



**HAL**  
open science

## Étude exploratoire des liaisons ferroviaires à grande vitesse de l'arc méditerranéen

François Plassard, Maryline Bessone, Sylvie Thibaud

► **To cite this version:**

François Plassard, Maryline Bessone, Sylvie Thibaud. Étude exploratoire des liaisons ferroviaires à grande vitesse de l'arc méditerranéen. 1988. halshs-00913023

**HAL Id: halshs-00913023**

**<https://shs.hal.science/halshs-00913023>**

Submitted on 3 Dec 2013

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

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

**Laboratoire d'Economie des Transports**  
Unité Mixte C.N.R.S.  
(Université Lumière - Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat)  
Maison Rhône-Alpes des Sciences de l'Homme  
14, avenue Berthelot - 69007 LYON

**ETUDE EXPLORATOIRE**  
**DES LIAISONS FERROVIAIRES**  
**A GRANDE VITESSE**  
**DE L'ARC MEDITERRANEEN**

**Recherche réalisée à la demande**

**de la CITRAME (Barcelone)**  
(Commission Interrégionale  
pour les Transports dans le Bassin Méditerranéen)

**et du CEDRE - STRASBOURG**  
(Centre Européen du Développement Régional)

**par**

**François PLASSARD**

**avec la participation de**  
**Maryline BESSONE**  
**Sylvie THIBAUD**

**Décembre 1988**

## SOMMAIRE

RESUME DES RESULTATS DE LA RECHERCHE .....	5
I. LA PROBLEMATIQUE RETENUE .....	7
A. Une étude exploratoire .....	7
B. Une approche économique .....	8
C. Une modélisation d'un réseau simplifié .....	9
II. LES PRINCIPALES VARIANTES ET LES TEMPS DE PARCOURS .....	11
A. Le modèle de temps de parcours .....	11
B. Les principales variantes .....	13
III. L'ESTIMATION DES POTENTIELS DE TRAFIC .....	23
A. Un réseau simplifié .....	23
B. La conception du modèle de potentiel de trafic .....	24
C. Le calage du modèle .....	26
IV. L'ESTIMATION DES COUTS .....	35
A. Les coûts d'investissement .....	35
B. Les coûts d'exploitation .....	39
V. LA DETERMINATION DU TAUX DE RENTABILITE .....	41
A. La rentabilité financière pour l'entreprise .....	41
B. La rentabilité pour la collectivité .....	42
C. La confirmation de la pertinence du modèle .....	42
VI. LES REFLEXIONS STRATEGIQUES ISSUES DU MODELE .....	47
A. Des taux de rentabilité très différenciés .....	47
B. Les conséquences de la réduction des effets frontière .....	59
C. L'influence des subventions .....	61
D. Des choix stratégiques pour les pays et les régions .....	66
TABLES DES CARTES, TABLEAUX ET GRAPHIQUES .....	69



## RESUME DES RESULTATS DE LA RECHERCHE

**L'objectif de la recherche**

est de calculer des potentiels de trafic et les taux de rentabilité des différents tronçons à grande vitesse qui peuvent constituer un nouvel arc de transport le long de la Méditerranée entre l'Espagne et l'Italie.

**Trois grands itinéraires ont été étudiés :**

- Barcelone - Avignon - Nice - Gênes - Pise - Rome,
- Barcelone - Avignon - Nice - Gênes - Milan - Florence - Rome,
- Barcelone - Avignon - Lyon - Turin - Milan - Florence - Rome.

**Les temps de parcours**

entre Barcelone et Naples sont tous de l'ordre de **8 heures**, quel que soit l'itinéraire retenu.

**Le choix entre ces itinéraires** dépend de la rentabilité économique des différents tronçons qui les composent.

Trois tronçons sont déterminants avec des **taux de rentabilités très différenciés** :

	Rentabilité interne	Rentabilité collective
- Lyon-Turin	-0,3%	+5,8%
- Barcelone-Marseille	-6,7%	-0,7%
- Marseille-Gênes	<i>(non calculable)</i>	<i>(non calculable)</i>

**La diminution des effets frontières** ou l'**octroi de subvention** ne modifie pas fondamentalement la situation : pour que les conditions économiques soient changées il faudrait que la valeur de l'effet frontière baisse de 20 à 40% et/ou qu'au moins une dizaine de milliards de subvention soient versés.

**Trois questions stratégiques** doivent trouver une réponse :

1. Faut-il construire à grand frais une ligne spécifique est-ouest le long de la Méditerranée ou utiliser les tronçons construits dans une logique nord-sud pour faire fonctionner une ligne est-ouest à grande vitesse ?
2. Quelles sont les grandes agglomérations qui doivent impérativement être desservies par ce projet méditerranéen pour des raisons d'aménagement de l'espace et de relations économiques ?
3. Que devient l'agglomération de Marseille qui n'est desservie par aucun itinéraire est-ouest ?



## I. LA PROBLEMATIQUE RETENUE

Le succès dans l'opinion publique du transport ferroviaire à grande vitesse conduit les responsables nationaux ou régionaux à susciter des projets de nouvelles lignes, assimilant souvent présence de la grande vitesse et développement économique. L'ensemble de ces projets présente une caractéristique commune, celle de correspondre à des liaisons nord-sud. Or une simple carte montre tout l'intérêt que pourrait présenter la réalisation d'un arc méditerranéen à grande vitesse allant de Valence à Naples.

C'est dans le cadre de ces réflexions que la CITRAME (1) a donné mission au Laboratoire d'Economie des Transports d'étudier la faisabilité économique d'une telle liaison et les différentes variantes de tracé possibles, par *la création d'un premier document qui soit fondé sur le recueil des données déjà existantes, sur leur articulation autour de l'idée de couloir méditerranéen et sur une extrapolation raisonnable pour les itinéraires ou les tronçons pour lesquels il n'existe pas une information de base* (2).

En l'état actuel des connaissances, cette recherche ne peut avoir qu'un caractère exploratoire. Elle se limite en outre à une approche économique du problème. Pour évaluer l'intérêt économique de ces diverses liaisons, elle s'appuie sur la modélisation d'un réseau européen simplifié.

---

### A. Une étude exploratoire

---

Cette recherche ne peut avoir qu'un caractère exploratoire parce que les données sur les trafics internationaux sont insuffisantes. Les résultats s'appuieront donc essentiellement sur les ratios qui ont pu être dégagés de l'expérience du TGV Sud-Est.

#### 1. La mauvaise connaissance des trafics internationaux

Pour tenter d'apprécier les possibilités de construire un arc méditerranéen à grande vitesse, il est nécessaire de connaître les trafics internationaux actuels et de tenter une projection de ces valeurs dans l'avenir. Malheureusement, en l'état de nos recherches, ceux-ci sont très mal connus.

---

(1) Commission Interrégionale pour les Transports dans le Bassin Méditerranéen.

(2) Cahier des charges page 5.

La C.E.E. a chargé en 1984 et 1985 trois Instituts de recherche (3) d'une étude prospective d'un réseau ferroviaire à grande vitesse dans la Communauté Européenne (4). Mais les matrices de données ne sont disponibles auprès du N.V.I. qu'à un coût qui dépasse le budget de cette recherche. Les quelques données disponibles ont été rassemblées par une équipe espagnole associée à cette recherche (5) et serviront de base pour caler le modèle d'estimation de "potentiel" de trafic.

## **2. L'expérience française du TGV Sud-Est**

C'est à partir des ratios issus de l'expérience française que seront déterminés les coûts unitaires de construction et de fonctionnement des projets envisageables de lignes à grande vitesse. Ces valeurs ne peuvent conduire qu'à des ordres de grandeur de la rentabilité des différents tronçons à grande vitesse envisagés. Mais ils permettent de bien mettre en évidence aussi bien des ordres de priorité dans les décisions à prendre que les problèmes de financement que poseraient de telles constructions.

---

## **B. Une approche économique**

---

Pour aborder la question d'un arc méditerranéen ferroviaire à grande vitesse, c'est une approche en termes économiques qui a été privilégiée. Il aurait été certes possible d'aborder cette question en termes de comportement socio-économiques pour apprécier les changements à la fois dans les pratiques de déplacement et les modes de vie, d'autant que ces transformations pèseront lourd dans les vingt années à venir sur les possibilités de construire de telles lignes en Europe.

Nous nous sommes volontairement limités à une approche exclusivement économique avec le double objectif de tenter une évaluation des coûts et une estimation des recettes liées à la mise en service de la grande vitesse ferroviaire. Nous proposerons donc, au terme de cette étude :

- des ordres de grandeur des coûts d'investissement,
- des ordres de grandeur des recettes que l'on peut espérer,
- des taux de rentabilité interne des investissements,
- des taux de rentabilité pour la collectivité estimés exclusivement à partir des gains de temps valorisés.

Toutefois, pour évaluer l'intérêt des divers itinéraires possibles, une première approche a été faite exclusivement en termes de temps de parcours. Les résultats montrent que les choix d'itinéraire sont plus ouverts qu'on ne pouvait a priori le penser, et que la notion "d'arc méditerranéen" est spatialement moins étroite qu'un simple parcours côtier.

---

(3) Il s'agit respectivement de :

- Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt, Köln, F.R.Germany,
- The Netherlands Institute of Transport, Rijswijk, Netherlands,
- Institut National de Recherche sur les Transports et leur Sécurité, Paris, France.

(4) "Etude du développement d'un réseau ferroviaire à grande vitesse dans la Communauté Européenne", Rapport de Synthèse, D.V.F.L.R., N.V.I., I.N.R.E.T.S., avril 1986, 61 pages.

(5) "Interes para las regiones mediterraneas de la ampliacion de la red ferroviaria europea de alta velocidad (regiones espanolas)", Madrid mai 1988, 60 pages + annexes 25 pages.

---

### C. Une modélisation d'un réseau simplifié

---

Pour aboutir à ces résultats, un modèle de type gravitaire a été mis au point : il repose sur la définition d'un réseau européen simplifié et sur la notion de "potentiel de trafic".

#### 1. Repérer les effets réseau

La rentabilité économique ou sociale d'un tronçon peut être évaluée pour ce seul tronçon ; mais cette procédure ne tient pas compte de "l'effet réseau". La réalisation d'un maillon manquant dans un réseau donné peut être d'une faible rentabilité quand on le considère isolément et en avoir au contraire une très forte si l'on prend en compte le trafic qu'il génère sur l'ensemble du réseau. C'est cette dernière optique qui a été retenue pour évaluer les tronçons éventuels à grande vitesse.

Mais seul un réseau simplifié a été retenu ; en effet le choix d'un réseau "complet" aurait d'une part alourdi considérablement les problèmes de constitution du modèle, et d'autre part nécessité l'utilisation d'un programme d'affectation du trafic sur les divers arcs du réseau en fonction des améliorations apportées. C'est pourquoi n'ont été retenus, dans un réseau européen, que les arcs concernés par le trafic avec l'Europe du sud (6).

#### 2. L'estimation d'un "potentiel de trafic"

Le modèle gravitaire ainsi mis au point pour ce réseau simplifié ne doit pas être considéré comme un véritable modèle d'estimation de trafic. En effet il n'a pas pu être "calé" avec précision sur des trafics connus pour être considéré comme tel. En revanche il fournit ce que nous préférons appeler des "potentiels de trafic" : si tout se passe comme le représente le modèle, il existe pour chaque liaison un potentiel de trafic qui devrait évoluer selon les chiffres calculés à la suite de la construction des divers tronçons ferroviaires à grande vitesse.

Ce modèle ne donne donc pas une série chronologique des potentiels de trafic à partir de la date d'ouverture de nouveaux tronçons ferroviaires à grande vitesse. Il fournit des évaluations correspondant à deux situations instantanées : la première est la situation de référence en l'absence de l'infrastructure étudiée, l'autre la situation correspondant à l'utilisation de cette infrastructure.

Le lecteur devra donc manipuler avec beaucoup de précaution les chiffres qui vont être présentés maintenant, et ce d'autant plus que, pour des raisons de cohérence des calculs, ceux-ci apparaissent avec une forte précision apparente, sans que l'on puisse calculer avec suffisamment de certitude une fourchette des valeurs les plus vraisemblables.

---

(6) Ce réseau sera présenté en détail dans les pages suivantes.

L'ensemble des résultats s'enchaîne alors logiquement :

1. la simulation des temps de parcours permet une première analyse des diverses variantes de tracé ;
2. pour chaque tronçon étudié, un coût de construction est proposé ;
3. le modèle gravitaire mis au point fournit les ordres de grandeur des potentiels de trafic ;
4. en fonction de ce potentiel, les coûts d'exploitation peuvent être estimés ;
5. une analyse coûts-avantages classique permet de calculer des taux de rentabilités interne et collective.

## II. LES PRINCIPALES VARIANTES ET LES TEMPS DE PARCOURS

Pour réduire le nombre de variantes à appliquer au modèle calculant les potentiels de trafic, une première exploration des variantes peut être faite en termes de temps de parcours. Cette phase permet d'éliminer les variantes qui correspondent à des temps de parcours trop long ou qui ne diffèrent pas sensiblement les unes des autres.

Pour estimer les temps de parcours de ces différentes variantes, un modèle de simulation a été utilisé. En effet on ne peut négliger, dès qu'il s'agit des grandes vitesses, les temps nécessaires pour atteindre la vitesse de croisière ou pour ralentir ; en effet dans le temps perdu par un arrêt supplémentaire, le temps nécessaire pour freiner et repartir est plus important que le temps d'arrêt proprement dit.

### A. Le modèle de temps de parcours

Le modèle de simulation élaboré repose sur les hypothèses suivantes :

- une accélération constante et égale à 0,35 m/s par seconde,
- pour le freinage, une décélération constante et égale à -0,5 m/s par seconde.

Dans la réalité l'hypothèse de constance de l'accélération n'est pas vérifiée comme le montre le tableau suivant :

**Tableau 1. Accélération en fonction de la vitesse (1)**

Vitesse (km/h)	200	230	260	270
TGV Sud-Est (cm/s <sup>2</sup> )	20,8	14,4	6,6	3,9
TGV Atlantique (cm/s <sup>2</sup> )	15,3	11,5	5,9	4,5

Mais les chiffres retenus correspondent à des valeurs moyennes qui fournissent des temps d'accélération et de décélération comparables tant que l'on ne dépasse pas les 500 km/h.

Ce modèle de simulation permet de mettre clairement en évidence le temps perdu lors du démarrage et du freinage ainsi que le coût en temps d'un arrêt intermédiaire :

- Il faut 10 km environ au TGV pour atteindre la vitesse de 300 km/h et 7 km environ pour s'arrêter ; ces distances passent respectivement au moins à 28 et 20 km dès que la vitesse de circulation est de 500 km/h. Le temps perdu est alors de 3 minutes à 300 km/h et de 6 minutes à 500 km/h.
- La perte de temps due à un arrêt intermédiaire, si l'on admet qu'une rame ne stationne pas plus de 2 minutes en gare est alors de 8 minutes à 300 km/h et de 13 minutes à 500 km/h.

(1) Source : Daniel METAUT et Henri ROLLET, "La transmission de puissance T.G.V.", Texte des interventions de la délégation française au Symposium sur la technologie des trains à grande vitesse, Munich, Laten, Paris, Lyon, 25-28 octobre 1983, Document ronéoté non paginé.

Il est donc clair que le mode d'exploitation du TGV est incompatible avec des arrêts intermédiaires nombreux, et que son étape "normale" est de l'ordre de 300 à 500 km.

**Tableau 2.1. Distances d'accélération et de freinage à 300km/h**

	Longueur	Vitesse	Temps
Accélération	10 km	300 km/h	3,98 mn
Vitesse stabilisée	283 km	300 km/h	56,60 mn
Décélération	7 km	300 km/h	2,79 mn
<b>TOTAL</b>	<b>300 km</b>	<b>284 km/h</b>	<b>63,37 mn</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1 h 03</b>

**Tableau 2.2. Distances d'accélération et de freinage à 500km/h**

	Longueur	Vitesse	Temps
Accélération	28 km	500 km/h	6,67 mn
Vitesse stabilisée	252 km	500 km/h	30,24 mn
Décélération	20 km	500 km/h	4,71 mn
<b>TOTAL</b>	<b>300 km</b>	<b>433 km/h</b>	<b>41,62 mn</b>
<b>TOTAL</b>			<b>0 h 41</b>

**Tableau 2.3. Temps de parcours à 300 km/h avec un arrêt**

	Longueur	Vitesse	Temps
Tronçon 1	150 km	300 km/h	33,37 mn
Arrêt	--	--	2,00 mn
Tronçon 2	150 km	300 km/h	33,37 mn
<b>TOTAL</b>	<b>300 km</b>	<b>262 km/h</b>	<b>68,75 mn</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1 h 08</b>

**Tableau 2.4. Temps de parcours à 500 km/h avec un arrêt**

	Longueur	Vitesse	Temps
Tronçon 1	150 km	500 km/h	23,62 mn
Arrêt	--	--	2,00 mn
Tronçon 2	150 km	500 km/h	23,62 mn
<b>TOTAL</b>	<b>300 km</b>	<b>366 km/h</b>	<b>49,24 mn</b>
<b>TOTAL</b>			<b>0 h 49</b>

---

**B. Les principales variantes**

---

Si l'on se fixe comme but de construire un arc ferroviaire méditerranée, cela signifie que l'on cherche à relier par un système à grande vitesse les grandes agglomérations suivantes : Barcelone, Marseille, Milan, Rome et Naples. Or on découvre que plusieurs itinéraires existent entre la France et l'Italie, et qu'il n'est pas possible de relier tous les centres par un seul itinéraire.

Il faut tout d'abord remarquer que Marseille semble définitivement exclue d'un tracé à grande vitesse en raison de sa position, et cela quel que soit le tracé retenu. Les projets de la SNCF sont en effet de construire une ligne à grande vitesse entre Avignon et St Raphaël, qui contourne donc Marseille.

Le second point important est le passage ou non par Milan, capitale économique de l'Italie du Nord. Située très au nord, cette ville ne peut pas être desservie, sauf à admettre des augmentations de temps importantes, par tous les tracés situés les plus au sud.

Quatre grands itinéraires s'imposent alors en fonction des contraintes géographiques entre Barcelone et Naples :

- le plus au sud, le long de la Méditerranée, par Avignon, Nice, Gênes, Pise et Florence,
- le second par Gênes, Milan, Bologne, Florence,
- le troisième par Avignon, Nice, Turin, Milan, Florence,
- le dernier par Avignon, Lyon, Chambéry, Turin, Milan, Florence.

Pour chacun de ces itinéraires trois temps de parcours ont été calculés à l'aide du modèle de temps de parcours qui vient d'être décrit :

- le premier temps correspond à l'absence de nouveaux investissements dans les lignes à grande vitesse ; seuls sont considérés comme réalisés le TGV français jusqu'à Saint Raphaël et la "direttissima" italienne mais sur laquelle on ne circule comme aujourd'hui qu'à 120 km/h ;
- le second temps correspond à des investissements très probables dans les années à venir ;
- enfin le dernier, qui correspond vraisemblablement à une situation utopique, suppose que la totalité des trajets s'effectue à grande vitesse ; toutefois, dans un souci de pertinence, certains tronçons très accidentés pour lesquels la grande vitesse ne semble pas du domaine du réalisable, conservent des vitesses inférieures.

### 1. Le tracé par Nice, Gênes et Pise

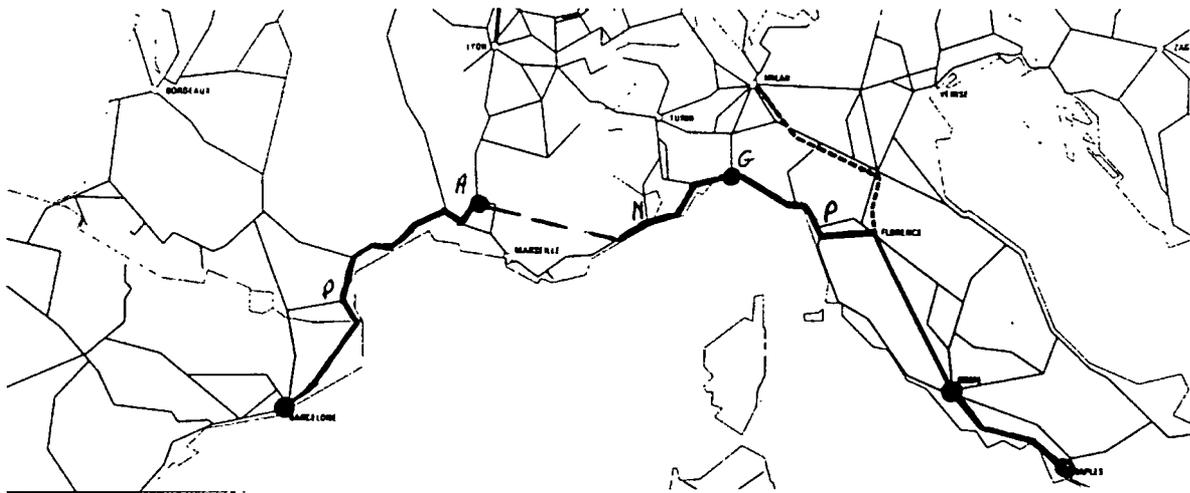
Le premier tracé loge la côte méditerranéenne. Il s'en éloigne à Pise pour rejoindre la "diretissima" italienne. C'est le tracé le plus court, mais il présente l'inconvénient de ne pas desservir le Piémont et la Lombardie. De plus, comme nous le verrons, c'est un de ceux qui réclame les investissements les plus élevés. Comme le montre le tableau des temps, la mise à grande vitesse ne réduit la durée du trajet que du tiers.

**Tableau 3.1. Temps de parcours Barcelone Naples par Gênes et Pise**

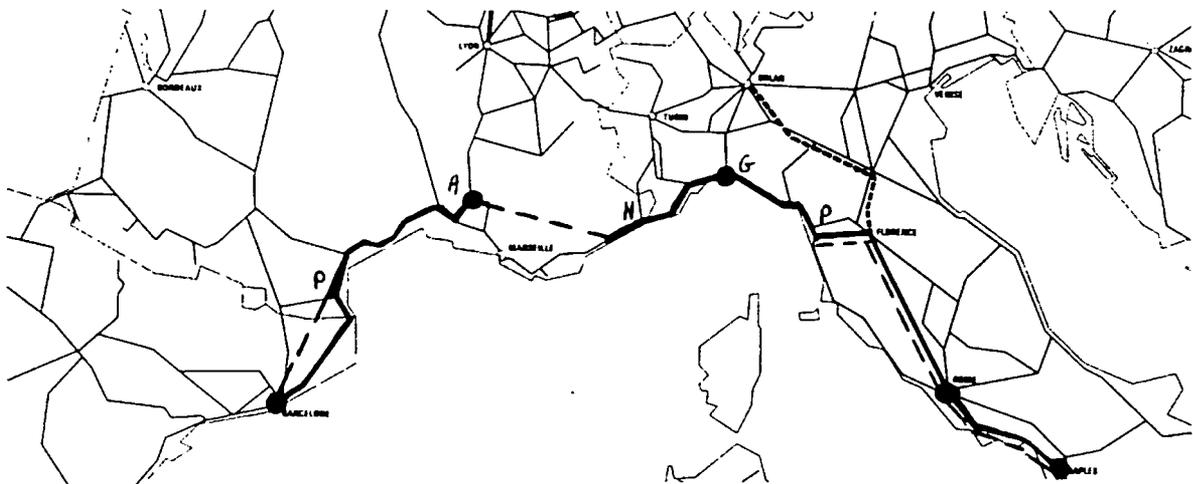
Investissement	Minimum		Moyen		Maximum		
	Km	Km/h	Mn	Km/h	Mn	Km/h	Mn
BARCELONE-PERPIGNAN	218	160	82,81	300	45,74	300	45,58
PERPIGNAN-AVIGNON	259	160	97,87	200	78,63	300	53,19
AVIGNON			10,00		10,00		10,00
AVIGNON-ST RAPHAEL	110	300	24,29	300	24,29	300	24,14
ST RAPHAEL-NICE	64	160	24,05	160	24,05	200	19,35
NICE-GENES	186	120	93,56	120	93,56	120	93,56
GENES			10,00		10,00		10,00
GENES-PISE	165	120	83,29	120	83,29	120	83,29
PISE-FLORENCE	82	120	41,00	200	24,81	200	24,81
FLORENCE-ROME	316	120	158,56	200	95,73	300	64,81
ROME			10,00		10,00		10,00
ROME-NAPLES	214	120	107,79	200	65,52	300	44,78
<b>TOTAL</b>	<b>1614</b>	<b>130</b>	<b>743,22</b>	<b>171</b>	<b>565,62</b>	<b>200</b>	<b>483,51</b>
<b>TOTAL</b>			<b>12h23</b>		<b>9h25</b>		<b>8h03</b>

Carte 1. Variante n°1 par Gènes et Pise

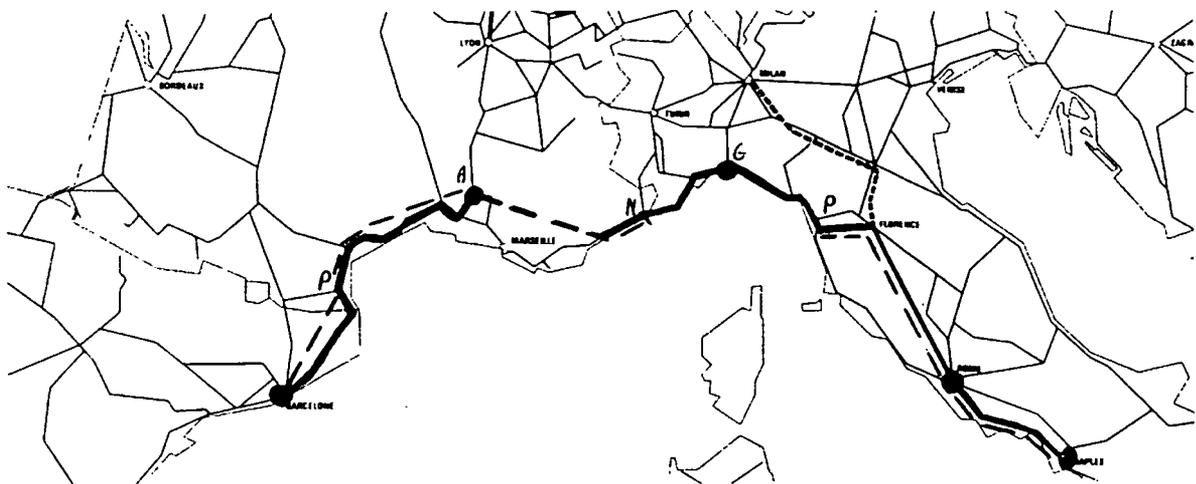
Investissement minimum



Investissement moyen



Investissement maximum



----- ligne à grande vitesse

## 2. Le tracé par Gênes et Milan

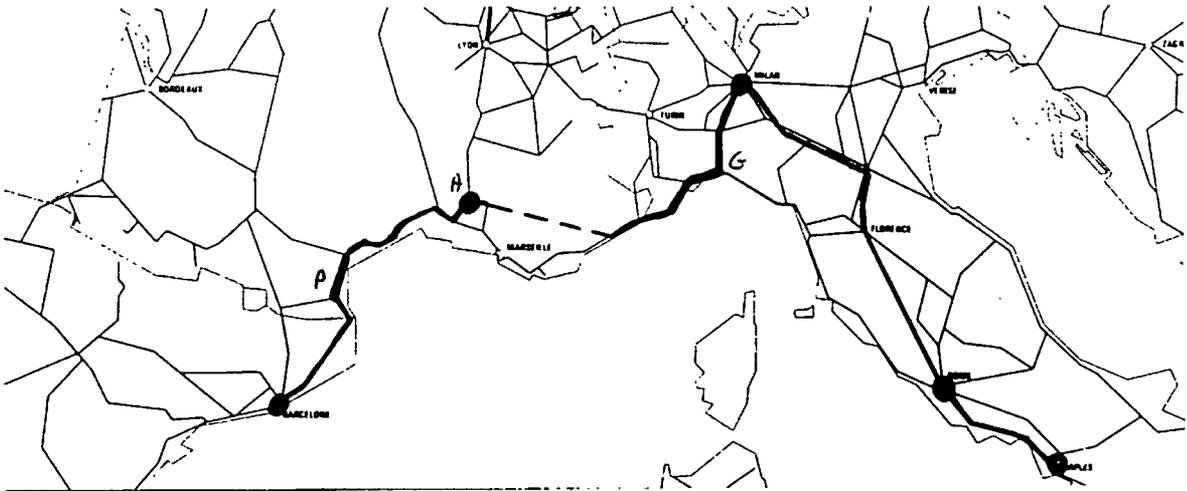
Le second tracé est identique au premier entre Barcelone et Gênes. De là il remonte vers le nord pour atteindre Milan, et ensuite atteint Rome par la "direttissima". La distance en est rallongée de 225 kilomètres, mais les grands centres sont desservis. Ce rallongement est très pénalisant pour les temps de parcours dès que l'on ne fait pas d'investissements importants.

**Tableau 3.2. Temps de parcours Barcelone Naples par Gênes et Milan**

Investissement	Minimum		Moyen		Maximum		
	Km	Km/h	Mn	Km/h	Mn	Km/h	Mn
BARCELONE-PERPIGNAN	218	160	82,81	300	45,74	300	45,58
PERPIGNAN-AVIGNON	259	160	97,87	200	78,63	300	53,19
ARRET AVIGNON			10,00		10,00		10,00
AVIGNON-ST RAPHAEL	110	300	24,29	300	24,29	300	24,14
ST RAPHAEL-NICE	64	160	24,05	160	24,05	200	19,35
NICE-GENES	186	120	93,00	120	93,00	120	93,00
GENES-MILAN	156	120	78,56	120	78,56	200	47,94
ARRET MILAN			10,00		10,00		10,00
MILAN-BOLOGNE	219	120	110,29	200	67,02	300	45,78
BOLOGNE-FLORENCE	97	120	48,50	200	29,10	300	19,40
FLORENCE-ROME	316	120	158,56	200	95,73	300	64,59
ARRET ROME			10,00		10,00		10,00
ROME-NAPLES	214	120	107,79	200	65,52	300	44,78
<b>TOTAL</b>	<b>1839</b>	<b>129</b>	<b>855,71</b>	<b>175</b>	<b>631,62</b>	<b>226</b>	<b>487,75</b>
<b>TOTAL</b>			<b>14h15</b>		<b>10h31</b>		<b>8h07</b>

Carte 2. Variante n°2 par Gênes et Milan

Investissement minimum



Investissement moyen



Investissement maximum



----- ligne à grande vitesse

### 3. Le tracé par Nice et Turin

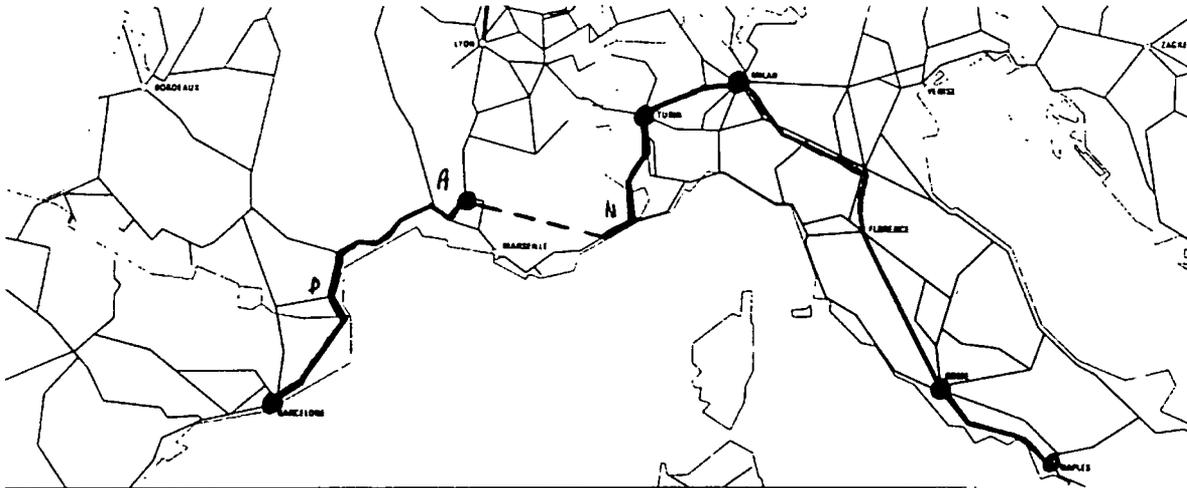
Ce tracé est identique au précédent jusqu'à Nice ; de là il est possible de rejoindre directement Turin par le col de Tende. Cet itinéraire est le plus long des trois tracés côtiers explorés. Il correspond à une voie ferrée existante, très peu empruntée et où la vitesse de circulation est extrêmement réduite. Ce tracé ne serait donc intéressant qu'en cas d'améliorations importantes. Mais il traverse une région protégée.

**Tableau 3.3. Temps de parcours Barcelone Naples par Nice et Turin**

Investissement	Minimum		Moyen		Maximum		
	Km	Km/h	Mn	Km/h	Mn	Km/h	Mn
BARCELONE-PERPIGNAN	218	160	82,81	300	45,74	300	45,58
PERPIGNAN-AVIGNON	259	160	97,87	200	78,63	300	53,19
ARRFT AVIGNON			10,00		10,00		10,00
AVIGNON-ST-RAPHAEL	110	300	24,29	300	24,29	300	24,14
ST-RAPHAEL-NICE	64	160	24,23	160	24,10	200	19,43
NICE-TURIN	208	70	178,61	100	25,26	100	25,26
ARRET TURIN			10,00		10,00		10,00
TURIN-MILAN	153	120	77,85	120	77,85	300	33,97
ARRET MILAN			10,00		10,00		10,00
MILAN-BOLOGNE	219	120	110,29	200	67,02	300	45,78
BOLOGNE-FLORENCE	97	120	48,50	200	29,10	300	19,40
FLORENCE-ROME	316	120	158,56	200	95,73	300	64,59
ARRET ROME			10,00		10,00		10,00
ROME-NAPLES	214	120	107,79	200	65,52	300	44,78
<b>TOTAL</b>	<b>1858</b>	<b>117</b>	<b>950,80</b>	<b>166</b>	<b>673,24</b>	<b>216</b>	<b>516,14</b>
<b>TOTAL</b>			<b>15h50</b>		<b>11h13</b>		<b>8h36</b>

Carte 3. Variante n°3 par Nice, Turin et Milan

Investissement minimum



Investissement moyen



Investissement maximum



----- ligne à grande vitesse

#### 4. Le tracé par Lyon, Chambéry, Turin et Milan

Ce tracé est le plus long de tous puisqu'il dépasse 2000 kilomètres. Il n'a donc aucun intérêt si aucun investissement pour la grande vitesse n'est réalisé. Mais c'est justement sur ce tracé que ces investissements ont le plus de chances de se réaliser : Marseille-Lyon, le contournement de Lyon, Milan-Naples. Il ne manque que le tronçon Lyon-Turin, qui demande certes un nouveau tunnel, mais dont le coût de construction n'est pas exorbitant par rapport au coût d'aménagement de Nice-Gênes. Surtout on remarque qu'avec la grande vitesse ce tronçon reste dans des temps compétitifs par rapport au plus rapide des trois autres : 8 heures 38 contre 8 heures 03.

Cet itinéraire présente deux avantages :

- celui de desservir, outre Turin et Milan, l'agglomération lyonnaise qui est un pôle important de trafic,
- celui de raccorder vers le nord l'arc méditerranéen au réseau européen à Lyon et à Milan.

**Tableau 3.4. Temps de parcours Barcelone Naples par Lyon, Turin et Milan**

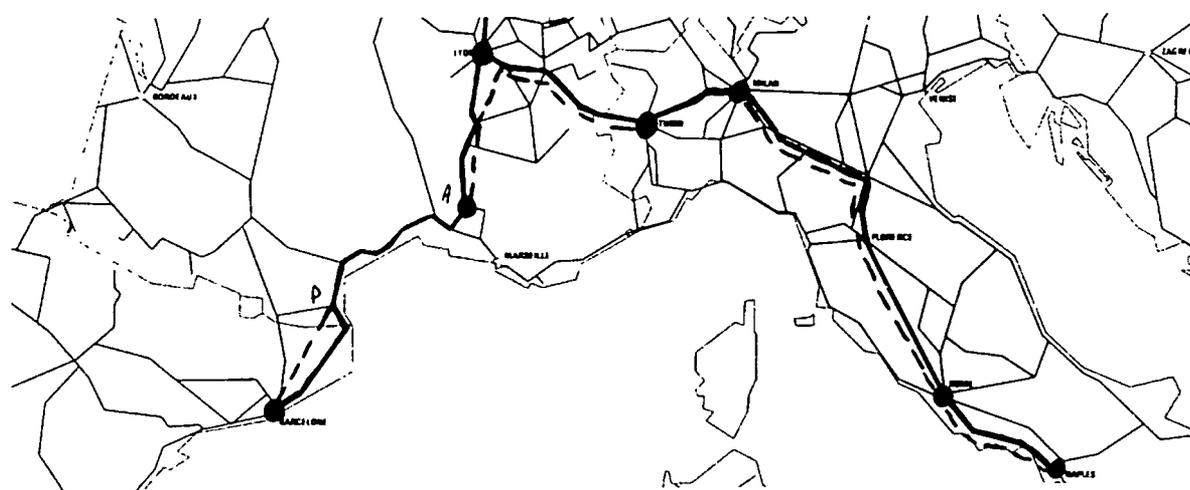
Investissement	Minimum		Moyen		Maximum		
	Km	Km/h	Mn	Km/h	Mn	Km/h	Mn
BARCELONE-PERPIGNAN	218	160	82,81	300	45,74	300	45,58
PERPIGNAN-AVIGNON	259	160	97,87	200	78,63	300	53,19
ARRET AVIGNON			10,00		10,00		10,00
AVIGNON-VALENCE	125	160	47,93	300	26,98	300	26,98
VALENCE-ST-QUENTIN	131	160	49,87	300	27,59	300	27,59
ARRET ST-QUENTIN			10,00		10,00		10,00
ST-QUENTIN-CHAMBERY	64	160	25,10	300	14,94	300	14,94
CHAMBERY-TURIN	220	120	110,56	200	66,93	200	66,93
ARRET TURIN			10,00		10,00		10,00
TURIN-MILAN	153	120	77,85	120	77,85	300	33,97
ARRET MILAN			10,00		10,00		10,00
MILAN-BOLOGNE	219	120	110,29	200	67,02	300	45,78
BOLOGNE-FLORENCE	97	120	48,50	200	29,10	300	19,40
FLORENCE-ROME	316	120	158,56	200	95,73	300	64,59
ARRET ROME			10,00		10,00		10,00
ROME-NAPLES	214	120	107,79	200	65,52	300	44,78
<b>TOTAL</b>	<b>2016</b>	<b>125</b>	<b>967,13</b>	<b>187</b>	<b>646,02</b>	<b>245</b>	<b>493,73</b>
<b>TOTAL</b>			<b>16h32</b>		<b>10h46</b>		<b>8h38</b>

Carte 4. Variante n°4 par Lyon, Chambéry, Turin et Milan

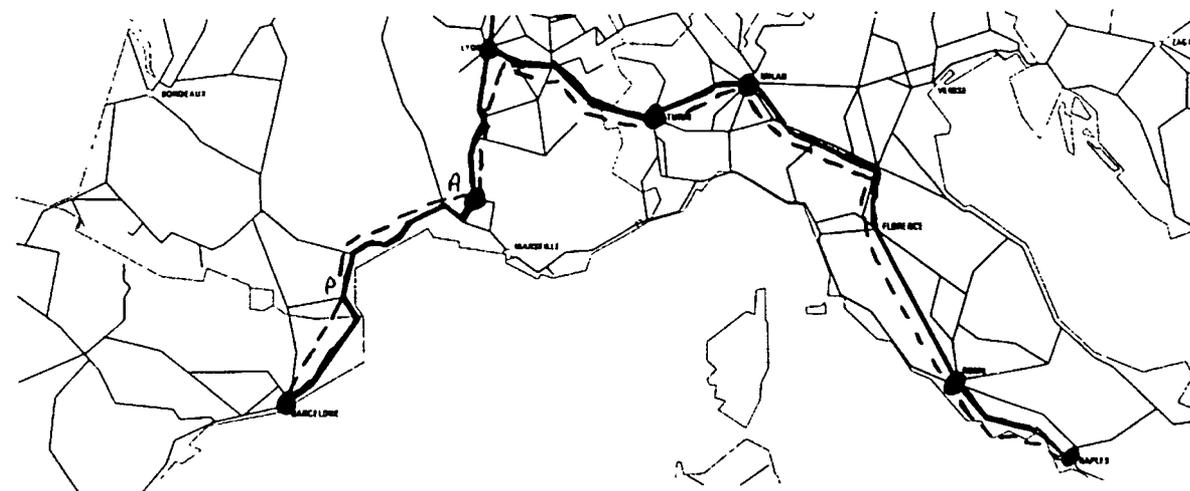
Investissement minimum



Investissement moyen



Investissement maximum



----- ligne à grande vitesse

### 5. La comparaison des variantes

Le tableau de synthèse des temps des quatre variantes permet de bien mettre en évidence les éléments de choix, et donc de réduire les données du problème pour les évaluations de la rentabilité.

La première question est de savoir quelles agglomérations doivent être desservies. Connaissant la logique de la grande vitesse ferroviaire qui exige des trafics suffisants sur des distances de 300 à 500 kilomètres, il semble exclu de ne pas desservir Milan. Le tracé n°1 perd donc une partie de son intérêt au regard de ce critère.

Entre le tracé n°2 et le tracé n°3, la seule différence est la desserte de Turin réalisée dans le 3 au prix d'un allongement du trajet.

Dernière remarque, la mise en place de la grande vitesse rend de plus en plus insensible les temps de déplacements à l'itinéraire choisi s'il est possible de faire la majeure partie du trajet à grande vitesse : le calcul des temps de parcours sur le tracé par Lyon montre que ce détour n'est pas pénalisant à la condition qu'il se fasse à grande vitesse. Les itinéraires ferroviaires du futur ne seront pas nécessairement les plus courts en distance kilométrique ; ce seront ceux qui permettront d'emprunter le plus souvent possible des tronçons à grande vitesse, et de réaliser ainsi les temps de parcours les plus courts.

**Tableau 4. Récapitulatif des temps par variante**

	Kilomètres	Investissement		
		Minimum	Moyen	Maximum
Variante 1	1614	12h23	9h25	8h03
Variante 2	1839	14h15	10h31	8h07
Variante 3	1858	15h50	11h13	8h36
Variante 4	2016	16h32	10h46	8h38

Pour l'étude des critères de rentabilité, nous examinerons donc aussi la possibilité de faire le trajet Barcelone-Rome en passant par la région lyonnaise, dans la mesure où nous restons dans des durées comparables.

### III. L'ESTIMATION DES POTENTIELS DE TRAFIC

L'estimation de la rentabilité économique des tronçons suppose que l'on puisse évaluer les variations du trafic consécutives à leur mise en service. Un modèle d'estimation du trafic de type gravitaire a donc été mis au point, qui repose sur la définition d'un réseau européen simplifié.

#### A. Un réseau simplifié

Pour évaluer correctement les effets d'une amélioration de l'offre sur un tronçon, il est nécessaire de pouvoir mesurer ses répercussions sur l'ensemble du réseau. Il ne pouvait donc pas être question d'estimer le trafic uniquement tronçon par tronçon, sous peine de masquer les "effets réseau" des nouvelles mises en service. Mais cette approche globale suppose que l'on ait défini auparavant un réseau de référence dans lequel seront pris en compte les effets de diffusion de l'amélioration.

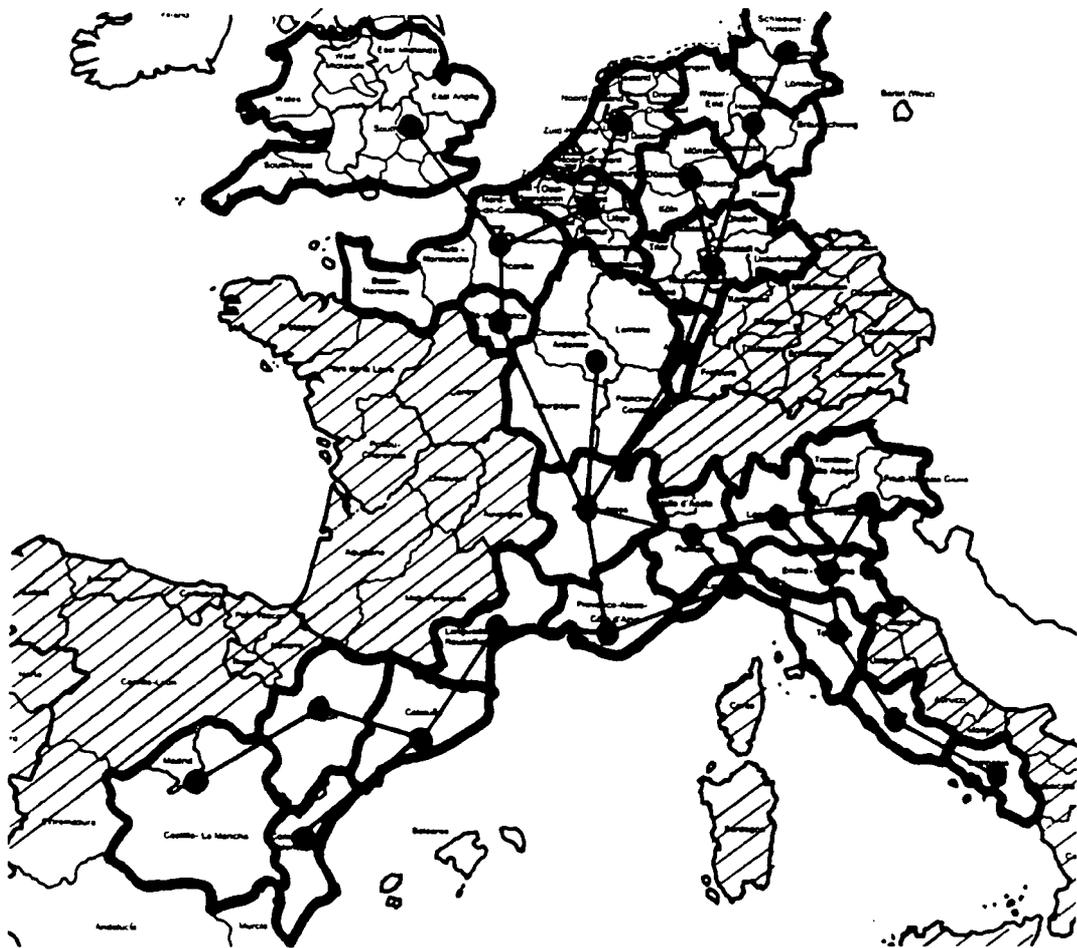
Une première simplification a été opérée : le réseau étudié ne recouvre pas la totalité de l'espace européen qui sera vraisemblablement concerné par le futur réseau ferré à grande vitesse. N'ont été retenues que les zones qui peuvent émettre ou recevoir du trafic concerné par les zones méditerranéennes.

La définition de ce réseau de travail repose en définitive sur les hypothèses suivantes :

- les arcs relient les barycentres de régions économiques ou de regroupements de régions, et non les villes ;
- les liaisons qui ne sont pas susceptibles d'avoir une influence sur le trafic méditerranéen n'ont pas été retenues ;
- le trafic de transit entre l'Allemagne et l'Italie à travers la Suisse ou l'Autriche n'a pas été pris en compte, car il ne concerne que les tronçons au-delà de Milan vers Rome ;
- de même le trafic entre l'Espagne et l'ouest de la France et ses prolongements vers le nord n'ont pas été intégrés, car il ne concerne pas directement l'arc méditerranéen ;
- tous les trafics est-ouest situés en France ou en Allemagne ont été eux aussi ignorés.

Les cartes 5 et 6 présentent, la première le découpage régional retenu, la seconde le réseau déterminé par ce découpage.

Carte 5. Découpage régional du modèle:



---

### B. La conception du modèle de potentiel de trafic

---

Pour retenir un modèle de trafic, l'embaras du choix existe devant les nombreux modèles qui ont été mis au point. Ce choix a été commandé en réalité par la nature des quelques données disponibles. Choisir un modèle désagrégé aurait nécessité de disposer de nombreuses données pour estimer les divers paramètres, ou, à défaut de données, de faire des hypothèses multiples et contraignantes. C'est pourquoi nous avons préféré un modèle agrégé de nature gravitaire qui ne nécessitait le recours qu'à un petit nombre de paramètres.



Il se présente sous la forme :

$$T_{ij} = k F_{ij} \frac{(P_i R_i)^a (P_j R_j)^b}{((H t_{ij}) + (c d_{ij}))^g}$$

avec les notations suivantes :

- $T_{ij}$  est le trafic entre la zone  $i$  et la zone  $j$ , en millions de voyageurs par an, deux sens réunis ;
- $k$  est un coefficient nécessaire au calibrage du modèle ;
- $F_{ij}$  est un coefficient de réduction du trafic en raison de l'existence d'une ou plusieurs frontières entre les zones  $i$  et  $j$  ;
- $P_i$  est la population de la zone  $i$  ;
- $R_i$  est l'indice de richesse de la zone  $i$  ;
- $a$  et  $b$  sont les élasticités du trafic par rapport à la population et à la richesse respectivement à l'émission et à la réception ;
- $H$  est la valeur horaire du temps exprimée en francs ;
- $t_{ij}$  est le temps de parcours pour aller de  $i$  à  $j$  ;
- $c$  est le coût unitaire du kilomètre de déplacement supporté par l'utilisateur, et donc aussi la recette par voyageur/kilomètre de l'exploitant ;
- $d_{ij}$  est la distance kilométrique entre les barycentres des zones  $i$  et  $j$  ;
- $g$  représente l'élasticité du trafic par rapport au coût généralisé.

### C. Le calage du modèle

Pour pouvoir utiliser ce modèle, il faut être en mesure de donner des valeurs aux différents paramètres et aux variables.

#### 1. les variables retenues

Quatre variables ont été retenues : la population de la zone, son indice de richesse, la distance entre les zones, et le temps de parcours

1. Les chiffres de population ont été extraits de l'annuaire Eurostat ; ils se rapportent à l'année 1984.
2. Les indicateurs de richesse sont calculés à partir du PIB régional et sont extraits de l'Office Statistique des Communautés Européennes (année 1985). Lorsque les régions de référence ont été fusionnées pour former une zone du modèle, l'indice de richesse de la zone est la moyenne des indices de chaque région, pondérée par la population.
3. Les distances entre chaque zone ont été estimées à partir des distances entre les barycentres des zones définies plus haut.

4. Enfin les temps de parcours (1) ont été estimés à la fois à partir des informations existantes dans les horaires nationaux et internationaux de la SNCF et à l'aide du modèle de temps de parcours présenté ci-dessus.

**Tableau 5. Population et richesse par zone**

	Population	PIB
Valence	3.736	79,0
Barcelone	6.019	92,0
Saragosse	1.209	81,0
Madrid	6.485	84,3
Montpellier	1.974	86,0
Marseille	4.021	107,0
Lyon	5.109	118,0
Bordeaux	7.115	95,2
Dijon	6.362	101,7
Paris	10.180	163,0
Lille	8.742	99,5
Strasbourg	1.588	119,0
Gênes	1.784	116,0
Turin	4.535	111,6
Milan	8.888	120,0
Venise	6.466	97,5
Bologne	3.950	116,0
Florence	3.581	103,0
Rome	5.068	97,0
Naples	5.585	64,0
Angleterre	27.455	104,7
Belgique	10.221	105,4
Hollande	14.421	111,2
Hambourg	6.355	123,6
Hanovre	7.555	105,2
Dusseldorf	16.162	114,2
Francfort	10.013	117,0

## 2. L'estimation des paramètres

Faute de disposer de données suffisantes les divers paramètres du modèle ont été estimés de manière successive, chaque itération donnant naissance à la vérification de la cohérence des résultats issus de cette estimation.

### a) Les constantes du coût généralisé

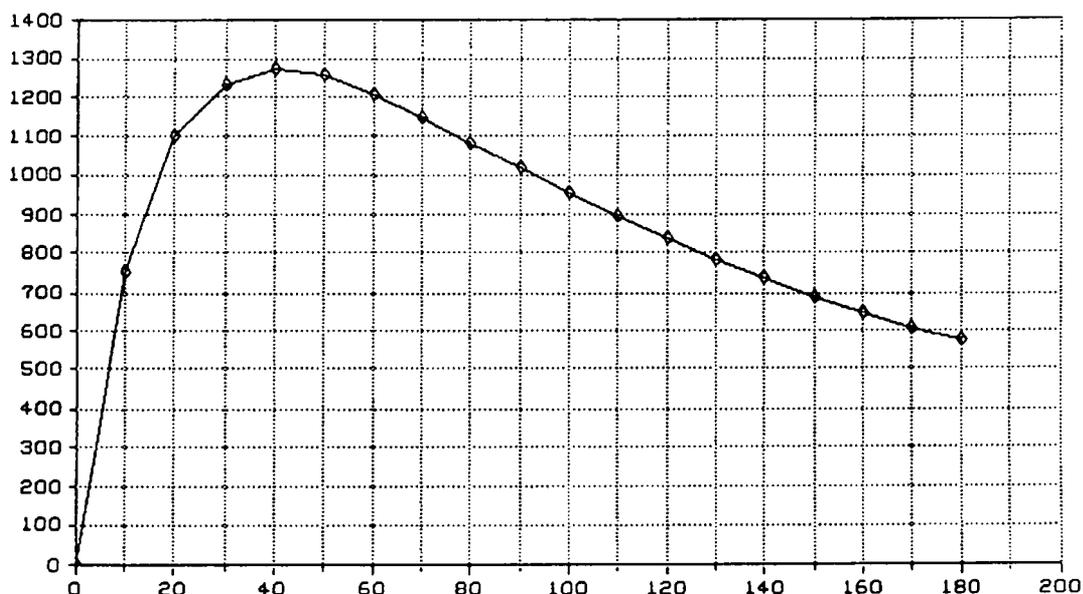
Le **prix unitaire du kilomètre** a été fixé à 60 centimes, chiffre proche de la moyenne des recettes kilométriques de la SNCF.

La **valeur de l'heure économisée** a été fixée à 60 francs. Dans la mesure où l'on ne distinguait pas entre les divers types de trafic, il fallait donner au temps une valeur moyenne. Pour

(1) Il ne faut pas oublier que le temps de parcours entre deux régions est la somme des temps de parcours élémentaires. L'absence, dans cette recherche exploratoire, d'un modèle d'affectation de trafic, conduit à ne pas modifier les itinéraires lorsque les temps de parcours sont modifiés par la mise en service d'un tronçon à grande vitesse.

l'élasticité/coût retenue (2), la valeur horaire qui maximise le gain de trafic en valeur absolue, tous les autres paramètres demeurant identiques, pour une vitesse passant de 120 à 270 km/h, se situe entre 40 et 45 francs (graphique 1).

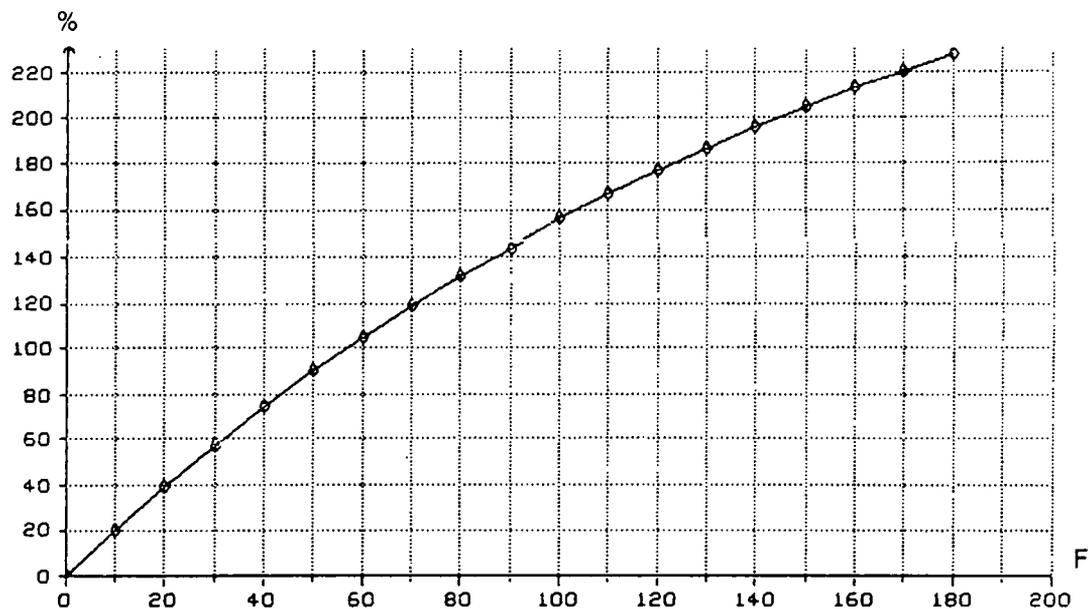
**Graphique 1. Variation absolue du trafic en fonction de la valeur du temps**



Pour ces mêmes valeurs des divers paramètres et pour la même réduction du temps de parcours, le choix d'une valeur horaire du temps à 60 francs correspond à un doublement du trafic (graphique 2) ; ce doublement correspond à la situation moyenne des villes du Sud-Est après la mise en service du TGV. Nous retiendrons donc cette valeur horaire de 60 francs.

(2) Cette valeur est égale à 2,2 et la justification en sera présentée plus loin.

**Graphique 2. Variation relative du trafic  
en fonction de la valeur du temps**



#### b) La valeur des élasticités

Les seuls chiffres de trafics internationaux dont nous disposons sont issus du travail de l'équipe espagnole. Ils fournissent des estimations de trafic, calculées au moyen du modèle TASK des Communautés Européennes, pour les relations entre les régions espagnoles et les grandes régions européennes. La carte n°7 ci-dessous présente les découpages retenus dans le cadre des estimations fournies par TASK.



quoi, les estimations des élasticités s'est faite uniquement à partir des trafics émis ou reçus par Valence et Barcelone, à partir des chiffres fournis dans le rapport espagnol (page 34).

Les résultats des régressions multiples effectués sur ces données sont les suivants :

	a	b	g	r <sup>2</sup>
Barcelone seul	*	0,63	2,10	0,409
Valence seul	*	0,70	3,44	0,427
Barcelone + Valence	0,99	0,64	2,55	0,513

Si l'on impose comme valeurs à a et b l'unité, on obtient les valeurs suivantes :

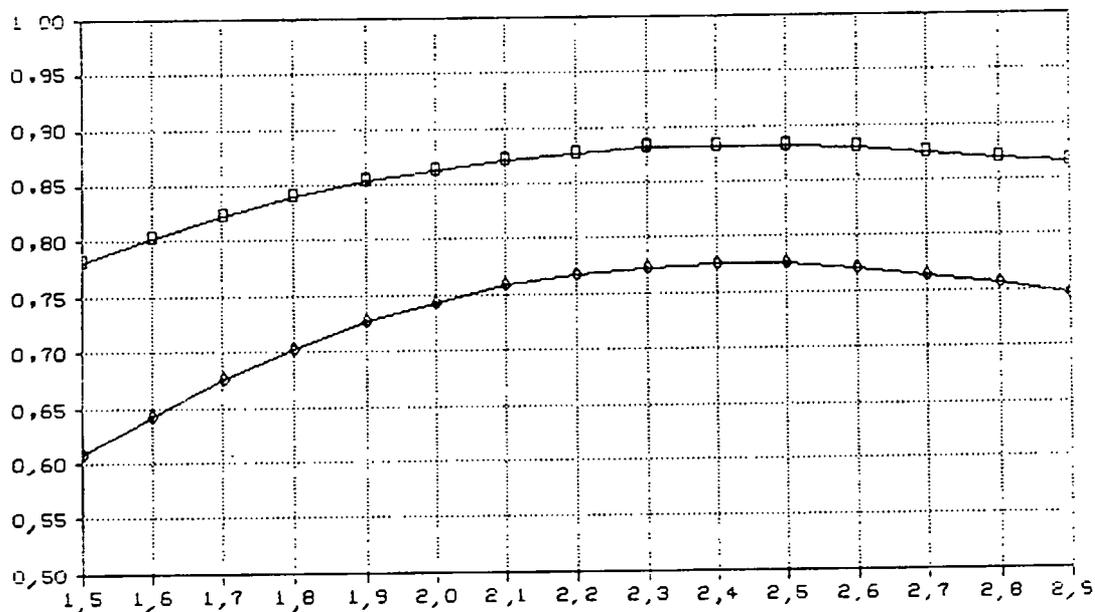
	a	b	g	r <sup>2</sup>
Barcelone + Valence	(1,0)	(1,0)	2,84	0,534

Nous retiendrons comme valeurs pour a et b l'unité.

A partir de ces mêmes données, on peut mesurer l'évolution du coefficient de corrélation en fonction de la valeur retenue pour g, comme le montre le graphique n° 3.

**Graphique 3. Variation du coefficient de corrélation en fonction de la valeur de g**

Corrélation/R<sup>2</sup>



Elasticité

Toutes ces estimations nous conduisent ainsi à retenir une valeur de g supérieur à 2. Mais le choix d'une valeur élevée pour g a deux conséquences :

- d'une part elle entraîne une forte sensibilité à la variation du temps de déplacements ;
- d'autre part elle tend à faire disparaître le trafic à longue distance.

Or, pour l'objectif que nous poursuivons, ces deux exigences sont contradictoires, puisque c'est ce trafic à longue distance qui nous intéresse, et que le modèle doit être sensible aux variations des temps de parcours. C'est pourquoi nous avons fixé la valeur de  $g$  à 2,2. Cette valeur, associée aux valeurs du temps et aux coûts du déplacement, donne un modèle qui réagit "correctement" aux diverses sollicitations qu'on lui impose.

### 3. Le calibrage du modèle

Il reste, pour rendre ce modèle opératoire, à le calibrer. En effet les paramètres retenus dans les étapes précédentes ne permettent pas d'obtenir un ordre de grandeur des potentiels de trafic que nous cherchons à calculer. C'est pourquoi il faut fixer des valeurs à  $k$  et à  $F_{ij}$ .

#### a) Le coefficient $k$

La valeur de  $k$  a été fixée à partir des renseignements obtenus à partir de l'enquête de trafic réalisée sous la responsabilité de l'O.E.S.T. par la SNCF et Air Inter. Elle permet de mesurer l'accroissement du trafic ferroviaire entre Paris et le Sud-Est (y compris le trafic international) à la suite de la mise en service du TGV : le trafic serait passé de 12 millions de voyageurs par an en 1981 à 18 millions en 1984. Comme nous le verrons, le modèle permet d'obtenir des accroissements du même ordre de grandeur.

#### b) La valeur des effets frontière

Mais la fixation de la valeur de  $k$  selon le procédé évoqué ci-dessus conduit à surestimer considérablement le trafic international. Il faut donc réduire ce dernier au moyen du coefficient  $F_{ij}$ . Pour fixer des valeurs par couple de pays à ce paramètre, nous avons pris comme base les échanges de voyageurs entre les grands réseaux européens (3).

**Tableau 6. Echanges de trafic entre les réseaux européens(en milliers)**

<b>1980</b>	France	Italie	R.Uni	Belgique	Allemagne
Espagne	1128	47	20	55	115
France	**	3375	2602	2192	2105
<b>1986</b>	France	Italie	R.Uni	Belgique	Allemagne
Espagne	1026	106	16	31	105
France	**	3344	1426	2369	1860

A partir de ces chiffres et des résultats issus du modèle, des coefficients d'effet frontière peuvent être calculés ; pour déterminer ces valeurs, on a tenu compte du fait que le modèle mis au point n'intègre pas la totalité des trafics entre la France et l'Espagne, la France et l'Allemagne. Le tableau 7 rassemble les coefficients retenus qui doivent être compris comme les valeurs

(3) Communauté européenne des chemins de fer, Réseau européen à grande vitesse, Elaboration d'une proposition de la Communauté Européenne des chemins de fer, Annexes A3A.5 et A3A.6, source U.I.C., mars 1988.

correspondant à la situation actuelle. Par la suite, dans l'utilisation du modèle, nous ferons diverses hypothèses de réduction de ces effets frontière.

**Tableau 7. Coefficients d'effets frontière**

	Espagne	France	Italie	R.Uni	Bénélux	Allemagne
Espagne	1	10	20	20	20	20
France	10	1	8	15	20	15
Italie	20	8	1	10	7	15
R.Uni	20	15	10	1	10	10
Bénélux	20	20	7	10	1	10
Allemagne	20	15	15	10	10	1

On peut faire des hypothèses plus ou moins optimistes en estimant que ces effets frontière se réduiront au cours du temps. Nous estimerons que les coefficients varient de façon homothétique pour tous les pays. Comme ces coefficients doivent varier entre le maximum décrit dans le tableau précédent et 1, nous avons retenu la formule suivante où  $a$  est le coefficient de réduction de ces effets :

$$F_{ij}^* = (F_{ij} - 1) (1 - a) + 1$$

Si l'on exprime  $a$  en pourcentages de réduction, on obtient pour une valeur de départ de 20 les valeurs suivantes :

**Tableau 8. Réduction de l'effet frontière**

Réduction	0%	20%	40%	60%	80%	100%
Effet frontière	20.0	16.2	12.4	8.6	4.8	1.0

Il sera ainsi possible de tester la sensibilité des taux de rentabilité des divers tronçons à une réduction éventuelle des effets frontières.



#### IV. L'ESTIMATION DES COÛTS

Pour arriver à une évaluation économique de la rentabilité d'un investissement, il est nécessaire de pouvoir estimer les dépenses d'investissement et les charges d'exploitation.

L'évaluation des coûts de construction des infrastructures ne pose, en théorie, pas de grandes difficultés ; elle ne dépend que des itinéraires retenus et des techniques de construction. Des incertitudes subsistent toutefois sur l'évolution de certains prix unitaires sur une période de l'ordre de 25 ans.

L'investissement correspondant au matériel roulant est en revanche beaucoup plus difficile à évaluer. En effet dans le cas de la mise en service d'une ligne à grande vitesse, une partie du matériel nouveau vient progressivement remplacer du matériel ancien qu'il n'est donc plus nécessaire de renouveler. Les dépenses réelles d'investissement en matériel roulant sont donc égales aux achats des nouveaux matériels défalqués des économies réalisées sur le renouvellement des matériels anciens.

Cette méthode de calcul suppose que l'on puisse disposer d'une information suffisante sur l'état du parc actuel et les échéances de renouvellement. Une société exploitante peut le faire, et la SNCF a procédé ainsi dans le bilan économique qu'elle a dressé de la mise en service du TGV Sud-Est. Mais cette méthode était inapplicable dans le cadre de cette recherche exploratoire. C'est pourquoi nous avons fait l'hypothèse suivante : la quantité de matériel roulant à acquérir dans le cas de la mise à grande vitesse d'un tronçon est **celle nécessaire pour assurer l'écoulement du supplément de trafic** engendré par la réduction du temps de parcours. Le solde des acquisitions de matériel à grande vitesse peut être considéré comme une opération de renouvellement du matériel ancien, et donc n'entre pas dans le calcul de la rentabilité de l'opération.

---

#### A. Les coûts d'investissement

---

Dans les coûts d'investissement, il faut distinguer entre les coûts liés à la construction des voies nouvelles et l'achat du matériel roulant.

##### 1. Les coûts de construction des lignes nouvelles

Pour estimer les coûts de construction des tronçons à grande vitesse, nous avons pris comme base les coûts unitaires français estimés à partir des informations publiées par la SNCF sur les travaux du TGV Sud-Est et du TGV Atlantique. Ces prix ont tous été réévalués en Francs constants 1985.

### a) Une approche simplifiée

Plutôt que d'estimer de façon très fine les coûts de construction des divers tronçons à partir d'un tracé qui ne pourrait être déterminé que de façon arbitraire, nous avons préféré calculer les coûts moyens de construction d'une ligne à grande vitesse dans trois cas différents :

- un coût **normal** correspondant à la construction de la voie nouvelle dans des conditions de relief sans grande difficulté,
- un coût de construction en **zone montagneuse** impliquant des tunnels et des viaducs,
- un coût de construction **intermédiaire**.

Les coûts unitaires qui ont servi à calculer ces trois types de coût sont les suivants :

- infrastructure "normale" : 16 MF le kilomètre,
- superstructure : 14 MF le kilomètre,
- viaduc : 100 MF le kilomètre,
- tunnel : 140 MF le kilomètre.

On obtient ainsi les coûts unitaires qui ont servi de base aux calculs de rentabilité :

- zone facile (**F**) : 30 MF le kilomètre,
- zone difficile (**D**) : 60 MF le kilomètre,
- zone de montagne (**TD**) (10 à 20% de voie normale, 20 à 40% de viaduc, 40 à 70% de tunnel) : 100 à 120 MF le kilomètre.
- la rectification et l'aménagement de voies existantes (**A**) : de l'ordre de 15 MF le kilomètre.

### b) Des ordres de grandeur

Appliqués aux différents tronçons à construire, ces ratios permettent de fournir des ordres de grandeur des dépenses d'investissement à envisager pour la construction de lignes nouvelles à grande vitesse. Ces chiffres devraient toutefois être affinés dès qu'un projet précis serait mis à l'étude, en particulier pour étudier diverses variantes de tracé.

Les tableaux suivants explicitent les éléments qui ont permis d'aboutir à des coûts globaux par tronçon.

**Tableau 9.1. Coût de construction Lyon Paris**

	Kilomètres	Travaux	Infrastr.	Superstr.
LYON-PARIS	390	F	6.240	5.460
<b>TOTAL</b>	<b>390</b>	<b>F</b>	<b>6.240</b>	<b>5.460</b>
<b>COÛT DE CONSTRUCTION TOTAL</b>				<b>11.700</b>

**Tableau 9.2. Coût de construction Lyon-Marseille**

	Kilomètres	Travaux	Infrastr.	Superstr.
CONTOURNEMENT	38	D	1.748	532
SATOLAS VALENCE	80	F	1.280	1.120
VALENCE MARSEILLE	205	F	3.280	2.870
<b>TOTAL</b>	<b>323</b>		<b>6.308</b>	<b>4.522</b>
<b>COÛT DE CONSTRUCTION TOTAL</b>				<b>10.830</b>

**Tableau 9.3. Coût de construction Barcelone-Avignon**

	Kilomètres	Travaux	Infrastr.	Superstr.
BARCELONE TUNNEL	146	F	2.336	2.044
TUNNEL	10	TD	960	140
TUNNEL MONTPELLIER	200	F	3.200	2.800
MONTPELLIER AVIGNON	100	F	1.600	1.400
<b>TOTAL</b>	<b>456</b>		<b>8.096</b>	<b>6.384</b>
<b>COÛT DE CONSTRUCTION TOTAL</b>				<b>14.480</b>

**Tableau 9.4. Coût d'aménagement de Barcelone-Avignon**

	Kilomètres	Travaux	Infrastr.	Superstr.
BARCELONE TUNNEL	146	F	2.336	2.044
TUNNEL	10	TD	960	140
TUNNEL MONTPELLIER	200	A	2.400	600
MONTPELLIER AVIGNON	100	F	1.600	1.400
<b>TOTAL</b>	<b>456</b>		<b>7.296</b>	<b>4.184</b>
<b>COÛT DE CONSTRUCTION TOTAL</b>				<b>11.480</b>

**Tableau 9.5. Coût de construction Marseille-Gênes**

	Kilomètres	Travaux	Infrastr.	Superstr.
AVIGNON ST RAPHAEL	100	F	1.600	1.400
ST RAPHAEL TANNERON	11	D	506	154
TANNERON	5	TD	480	70
TANNERON CANNES	37	D	1.702	518
CAGNES ST LAURENT	6	TD	576	84
TRAVERSEE NICE	15	TD	1.440	210
NICE VINTIMILLES	25	TD	2.400	350
a) VINTIMILLE GENES	80	D	3.680	1.120
b) VINTIMILLE GENES	70	TD	6.720	980
<b>TOTAL</b>	<b>349</b>		<b>19.104</b>	<b>4.886</b>
<b>COÛT DE CONSTRUCTION TOTAL</b>				<b>23.990</b>

**Tableau 9.6a. Coût de construction Lyon-Turin**

	Kilomètres	Travaux	Infrastr.	Superstr.
LYON LA TOUR DU PIN	56	F	896	784
LA TOUR DU PIN DULLIN	30	D	1.380	420
TUNNEL DULLIN	2	TD	192	28
DULLIN AIGUEBELETTE	6	D	276	84
TUNNEL EPINE	2	TD	192	28
EPINE ST ANDRE	10	D	460	140
ST ANDRE LA ROCHETTE	12	D	552	168
LA ROCHETTE BELLEDONE	5	D	230	70
TUNNEL BELLEDONNE	10	TD	960	140
TUNNEL ST JEAN	15	D	690	210
ST JEAN ST MICHEL	13	TD	1.248	182
ST MICHEL MODANE	18	TD	1.728	252
MODANE BRAMANS	10	TD	960	140
TUNNEL	20	TD	1.920	280
TUNNEL BUSSOLENO	15	TD	1.440	210
BUSSOLENO TURIN	53	D	2.438	742
<b>TOTAL</b>	<b>277</b>		<b>15.562</b>	<b>3.878</b>
<b>COÛT DE CONSTRUCTION TOTAL</b>				<b>19.440</b>

**Tableau 9.6b. Coût de construction Lyon-Turin**

	Km	Travaux	Infrastr.	Superstr.
LYON DULLIN	80	F	1.280	1.120
TUNNEL DULLIN	2	TD	192	28
DULLIN L'EPINE	6	D	276	84
TUNNEL L'EPINE	3	TD	288	42
TRAVERSEE CHAMBERY	12	D	552	168
CHALLES MONTMELIAN	8	D	368	112
MONTMELIAN CHAMOUSSE	18	D	828	252
TUNNEL AIGUEBELLE	2	TD	192	28
AIGUEBELLE ST JEAN	35	D	1.610	490
ST JEAN ST MICHEL	15	TD	1.440	210
ST MICHEL MODANE	17	TD	1.632	238
TUNNEL	20	TD	1.920	280
BARDONECHE OULX	15	TD	1.440	210
OULX SUZE	23	D	1.058	322
SUZE TURIN	50	F	800	700
<b>TOTAL</b>	<b>306</b>		<b>13.876</b>	<b>4.284</b>
<b>COÛT DE CONSTRUCTION TOTAL</b>				<b>18.160</b>

Les ordres de grandeur des coûts totaux de construction des différents tronçons sont donc les suivants :

- Lyon-Paris (source SNCF) : 11.700 MF,
- Lyon-Marseille : 10.830 MF,
- Barcelone-Avignon : 14.480 MF en construction neuve ou 11.480 MF en aménagement de la voie existante,
- Marseille-Gênes : 23.990 MF en construction neuve,
- Lyon-Turin en construction neuve : variante a) 19.440 MF ; variante b) 18.160 MF.

Ces coûts correspondent à la réalisation d'une voie nouvelle adaptée à la très grande vitesse (300 km/h) ou d'un aménagement pour une circulation à 200 km/h, exceptées les entrées et les sorties des villes qui se font par les voies existantes.

## 2. Les coûts d'achat des rames

Nous retiendrons comme prix unitaire d'une rame celle fournie par la SNCF, soit 80 MF. Les estimations que l'on peut obtenir sur le coût des rames italiennes sont plus élevées. Nous conserverons donc l'hypothèse la plus favorable.

Rappelons que nous avons fait l'hypothèse que le coût total d'investissement en matériel roulant est fonction du nombre de kilomètres-passagers supplémentaires à assurer. Pour passer de ce dernier chiffre au nombre de rames à acquérir, nous avons pris pour base les résultats d'exploitation fournis par la SNCF pour les premières années du TGV Sud-Est.

Les valeurs de base sont les suivantes :

1. une rame fait en moyenne 428 circulations par an,
2. chaque circulation est en moyenne de 810 km,
3. chaque rame peut accueillir 400 personnes,
4. le taux de remplissage moyen a été fixé à 60% alors qu'il est de l'ordre de 72% pour le TGV Sud-Est.

Les valeurs volontairement sous-estimées pour la capacité et le taux d'occupation évitent de sous-estimer le nombre de rames à acquérir.

Une rame à grande vitesse peut ainsi permettre d'offrir par an 99,8 millions de kilomètres-passagers.

---

## B. Les coûts d'exploitation

---

Les coûts d'exploitations retenus dans le bilan économique intègrent les amortissements de l'infrastructure et du matériel roulant, et les dépenses liées à la circulation des rames.

### 1. Les amortissements

Un amortissement linéaire a été retenu pour les dépenses d'infrastructure et de matériel roulant. Seules les durées varient selon la nature des biens à amortir. Dans ses calculs de rentabilité, la SNCF a retenu les durées d'amortissement suivantes :

- terrassements : 40 ans,
- superstructures de la voie : 20 ans,
- rames : 15 ans.

## 2. Les dépenses de fonctionnement

Les dépenses de fonctionnement comprennent normalement des coûts fixes et des coûts variables. Parce qu'il nous était impossible de répartir les coûts d'exploitation entre ce qui dépendait du nombre de rames et des distances parcourues et ce qui dépendait de la longueur du réseau à grande vitesse mis en service, nous avons ramené toutes les dépenses de fonctionnement au nombre de rames-kilomètres offert en retenant comme source d'information les dépenses publiées par la SNCF.

**Tableau 10. Dépenses de fonctionnement en MF courants**

	1984	1985	1986
Rames x km	32.200.000	34.400.000	36.739.200 (estimé)
Mouvement	21	26	27
Conduite	56	69	74
Energie	208	257	273
Opérations commerciales	254	314	333
Entretien matériel roulant	323	400	424
Installations fixes	84	104	110
Divers	94	116	123
<b>TOTAL</b>	<b>1040</b>	<b>1286</b>	<b>1364</b>

Rapportées au nombre de rames-kilomètres et ramenées en francs constants 1985, les valeurs précédentes deviennent les suivantes :

**Tableau 11. Dépenses de fonctionnement en F constants par rame x km**

	1984	1985	1986
Mouvement	0,67 F	0,76 F	0,71 F
Conduite	1,79 F	2,01 F	1,96 F
Energie	6,65 F	7,47 F	7,21 F
Opérations commerciales	8,12 F	9,13 F	8,80 F
Entretien matériel roulant	10,33 F	11,63 F	11,20 F
Installations fixes	2,69 F	3,02 F	2,91 F
Divers	3,01 F	3,37 F	3,25 F
<b>TOTAL</b>	<b>33,27 F</b>	<b>37,38 F</b>	<b>36,05 F</b>

## V. LA DETERMINATION DU TAUX DE RENTABILITE

Nous disposons maintenant de tous les éléments pour déterminer les taux de rentabilité. Rappelons en rapidement la définition : c'est le taux d'intérêt qui rend nulle la somme actualisée des dépenses et des recettes sur une période donnée. Pour rendre comparables les résultats obtenus avec ceux obtenus par la SNCF, nous avons retenu une période de 25 ans. Les recettes ou les dépenses intervenant au-delà de cette date ne sont plus prises en compte. De plus les dépenses d'investissement sont affectées en totalité à l'année zéro.

### A. La rentabilité financière pour l'entreprise

Dans le calcul du taux de rentabilité pour l'entreprise, ou taux de rentabilité interne, seules sont retenues les recettes effectivement perçues par l'entreprise. Pour rapprocher les méthodes de calcul de celles utilisées par la SNCF, nous avons fait l'hypothèse que le supplément de recettes lié à la mise en service du TGV augmente de 6% par an. En effet la SNCF a observé que la clientèle continuait à augmenter plusieurs années après la mise en service du TGV Sud-Est. Cette croissance a été limitée aux dix premières années ; au-delà les recettes sont stables.

Du côté des charges nous trouvons :

- les dépenses de construction de l'infrastructure à l'année 0,
- l'achat du matériel roulant,
- les dépenses annuelles d'amortissement actualisées,
- les dépenses de fonctionnement actualisées.

Mais ces charges peuvent être allégées si l'Etat ou les collectivités locales prennent en charge une part plus ou moins importante des coûts de construction et d'achat des rames. La subvention ainsi consentie aura un double effet sur le taux de rentabilité interne :

- d'une part elle réduit, voire supprime, les coûts liés à la construction de l'infrastructure et à l'achat du matériel roulant ;
- d'autre part elle réduit d'autant la charge des amortissements puisque l'exploitant n'a plus à amortir les sommes équivalentes à la subvention.

Aucune hypothèse n'a été faite sur les taux d'inflation qui pourraient éventuellement alléger les charges liées à l'investissement : tous les calculs ont été effectués en francs constants 1985. De même les conséquences du mode de financement n'ont pas été introduits dans ces premières évaluations.

---

### B. La rentabilité pour la collectivité

---

Pour le calcul du taux de rentabilité collective ou taux de rentabilité sociale, les dépenses prises en compte sont identiques à celles retenues pour le taux de rentabilité interne ; les coûts liés à l'économie d'énergie, à l'environnement (bruit et pollution) n'ont pas été introduits. Le versement ou non d'une subvention ne modifie pas les coûts pour la collectivité qui, par définition, restent inchangés.

Du côté des recettes, on retrouve les mêmes recettes que pour le taux de rentabilité interne, auxquelles ont été ajoutés les avantages pour la collectivité. Seuls ont été retenus les gains de temps. Si l'on retient les notations suivantes :

- $T_0$  le trafic avant la mise en service du train rapide,
- $H_0$  la durée du parcours avant la mise en service du train rapide,
- $Q_1$  le trafic après la mise en service,
- $H_1$  la durée du parcours après la mise en service,
- $H$  la valeur horaire du temps,

l'avantage correspondant au gain de temps est égal à :

$$H ( T_0 (H_0 - H_1) + (H_0 - H_1)(T_1 - T_0) 0,5)$$

Ce gain de temps est calculé pour chaque liaison et agrégé pour l'ensemble des liaisons prises en compte sur la totalité du réseau.

---

### C. La confirmation de la pertinence du modèle

---

Le modèle a tout d'abord été testé sur des tronçons pour lesquels les taux de rentabilité ont été calculés par la SNCF : il s'agit bien évidemment de Lyon-Paris dont le taux de rentabilité interne se situe aux alentours de 13 à 14%, et de Lyon-Marseille pour lequel les prévisions donnent un taux de rentabilité interne de 10% environ. Les deux tableaux suivants résument les résultats obtenus à l'aide du modèle : si l'on s'en tient aux seuls taux de rentabilité interne, on obtient sur Lyon-Paris un taux de 12,4% et de 8,3% pour Lyon-Marseille. A un point près, le modèle nous fournit de bonnes approximations quoiqu'un peu pessimistes : les simplifications introduites ne remettent donc pas en cause la validité du modèle.

Tableau 12. Evaluation de Paris-Lyon

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Inchangé	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Inchangé	
Barcelone-Montpellier	Inchangé	Inchangé
Montpellier-Marseille	Inchangé	Inchangé
Marseille-Gênes	Inchangé	Inchangé
Lyon-Turin	Inchangé	Inchangé
Turin-Milan	Inchangé	Inchangé
Milan-Bologne	Inchangé	Inchangé
Bologne-Florence	Inchangé	Inchangé
Florence-Rome	Inchangé	Inchangé
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	11.996	18.499
Espagne-Marseille	784	815
Lyon-Marseille	7.601	8.439
Lyon-Turin	3.498	3.914
Marseille-Gênes	791	791

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				11.700
Rames			46	3.680
Exploitation				567
Amortissements				674

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	97.001	100.891	3.891	
Recettes annuelles	58.200	60.535		2.334
Gains de temps			30.615	
Valeur du temps				1.837
Avantages collectivité				4.171

**Rentabilité**

Rentabilité interne	12,4%
Rentabilité collective	23,0%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	126	213	123
Marseille	0	4.488	2.373	668
Lyon	0	0	7.519	1.545
Nord	0	0	0	1.891

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	126	244	123
Marseille	0	4.488	3.180	668
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.307

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 13. Evaluation de Lyon-Marseille

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Barcelone-Montpellier	Inchangé	Inchangé
Montpellier-Marseille	Inchangé	Inchangé
Marseille-Gênes	Inchangé	Inchangé
Lyon-Turin	Inchangé	Inchangé
Turin-Milan	Inchangé	Inchangé
Milan-Bologne	Inchangé	Inchangé
Bologne-Florence	Inchangé	Inchangé
Florence-Rome	Inchangé	Inchangé
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	18.499	19.582
Espagne-Marseille	815	883
Lyon-Marseille	8.439	14.241
Lyon-Turin	3.914	3.923
Marseille-Gênes	791	791

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				10.830
Rames			29	2.320
Exploitation				361
Amortissements				538

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	100.891	103.364	2.473	
Recettes annuelles	60.535	62.019		1.484
Gains de temps			19.167	
Valeur du temps				1.150
Avantages collectivité				2.634

**Rentabilité**

Rentabilité interne	8,3%
Rentabilité collective	16,6%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)**

Avant aménagement	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	126	244	123
Marseille	0	4.488	3.180	668
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.307

Après aménagement	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	123
Marseille	0	9.101	4.222	668
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.316

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 14. Evaluation de Paris-Marseille

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Inchangé	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Inchangé	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	Inchangé
Montpellier-Marseille	Inchangé	Inchangé
Marseille-Gênes	Inchangé	Inchangé
Lyon-Turin	Inchangé	Inchangé
Turin-Milan	Inchangé	Inchangé
Milan-Bologne	Inchangé	Inchangé
Bologne-Florence	Inchangé	Inchangé
Florence-Rome	Inchangé	Inchangé
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	11.996	19.582
Espagne-Marseille	784	883
Lyon-Marseille	7.601	14.241
Lyon-Turin	3.498	3.923
Marseille-Gênes	791	791

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				22530
Rames			76	6080
Exploitation				928
Amortissements				1.218

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	97.001	103.364	6.364	
Recettes annuelles	58.200	62.019		3.818
Gains de temps			50.153	
Valeur du temps				3.009
Avantages collectivité				6.827

**Rentabilité**

Rentabilité interne	10,5%
Rentabilité collective	20,1%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	126	213	123
Marseille	0	4.488	2.373	668
Lyon	0	0	7.519	1.545
Nord	0	0	0	1.891

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	123
Marseille	0	9.101	4.222	668
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.316

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.



## VI. LES REFLEXIONS STRATEGIQUES ISSUES DU MODELE

L'étude des temps de parcours des différentes variantes avait montré une indétermination croissante du choix de l'itinéraire au fur et à mesure que la vitesse augmentait. Il nous faut maintenant utiliser le modèle mis au point pour évaluer la rentabilité des différentes solutions. Les quatre variantes présentées plus haut ne pourront pas être testées à l'aide du modèle. En effet celles-là reproduisent des temps et des parcours correspondant à la réalité tandis que celui-ci correspond à une structure simplifiée due à la nature régionale des données.

Le modèle va donc évaluer la rentabilité des trois tronçons-clé des différents itinéraires possibles :

- Barcelone-Marseille,
- Marseille-Gênes,
- Lyon-Turin.

Chacun de ces deux derniers tronçons sera évalué dans des environnements légèrement différents, pour tester si la réalisation d'autres éléments du réseau modifie de façon importante leur rentabilité.

La combinaison de ces trois tronçons permet de bien mettre en évidence les conséquences du choix d'un trajet "nord" par rapport aux différents trajets "sud" pour relier les grands centres de l'arc méditerranéen.

---

### A. Des taux de rentabilité très différenciés

---

L'examen des différents tronçons met en évidence leur situation très différenciée, comme le montre le tableau 15.

**Tableau 15. Rentabilités comparées des tronçons**

	Marseille Gênes	Barcelone Marseille	Lyon Turin	Paris Lyon
Coûts de construction	23,9	14,5	19,4	11,7
Rentabilité interne	***	-6,7%	-0,3%	12,4%
Rentabilité collective	***	-0,7%	5,8%	23,0%

#### 1. Le tronçon Barcelone-Marseille

Le tronçon **Barcelone-Marseille** (tableau 16) a des taux de rentabilité négatifs, mais la rentabilité collective est proche de zéro. Il suffirait que les Etats, les régions ou des collectivités locales participent partiellement au financement des dépenses d'infrastructure pour que la rentabilité devienne positive.

Si les quelques 8 milliards correspondant aux dépenses de terrassement sont ainsi prises en charge, les taux de rentabilité deviennent respectivement de 1,6% et de 8,0%. On voit donc que ce tronçon pourrait voir le jour dans des conditions financières qui ne semblent pas irréalistes, d'autant plus que les investissements pourraient être vraisemblablement étalés dans le temps en construisant Perpignan-Avignon dans un second temps.

## 2. Le tronçon Marseille-Gênes

En revanche le **tronçon Marseille-Gênes** n'est jamais rentable ; il n'est pas possible de calculer un taux de rentabilité même négatif puisque dans tous les cas les recettes sont insuffisantes par rapport aux charges à supporter. Trois environnements différents ont été pris en considération :

- la grande vitesse existe entre Paris et Marseille (tableaux 17.1),
- la grande vitesse existe en France entre Paris et Marseille et en Italie entre Milan et Rome (tableaux 17.2),
- la grande vitesse existe en France entre Paris et Marseille et en Italie entre Gênes et Rome (tableaux 17.3).

Ce dernier environnement est le plus favorable pour la rentabilité du tronçon qui demeure toutefois incalculable par insuffisance de recettes.

L'intervention éventuelle des pouvoirs publics devrait être située à un niveau important, puisque la quasi totalité des dépenses d'investissement devrait être prise en charge pour que les taux de rentabilité deviennent positifs. C'est de plus le tronçon qui demande les plus grandes dépenses d'investissement : 24 milliards pour un peu moins de 350 kilomètres.

## 3. Le tronçon Lyon-Turin

Le **tronçon Lyon-Turin** est, des trois, celui qui apparaît le plus rentable. Trois cas de figure ont été là aussi étudiés :

- la grande vitesse existe entre Paris et Marseille (tableau 18.1),
- la grande vitesse existe en France entre Paris et Marseille et en Italie entre Milan et Rome (tableau 18.2),
- la grande vitesse existe en France entre Paris et Marseille et en Italie entre Turin, Milan et Rome (tableau 18.3).

Dans ce dernier cas, la rentabilité interne est proche de zéro et la rentabilité collective positive.

Les interventions publiques sont plus réduites. En effet si les pouvoirs publics prennent à leur charge les dépenses de terrassement, les taux de rentabilité interne et collective passent respectivement à 14,5% et 18,6%. Si les aides ne sont que de 5 milliards, ils atteignent quand même les valeurs de 1,5% et 8,3%. Dans ces conditions, c'est le tronçon qui aurait normalement le plus de chance d'être réalisé.

Tableau 16. Evaluation de Barcelone-Marseille

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Grande vitesse	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Montpellier-Marseille	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Marseille-Gênes	Inchangé	Inchangé
Lyon-Turin	Inchangé	Inchangé
Turin-Milan	Inchangé	Inchangé
Milan-Bologne	Inchangé	Inchangé
Bologne-Florence	Inchangé	Inchangé
Florence-Rome	Inchangé	Inchangé
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	19.582	19.724
Espagne-Marseille	922	1.341
Lyon-Marseille	14.241	14.640
Lyon-Turin	3.923	3.923
Marseille-Gênes	830	799

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				14480
Rames			11	880
Exploitation				134
Amortissements				580

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	103.364	104.280	915	
Recettes annuelles	62.019	62.568		549
Gains de temps			6.496	
Valeur du temps				390
Avantages collectivité				939

**Rentabilité**

Rentabilité interne		-6,7%
Rentabilité collective		-0,7%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	123
Marseille	0	9.101	4.222	677
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.316

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	508	229	360	123
Marseille	0	9.254	4.281	677
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.316

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 17.1. Evaluation de Marseille-Gênes

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Grande vitesse	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	Inchangé
Montpellier-Marseille	Inchangé	Inchangé
Marseille-Gênes	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Lyon-Turin	Inchangé	Inchangé
Turin-Milan	Inchangé	Inchangé
Milan-Bologne	Inchangé	Inchangé
Bologne-Florence	Inchangé	Inchangé
Florence-Rome	Inchangé	Inchangé
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	19.582	19.592
Espagne-Marseille	898	883
Lyon-Marseille	14.241	14.241
Lyon-Turin	3.923	3.932
Marseille-Gênes	805	1.005

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				23.986
Rames			1	80
Exploitation				20
Amortissements				727

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	103.364	103.500	136	
Recettes annuelles	62.019	62.100		82
Gains de temps			1.313	
Valeur du temps				79
Avantages collectivité				160

**Rentabilité**

Rentabilité interne	***
Rentabilité collective	***

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	123
Marseille	0	9.101	4.222	883
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.316

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	123
Marseille	0	9.101	4.222	883
Lyon	0	0	12.768	1.545
Nord	0	0	0	2.325

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 17.2. Evaluation de Marseille-Gênes.

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Grande vitesse	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	Inchangé
Montpellier-Marseille	Inchangé	Inchangé
Marseille-Gênes	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Lyon-Turin	Inchangé	Inchangé
Turin-Milan	Inchangé	Inchangé
Milan-Bologne	Grande vitesse	Grande vitesse
Bologne-Florence	Grande vitesse	Grande vitesse
Florence-Rome	Grande vitesse	Grande vitesse
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	19.640	19.650
Espagne-Marseille	900	885
Lyon-Marseille	14.241	14.241
Lyon-Turin	4.018	4.028
Marseille-Gênes	819	1.022

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				23.986
Rames			1	80
Exploitation				20
Amortissements				727

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	110.551	110.690	139	
Recettes annuelles	66.330	66.414		83
Gains de temps			1.334	
Valeur du temps				80
Avantages collectivité				163

**Rentabilité**

Rentabilité interne	***
Rentabilité collective	***

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)**

Avant aménagement				
	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	125
Marseille	0	9.101	4.222	898
Lyon	0	0	12.768	1.582
Nord	0	0	0	2.374

Après aménagement				
	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	125
Marseille	0	9.101	4.222	898
Lyon	0	0	12.768	1.582
Nord	0	0	0	2.383

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 17.3. Evaluation de Marseille-Gênes

<b>Etat des différents tronçons</b>	<b>Avant</b>		<b>Après</b>	
Lyon-Paris	Grande vitesse		Grande vitesse	
Lyon-Marseille	Grande vitesse		Grande vitesse	
Barcelone-Montpellier	Inchangé		Inchangé	
Montpellier-Marseille	Inchangé		Inchangé	
Marseille-Gênes	Inchangé		<b>Grande vitesse</b>	
Lyon-Turin	Inchangé		Inchangé	
Turin-Milan	Inchangé		Inchangé	
Milan-Bologne	Inchangé		Inchangé	
Bologne-Florence	Inchangé		Inchangé	
Florence-Rome	Grande vitesse		Grande vitesse	
Gênes-Florence	Grande vitesse		Grande vitesse	

<b>Résultats</b>				
<b>Charges des tronçons</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>		
Paris-Lyon	19.597	19.607		
Espagne-Marseille	904	888		
Lyon-Marseille	14.241	14.241		
Lyon-Turin	3.945	3.954		
Marseille-Gênes	871	1.093		
<b>Coûts</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>	<b>Nombre</b>	<b>Total</b>
Construction				23986
Rames			1	80
Exploitation				22
<b>Amortissements</b>				<b>727</b>
<b>Recettes</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>	<b>Nombre</b>	<b>Total</b>
Passagers x km	105.898	106.050	152	
Recettes annuelles	63.539	63.630		91
Gains de temps			1.418	
Valeur du temps				85
<b>Avantages collectivité</b>				<b>176</b>
<b>Rentabilité</b>				
Rentabilité interne				***
Rentabilité collective				***

<b>Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)</b>				
<b>Avant aménagement</b>				
	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	128
Marseille	0	9.101	4.222	965
Lyon	0	0	12.768	1.552
Nord	0	0	0	2.330
<b>Après aménagement</b>				
	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	128
Marseille	0	9.101	4.222	965
Lyon	0	0	12.768	1.552
Nord	0	0	0	2.340

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 18.1. Evaluation de Lyon-Turin

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Grande vitesse	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	Inchangé
Montpellier-Marseille	Inchangé	Inchangé
Marseille-Gênes	Inchangé	Inchangé
Lyon-Turin	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Turin-Milan	Inchangé	Inchangé
Milan-Bologne	Inchangé	Inchangé
Bologne-Florence	Inchangé	Inchangé
Florence-Rome	Inchangé	Inchangé
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	19.562	20.377
Espagne-Marseille	883	883
Lyon-Marseille	14.241	14.241
Lyon-Turin	3.923	6.594
Marseille-Gênes	791	791

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				19.440
Rames			19	1.520
Exploitation				235
Amortissements				684

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	103.364	104.979	1.614	
Recettes annuelles	62.019	62.987		969
Gains de temps			14.383	
Valeur du temps				863
Avantages collectivité				1.832

**Rentabilité**

Rentabilité interne		-1,8%
Rentabilité collective		4,5%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	123
Marseille	0	9.101	4.222	668
Lyon	0	0	12.768	3.394
Nord	0	0	0	2.316

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	123
Marseille	0	9.101	4.222	668
Lyon	0	0	12.768	3.394
Nord	0	0	0	3.110

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 18.2. Evaluation de Lyon-Turin.

<b>Etat des différents tronçons</b>	<b>Avant</b>		<b>Après</b>	
Lyon-Paris	Grande vitesse		Grande vitesse	
Lyon-Marseille	Grande vitesse		Grande vitesse	
Barcelone-Montpellier	Inchangé		Inchangé	
Montpellier-Marseille	Inchangé		Inchangé	
Marseille-Gênes	Inchangé		Inchangé	
Lyon-Turin	Inchangé		<b>Grande vitesse</b>	
Turin-Milan	Inchangé		Inchangé	
Milan-Bologne	Grande vitesse		Grande vitesse	
Bologne-Florence	Grande vitesse		Grande vitesse	
Florence-Rome	Grande vitesse		Grande vitesse	
Gênes-Florence	Inchangé		Inchangé	

<b>Résultats</b>				
<b>Charges des tronçons</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>		
Paris-Lyon	19.640	20.457		
Espagne-Marseille	885	885		
Lyon-Marseille	14.241	14.241		
Lyon-Turin	4.018	6.738		
Marseille-Gênes	804	804		
<b>Coûts</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>	<b>Nombre</b>	<b>Total</b>
Construction				19.440
Rames			20	1.600
Exploitation				244
Amortissements				690
<b>Recettes</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>	<b>Nombre</b>	<b>Total</b>
Passagers x km	110.551	112.223	1.672	
Recettes annuelles	66.330	67.334		1.003
Gains de temps			14.714	
Valeur du temps				883
Avantages collectivité				1.886
<b>Rentabilité</b>				
Rentabilité interne				-1,4%
Rentabilité collective				4,9%

<b>Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)</b>				
<b>Avant aménagement</b>				
	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	125
Marseille	0	9.101	4.222	679
Lyon	0	0	12.768	3.459
Nord	0	0	0	2.374
<b>Après aménagement</b>				
	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	125
Marseille	0	9.101	4.222	679
Lyon	0	0	12.768	3.459
Nord	0	0	0	3.190

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 18.3. Evaluation de Lyon-Turin

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Grande vitesse	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	Inchangé
Montpellier-Marseille	Inchangé	Inchangé
Marseille-Gênes	Inchangé	Inchangé
Lyon-Turin	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Turin-Milan	Grande vitesse	Grande vitesse
Milan-Bologne	Grande vitesse	Grande vitesse
Bologne-Florence	Grande vitesse	Grande vitesse
Florence-Rome	Grande vitesse	Grande vitesse
Gênes-Florence	Inchangé	Inchangé

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	19.761	20.647
Espagne-Marseille	889	889
Lyon-Marseille	14.241	14.241
Lyon-Turin	4.267	7.232
Marseille-Gênes	834	834

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				19.440
Rames			22	1.760
Exploitation				269
Amortissements				700

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	114.893	116.737	1.845	
Recettes annuelles	68.936	70.042		1.107
Gains de temps			15.722	
Valeur du temps				943
Avantages collectivité				2.050

**Rentabilité**

Rentabilité interne	-0,3%
Rentabilité collective	5,8%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	128
Marseille	0	9.101	4.222	706
Lyon	0	0	12.768	3.757
Nord	0	0	0	2.494

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	128
Marseille	0	9.101	4.222	706
Lyon	0	0	12.768	3.757
Nord	0	0	0	3.380

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

#### 4. Deux évaluations globales

A l'aide du modèle, il est également possible de calculer des taux de rentabilité pour l'ensemble des deux liaisons, celle par Gênes et celle par Lyon (tableaux 19 et 20).

On obtient les taux de rentabilité suivants :

- par Gênes, la rentabilité interne n'est pas calculable et la rentabilité collective est de -12,9%;
- par Lyon, la rentabilité interne est de -2,5% et la rentabilité collective de 3,5%.

Tableau 19. Evaluation de Barcelone-Rome par Gènes

Etat des différents tronçons	Avant	Après
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Grande vitesse	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Montpellier-Marseille	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Marseille-Gênes	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Lyon-Turin	Grande vitesse	Grande vitesse
Turin-Milan	Grande vitesse	Grande vitesse
Milan-Bologne	Grande vitesse	Grande vitesse
Bologne-Florence	Grande vitesse	Grande vitesse
Florence-Rome	Grande vitesse	Grande vitesse
Gênes-Florence	Grande vitesse	Grande vitesse

**Résultats**

Charges des tronçons	Avant	Après
Paris-Lyon	20.647	20.797
Espagne-Marseille	962	1.351
Lyon-Marseille	14.241	14.640
Lyon-Turin	7.232	7.241
Marseille-Gênes	959	1.154

Coûts	Avant	Après	Nombre	Total
Construction				38.466
Rames			13	1.040
Exploitation				160
Amortissements				1.313

Recettes	Avant	Après	Nombre	Total
Passagers x km	117.600	118.698	1.097	
Recettes annuelles	70.560	71.219		658
Gains de temps			8.108	
Valeur du temps				487
Avantages collectivité				1.145

**Rentabilité**

Rentabilité interne	***
Rentabilité collective	-12,9%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	132
Marseille	0	9.101	4.222	1.022
Lyon	0	0	12.768	3.757
Nord	0	0	0	3.380

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	508	229	360	132
Marseille	0	9.254	4.281	1.022
Lyon	0	0	12.768	3.757
Nord	0	0	0	3.389

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

Tableau 20. Evaluation de Barcelone-Rome par Lyon et Turin

<b>Etat des différents tronçons</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>
Lyon-Paris	Grande vitesse	Grande vitesse
Lyon-Marseille	Grande vitesse	Grande vitesse
Barcelone-Montpellier	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Montpellier-Marseille	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Marseille-Gênes	Inchangé	Inchangé
Lyon-Turin	Inchangé	<b>Grande vitesse</b>
Turin-Milan	Grande vitesse	Grande vitesse
Milan-Bologne	Grande vitesse	Grande vitesse
Bologne-Florence	Grande vitesse	Grande vitesse
Florence-Rome	Grande vitesse	Grande vitesse
Gênes-Florence	Grande vitesse	Grande vitesse

**Résultats**

<b>Charges des tronçons</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>
Paris-Lyon	19.761	20.766
Espagne-Marseille	936	1.351
Lyon-Marseille	14.241	14.640
Lyon-Turin	4.267	7.232
Marseille-Gênes	933	900

<b>Coûts</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>	<b>Nombre</b>	<b>Total</b>
Construction				33.920
Rames			33	2.640
Exploitation				404
Amortissements				1.281

<b>Recettes</b>	<b>Avant</b>	<b>Après</b>	<b>Nombre</b>	<b>Total</b>
Passagers x km	115.756	118.523	2.767	
Recettes annuelles	69.453	71.114		1.660
Gains de temps			22.261	
Valeur du temps				1.336
Avantages collectivité				2.996

**Rentabilité**

Rentabilité interne	-2,5%
Rentabilité collective	3,5%

**Potentiels de trafic par grandes zones (deux sens réunis)****Avant aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	234	152	277	132
Marseille	0	9.101	4.222	768
Lyon	0	0	12.768	3.757
Nord	0	0	0	2.494

**Après aménagement**

	Marseille	Lyon	Nord	Italie
Espagne	508	229	360	132
Marseille	0	9.254	4.281	768
Lyon	0	0	12.768	3.757
Nord	0	0	0	3.380

Les chiffres ci-dessus sont exprimés dans les unités suivantes :

- valeurs monétaires en millions de francs,
- charges des tronçons en millions de passagers,
- passagers x km en millions,
- potentiels de trafic par zones en milliers.

## B. Les conséquences de la réduction des effets frontière

La forte valeur des coefficients d'effet frontière traduit bien la faiblesse actuelle des déplacements internationaux par chemin de fer. On peut faire l'hypothèse que la conjonction des changements de comportement liés à l'ouverture des frontières, à la pratique des langues étrangères et de l'amélioration considérable de l'offre que constitue la grande vitesse va se traduire par une diminution de ces effets frontière. Cette réduction améliore de façon importante les taux de rentabilité comme le montrent les tableaux et les graphiques suivants.

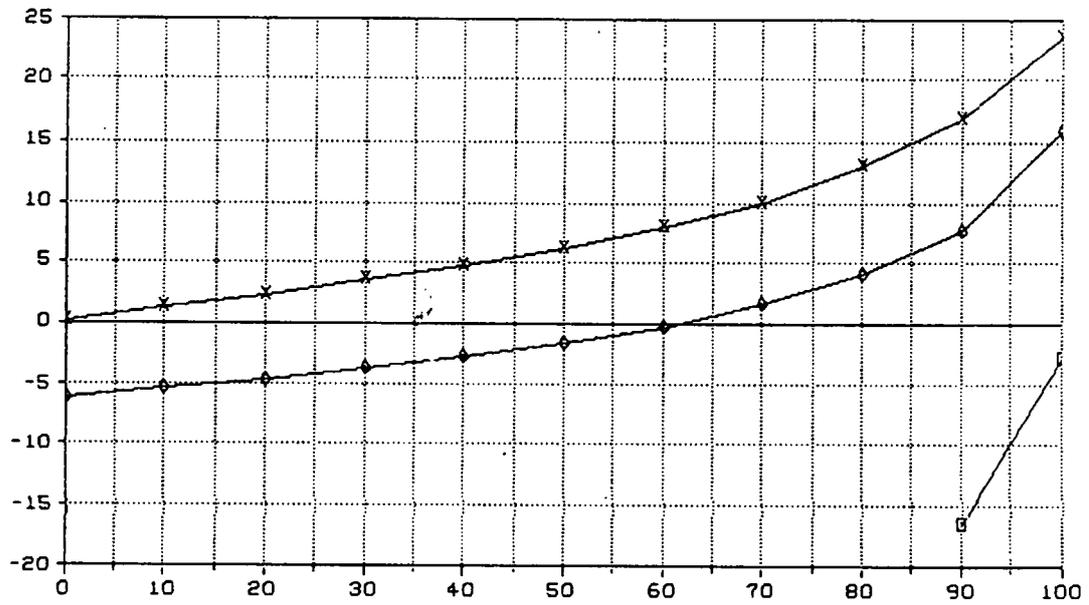
**Tableau 21. Effet de la réduction de l'effet frontière sur la rentabilité**

Effet frontière	Rentabilité					
	interne			collective		
	Turin	Barcelone	Gênes	Turin	Barcelone	Gênes
-0%	0,2	-6,3	***	6,4	-0,4	***
-10%	1,2	-5,5	***	7,5	0,3	***
-20%	2,2	-4,8	***	8,7	1,0	***
-30%	3,4	-3,9	***	10,2	1,8	***
-40%	4,7	-2,9	***	11,9	2,8	***
-50%	6,1	-1,7	***	13,9	4,0	***
-60%	7,9	-0,3	***	16,4	5,5	***
-70%	10,0	1,5	***	19,7	7,6	***
-80%	12,9	3,9	***	24,2	10,6	***
-90%	16,9	7,7	-16,6	31,1	15,8	-5,1
-100%	23,6	15,9	-3,0	43,7	28,9	3,1

Si l'on prend comme norme un taux de rentabilité interne de 10% qui correspond au minimum pour que ce type d'investissement puisse être pris en considération par des financeurs privés, on constate qu'il faudrait, pour que les tronçons deviennent rentables, que le coefficient d'effet frontière soit réduit de 70% avec l'Italie pour le tronçon Lyon-Turin et presque totalement effacé avec l'Espagne ; quant à la liaison Gênes-Marseille, elle n'atteint jamais des coefficients de rentabilité interne positifs, même avec une disparition totale des effets frontières. Mais on ne peut raisonnablement pas envisager de telles réductions, sauf à raisonner sur le très long terme.

Graphique 4. Taux de rentabilité interne  
en fonction de l'effet frontière

Taux de rentabilité interne



—◇— BARCELONE

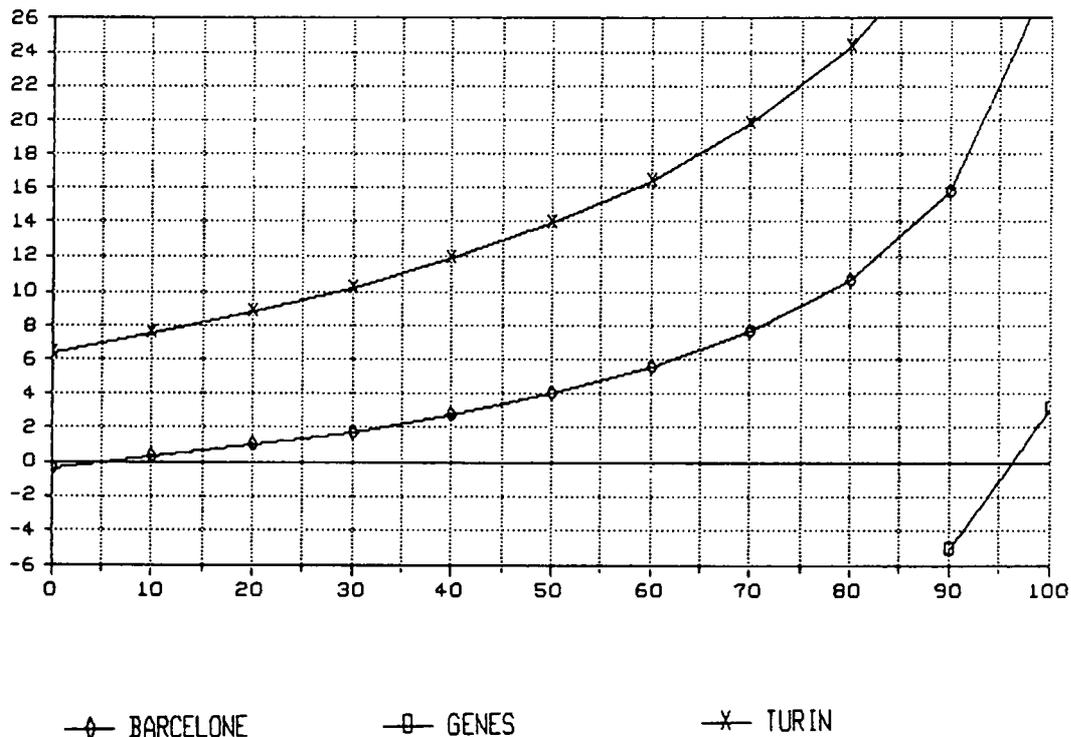
—□— GENES

—x— TURIN

Réduction de l'effet frontière (%)

Graphique 5. Taux de rentabilité collective en fonction de l'effet frontière

Taux de rentabilité collective



Réduction de l'effet frontière (%)

A un horizon d'une vingtaine d'années, on ne peut raisonnablement escompter une réduction de l'effet frontière de plus de 20%, sauf à envisager des bouleversements totaux des comportements de déplacements à longue distance.

C. L'influence des subventions

Outre la réduction des effets frontières, il existe un moyen de modifier la rentabilité des tronçons de lignes à grande vitesse, c'est de réduire les coûts d'investissement de l'opérateur en lui accordant des subventions. Les collectivités locales, régionales, voire l'Etat, peuvent accorder des aides à l'investissement pour permettre à un opérateur de prendre des risques financiers limités.

L'octroi d'une subvention équivaut à réduire d'autant le montant de l'investissement initial. Il est donc clair que les taux de rentabilité d'un projet vont croître très rapidement dès que le montant de la subvention se rapproche du montant total de l'investissement. Le tableau 22 montre l'effet de différents montants de subventions sur la rentabilité interne des trois tronçons étudiés.

**Tableau 22. Effet des subventions sur la rentabilité des tronçons**

Subvention (md F)	Lyon	Barcelone	Marseille
	Turin	Marseille	Gênes
0	0,2	-6,3	***
2	1,3	-4,7	***
4	2,4	-2,8	***
6	3,7	-0,8	***
8	5,3	1,7	***
10	7,2	6,0	***
12	9,6	13,0	***
14	12,8	33,2	***
16	17,9	***	***

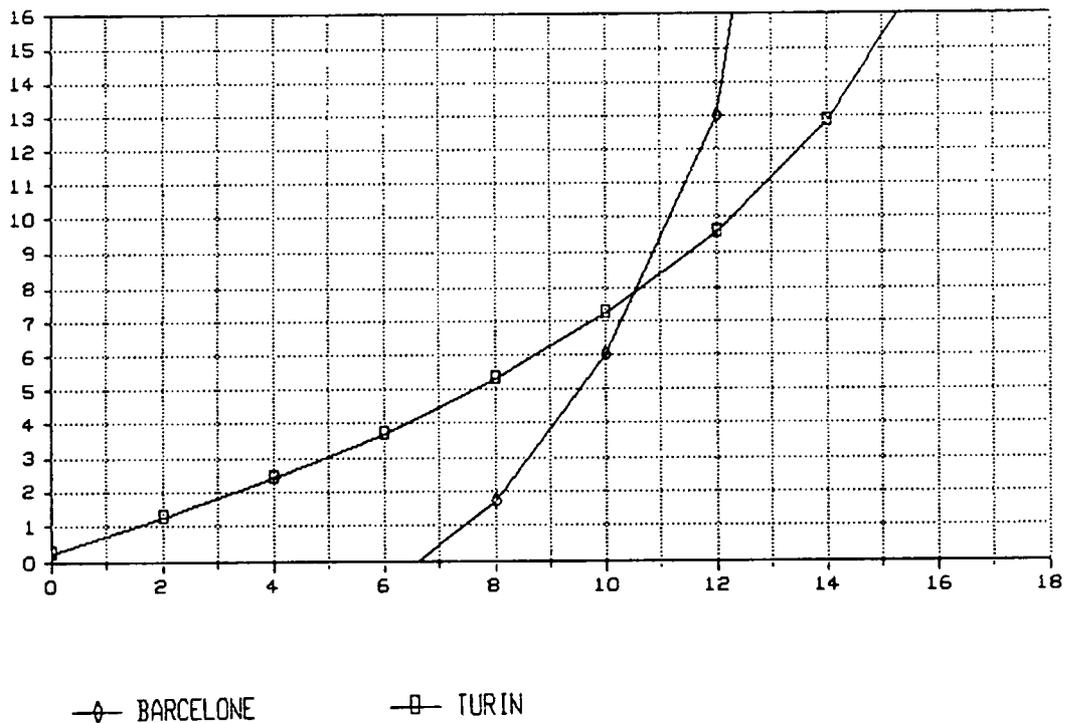
Ce tableau 22 appelle deux remarques :

- tout d'abord le tronçon Marseille-Gênes n'atteint jamais des taux de rentabilité calculables, même avec des subventions de 16 milliards de francs ;
- en second lieu, si l'on prend comme critère de classement des tronçons les taux de rentabilité, on constate que le classement va s'inverser au fur et à mesure que le montant des subventions augmente.

C'est ainsi qu'une même subvention de 12 milliards fait passer la rentabilité du tronçon Barcelone-Marseille de -6,3% à 13,0% et celle du tronçon Lyon-Turin de 0,2% à "seulement" 9,6%. Mais dans le premier cas le coût total de construction est de 14 milliards environ contre 19 dans le second. Ces chiffres posent donc la question de l'allocation des fonds publics : convient-il de les orienter vers des tronçons moins onéreux pour en accroître fortement la rentabilité, ou vers des opérations beaucoup plus lourdes qui, sans aide financière des collectivités, ne seront jamais réalisées.

**Graphique 6. Taux de rentabilité interne  
en fonction des subventions (effet frontière = 100%)**

Taux de rentabilité interne



Montant des subventions (milliards F)

On peut chercher à connaître l'effet sur les taux de rentabilité d'une variation conjointe de l'effet frontière et du montant des subventions. Les tableaux 23 donnent les résultats des simulations effectuées pour les trois tronçons. Pour rester dans des domaines d'évolutions vraisemblables, les simulations ont été limitées à deux niveaux de réduction des effets frontière, 20% et 40%.

**Tableau 23.1. Effets des subventions  
sur la rentabilité interne du tronçon Lyon-Turin**

Subvention (md F)	Réduction de l'effet frontière		
	-0%	-20%	-40%
0	0,2	2,2	4,7
2	1,3	3,2	5,7
4	2,4	4,4	6,9
6	3,7	5,7	8,3
8	5,3	7,3	10,0
10	7,2	9,3	12,0
12	9,6	11,7	14,6
14	12,8	15,1	18,1
16	17,9	20,3	23,5
18	28,9	31,1	34,1
20	70,6	65,4	62,4

**Tableau 23.2. Effets des subventions  
sur la rentabilité interne du tronçon Marseille-Barcelone**

Subvention (md F)	Réduction de l'effet frontière		
	-0%	-20%	-40%
0	-6,3	-4,8	-2,9
2	-4,7	-3,2	-1,4
4	-2,8	-1,5	0,2
6	-0,8	0,5	2,2
8	1,7	3,0	4,7
10	6,0	7,3	8,9
12	13,0	14,3	16,1
14	33,2	34,7	36,1

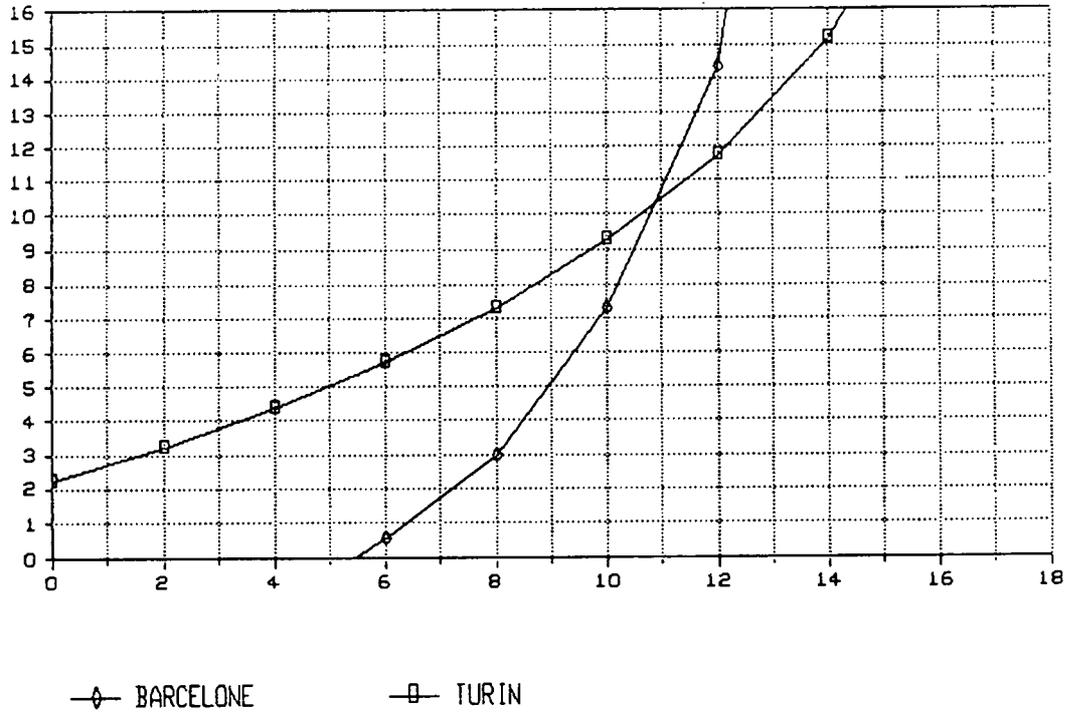
**Tableau 23.3. Effets des subventions  
sur la rentabilité interne du tronçon Marseille-Gênes**

Subvention (md F)	Réduction de l'effet frontière		
	-0%	-60%	-80%
20	***	-10,7	***
22	***	1,2	-1,8
24	***	56,3	67,9

Les graphiques 7 et 8 montrent bien, pour des réductions de l'effet frontière de 20% et de 40%, l'inversion des classements des tronçons en fonction du niveau des subventions.

**Graphique 7. Taux de rentabilité interne  
en fonction des subventions (effet frontière = 80%)**

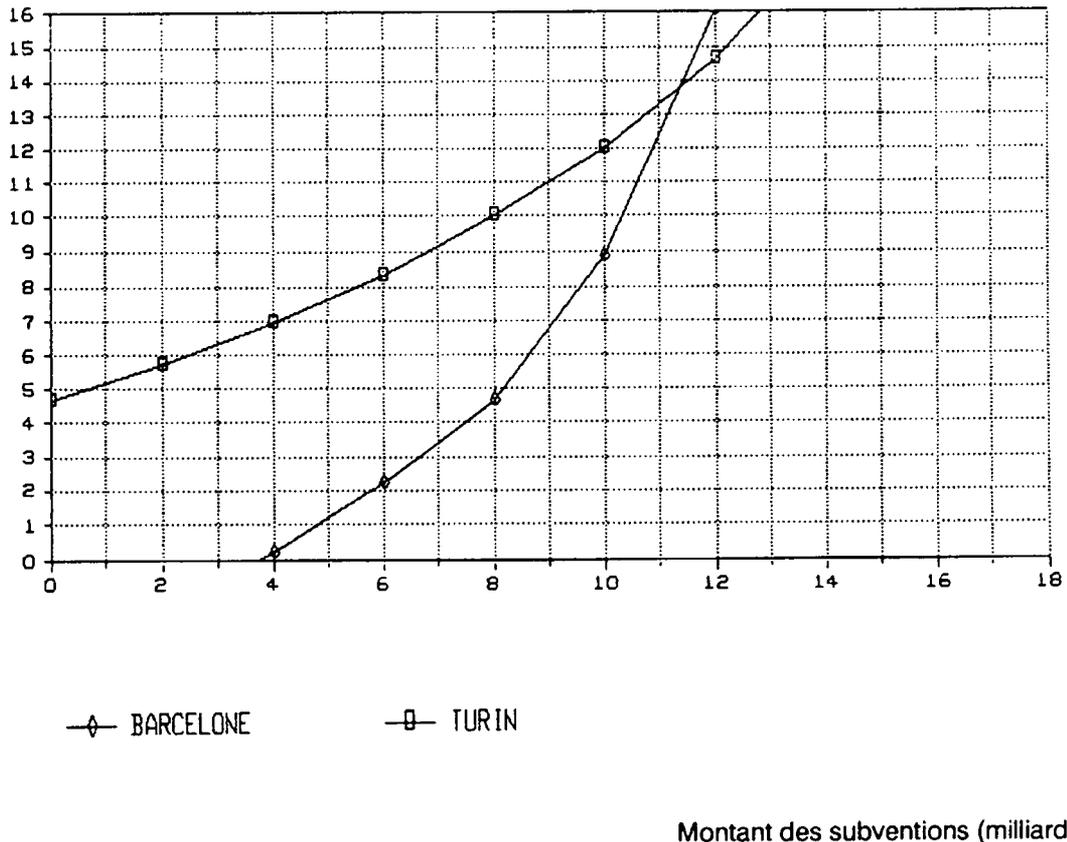
Taux de rentabilité interne



Montant des subventions (milliards F)

Graphique 8. Taux de rentabilité interne  
en fonction des subventions (effet frontière = 60%)

Taux de rentabilité interne



—◇— BARCELONE

—□— TURIN

Montant des subventions (milliards F)

#### D. Des choix stratégiques pour les pays et les régions

Au terme de cette recherche exploratoire, il apparaît clairement que des choix stratégiques doivent être faits concernant la possibilité de faire surgir une liaison à grande vitesse sur l'arc méditerranéen.

Le premier choix pourrait être résumé ainsi : **faut-il construire à grand frais une ligne spécifique est-ouest le long de la Méditerranée, ou utiliser les tronçons construits dans une logique nord-sud pour faire fonctionner une ligne est-ouest à grande vitesse.** En effet les tronçons Barcelone-Avignon, Lyon-Milan, Milan-Naples rentrent dans une logique nord-sud et sont donc assurés d'un trafic suffisant pour justifier des investissements de grande vitesse. Le maillon le plus faible demeure sans aucun doute Lyon-Turin, non pour des problèmes de rentabilité, mais parce qu'il n'est porté par aucune volonté ni des responsables politiques ni des compagnies exploitantes.

Le second choix concerne les agglomérations desservies : **quelles sont les grandes agglomérations qui sont concernées, en termes d'aménagement de l'espace, de relations économiques, par ce projet méditerranéen?** Que deviennent les agglomérations d'une part de Lyon et d'autre part de Turin et Milan ? Comment sont-elles articulées avec les autres agglomérations de l'Europe du Sud : Barcelone, Marseille, Nice, Gênes, Rome, Naples ?

Le troisième choix semble plus spécifiquement français : **que devient l'agglomération de Marseille qui sera de toute façon évitée par tous les itinéraires est-ouest, qu'ils passent ou non par la région lyonnaise ?**



<b>TABLES DES CARTES, TABLEAUX ET GRAPHIQUES</b>
--

Carte 1. Variante n°1 par Gênes et Pise .....	15
Carte 2. Variante n°2 par Gênes et Milan.....	17
Carte 3. Variante n°3 par Nice, Turin et Milan .....	19
Carte 4. Variante n°4 par Lyon, Chambéry, Turin et Milan .....	21
Carte 5. Découpage régional du modèle .....	24
Carte 6. Schéma du réseau simplifié.....	25
Carte 7. Découpage régional du modèle TASK.....	30
Graphique 1. Variation absolue du trafic en fonction de la valeur du temps .....	28
Graphique 2. Variation relative du trafic en fonction de la valeur du temps .....	29
Graphique 3. Variation du coefficient de corrélation en fonction de la valeur de g.....	31
Graphique 4. Taux de rentabilité interne en fonction de l'effet frontière .....	60
Graphique 5. Taux de rentabilité collective en fonction de l'effet frontière .....	61
Graphique 6. Taux de rentabilité interne en fonction des subventions (effet frontière = 100%).....	63
Graphique 7. Taux de rentabilité interne en fonction des subventions (effet frontière = 80%).....	65
Graphique 8. Taux de rentabilité interne en fonction des subventions (effet frontière = 60%).....	66
Tableau 1. Accélération en fonction de la vitesse.....	11
Tableau 2.1. Distances d'accélération et de freinage à 300km/h.....	12
Tableau 2.2. Distances d'accélération et de freinage à 500km/h.....	12
Tableau 2.3. Temps de parcours à 300 km/h avec un arrêt .....	12
Tableau 2.4. Temps de parcours à 500 km/h avec un arrêt .....	12
Tableau 3.1. Temps de parcours Barcelone Naples par Gênes et Pise .....	14
Tableau 3.2. Temps de parcours Barcelone Naples par Gênes et Milan.....	16
Tableau 3.3. Temps de parcours Barcelone Naples par Nice et Turin .....	18
Tableau 3.4. Temps de parcours Barcelone Naples par Lyon, Turin et Milan.....	20
Tableau 4. Récapitulatif des temps par variante .....	22
Tableau 5. Population et richesse par zone .....	27
Tableau 6. Echanges de trafic entre les réseaux européens.....	32
Tableau 7. Coefficients d'effets frontière .....	33
Tableau 8. Réduction de l'effet frontière.....	33
Tableau 9.1. Coût de construction Lyon Paris.....	36

Tableau 9.2. Coût de construction Lyon-Marseille .....	36
Tableau 9.3. Coût de construction Barcelone-Avignon.....	37
Tableau 9.4. Coût d'aménagement de Barcelone-Avignon.....	37
Tableau 9.5. Coût de construction Marseille-Gênes.....	37
Tableau 9.6a. Coût de construction Lyon-Turin.....	38
Tableau 9.6b. Coût de construction Lyon-Turin .....	38
Tableau 10. Dépenses de fonctionnement en MF courants.....	40
Tableau 11. Dépenses de fonctionnement en F constants par rame x km .....	40
Tableau 12. Evaluation de Paris-Lyon .....	43
Tableau 13. Evaluation de Lyon-Marseille.....	44
Tableau 14. Evaluation de Paris-Marseille.....	45
Tableau 15. Rentabilités comparées des tronçons.....	47
Tableau 16. Evaluation de Barcelone-Marseille .....	49
Tableau 17.1. Evaluation de Marseille-Gênes .....	50
Tableau 17.2. Evaluation de Marseille-Gênes. ....	51
Tableau 17.3. Evaluation de Marseille-Gênes .....	52
Tableau 18.1. Evaluation de Lyon-Turin .....	53
Tableau 18.2. Evaluation de Lyon-Turin. ....	54
Tableau 18.3. Evaluation de Lyon-Turin .....	55
Tableau 19. Evaluation de Barcelone-Rome par Gênes.....	57
Tableau 20. Evaluation de Barcelone-Rome par Lyon et Turin.....	58
Tableau 21. Effet de la réduction de l'effet frontière sur la rentabilité .....	59
Tableau 22. Effet des subventions sur la rentabilité des tronçons.....	62
Tableau 23.1. Effets des subventions sur la rentabilité interne du tronçon Lyon-Turin.....	64
Tableau 23.2. Effets des subventions sur la rentabilité interne du tronçon Marseille-Barcelone .....	64
Tableau 23.3. Effets des subventions sur la rentabilité interne du tronçon Marseille-Gênes .....	64

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

<b>RESUME DES RESULTATS DE LA RECHERCHE .....</b>	<b>5</b>
<b>I. LA PROBLEMATIQUE RETENUE .....</b>	<b>7</b>
<b>A. Une étude exploratoire .....</b>	<b>7</b>
1. La mauvaise connaissance des trafics internationaux.....	7
2. L'expérience française du TGV Sud-Est .....	8
<b>B. Une approche économique .....</b>	<b>8</b>
<b>C. Une modélisation d'un réseau simplifié.....</b>	<b>9</b>
1. Repérer les effets réseau.....	9
2. L'estimation d'un "potentiel de trafic".....	9
<b>II. LES PRINCIPALES VARIANTES ET LES TEMPS DE PARCOURS.....</b>	<b>11</b>
<b>A. Le modèle de temps de parcours .....</b>	<b>11</b>
<b>B. Les principales variantes.....</b>	<b>13</b>
1. Le tracé par Nice, Gênes et Pise.....	14
2. Le tracé par Gênes et Milan .....	16
3. Le tracé par Nice et Turin.....	18
4. Le tracé par Lyon, Chambéry, Turin et Milan .....	20
5. La comparaison des variantes .....	22
<b>III. L'ESTIMATION DES POTENTIELS DE TRAFIC .....</b>	<b>23</b>
<b>A. Un réseau simplifié .....</b>	<b>23</b>
<b>B. La conception du modèle de potentiel de trafic.....</b>	<b>24</b>
<b>C. Le calage du modèle .....</b>	<b>26</b>
1. les variables retenues .....	26
2. L'estimation des paramètres.....	27
a) Les constantes du coût généralisé.....	27
b) La valeur des élasticités .....	29
3. Le calibrage du modèle.....	32
a) Le coefficient k.....	32
b) La valeur des effets frontière.....	32

<b>IV. L'ESTIMATION DES COÛTS .....</b>	<b>35</b>
<b>A. Les coûts d'investissement .....</b>	<b>35</b>
1. Les coûts de construction des lignes nouvelles.....	35
a) Une approche simplifiée.....	36
b) Des ordres de grandeur .....	36
2. Les coûts d'achat des rames .....	39
<b>B. Les coûts d'exploitation .....</b>	<b>39</b>
1. Les amortissements.....	39
2. Les dépenses de fonctionnement.....	40
<b>V. LA DETERMINATION DU TAUX DE RENTABILITE.....</b>	<b>41</b>
<b>A. La rentabilité financière pour l'entreprise.....</b>	<b>41</b>
<b>B. La rentabilité pour la collectivité .....</b>	<b>42</b>
<b>C. La confirmation de la pertinence du modèle.....</b>	<b>42</b>
<b>VI. LES REFLEXIONS STRATEGIQUES ISSUES DU MODELE.....</b>	<b>47</b>
<b>A. Des taux de rentabilité très différenciés .....</b>	<b>47</b>
1. Le tronçon Barcelone-Marseille .....	47
2. Le tronçon Marseille-Gênes .....	48
3. Le tronçon Lyon-Turin .....	48
4. Deux évaluations globales .....	56
<b>B. Les conséquences de la réduction des effets frontière .....</b>	<b>59</b>
<b>C. L'influence des subventions .....</b>	<b>61</b>
<b>D. Des choix stratégiques pour les pays et les régions.....</b>	<b>66</b>
<b>TABLES DES CARTES, TABLEAUX ET GRAPHIQUES .....</b>	<b>69</b>