisons ventilées par mode exemple :

F 1 : Marseille-Lyon par fer  
R 1 : Marseille-Lyon par route

Les liaisons dont les données ne sont pas disponibles ne figurent pas sur les graphes : ex : A1 : Marseille-Lyon par air ne figure pas.