

SOCIETE FRANÇAISE DU TUNNEL SOUS LA MANCHE

**TUNNEL
SOUS LA MANCHE**

NOTE DE SYNTHÈSE

1^{er} MAI 1973

**SETEC ECONOMIE
PARIS**

NOTE DE SYNTHESE
SUR LES ETUDES ECONOMIQUES ET FINANCIERES
DE LA PREMIERE PHASE

Contenu de la note :

1 - Contenu des études et hypothèses générales	Pages 1
2 - Prévisions des recettes du trafic voyageurs	
2.1 Demande totale	6
2.2 Prévision du trafic empruntant le tunnel	12
2.3 Prévision des recettes et politique tarifaire	17
3 - Prévisions des recettes du trafic marchandises	
3.1 Prévisions du commerce extérieur	19
3.2 Prévisions du trafic détourné par le tunnel	21
3.3 Prévisions des recettes et politique tarifaire	22
4 - Etude de la concurrence maritime	25
5 - Bilan financier	29

NOTE SUR LES ETUDES ECONOMIQUES ET FINANCIERES
DE LA PREMIERE PHASE

1. CONTENU DES ETUDES ET HYPOTHESES GENERALES

1.1 Contenu des études de la première phase

La Société Française du Tunnel sous la Manche et la British Channel Tunnel Company ont souhaité disposer d'éléments nouveaux sur la rentabilité financière du tunnel sous la Manche afin d'être en mesure de mieux apprécier les risques que comportent les propositions de financement qu'elles devaient remettre pour préparer la signature de la convention n° 2.

Ces deux sociétés ont décidé en conséquence d'entreprendre de nouvelles études économiques et financières dont le contenu et les résultats sont résumés dans la présente note.

La présente note concerne les études économiques réalisées entre septembre 1972 et avril 1973. Ces travaux ont pris la suite d'études préliminaires conduites entre avril 1971 et juin 1972. Pendant la phase préliminaire, des enquêtes et des travaux préparatoires ont été réalisés ainsi qu'une mise à jour des estimations précédentes de la rentabilité de l'ouvrage. Les nouvelles études au contraire consistent en un ensemble cohérent de travaux entièrement nouveaux permettant de fonder sur les meilleures bases possible le jugement attendu sur la rentabilité financière de l'ouvrage.

En terme général, les nouvelles études comportaient des enquêtes pour connaître les trafics de voyageurs et de marchandises, l'élaboration des modèles permettant la prévision des trafics susceptibles d'emprunter le tunnel ainsi qu'une estimation des recettes dont pouvait bénéficier le tunnel compte tenu des réactions possibles des moyens de transport concurrents dont les prix de revient et les possibilités d'action commerciale ont été analysés avec soin.

Il a, par ailleurs, été procédé par les consultants chargés des études techniques à une nouvelle estimation des coûts de construction du tunnel ainsi que des dépenses d'exploitation.

L'ensemble de ces estimations de recettes et de dépenses a ensuite été combiné pour établir le bilan financier dont on a étudié la sensibilité aux principales hypothèses techniques, économiques ou financières sur lesquelles il repose.

1.2 Organisation des études de la première phase

L'ensemble des études économiques et financières de la première phase a été réparti entre un bureau d'études britannique et un bureau d'études français.

Les diverses tâches de l'étude ont été confiées à l'un des consultants ou aux deux, selon deux régimes de responsabilité.

- En cas de responsabilité exclusive, le consultant concerné est entièrement responsable de la réalisation des travaux et de la rédaction du rapport correspondant. Les données de base de son travail ainsi que les hypothèses des prévisions ont toutefois été établies en commun.
- En cas de responsabilité commune, au contraire, les deux consultants sont conjointement responsables des résultats présentés ainsi que de la rédaction du rapport ; les travaux de prévisions peuvent toutefois reposer soit sur des méthodes définies en commun soit sur des méthodes définies par chacun des consultants.

Conformément à ces dispositions, la préparation des prévisions a été répartie entre les consultants de la façon suivante :

<u>Catégorie de trafic</u>	<u>Demande totale</u>	<u>Trafic du tunnel</u>
Voyages privés des continentaux	Français	Français
Voyages privés des Britanniques	Britannique	Britannique
Voyages d'affaires		
Grande Bretagne → Continent	Britannique	Français
Continent → Grande Bretagne	Français	Français
Voyages des non-Européens	Britannique	Français
Marchandises	Français	Britannique

Conformément à la répartition des tâches, les travaux se sont déroulés côté britannique et côté français selon un calendrier très tendu à cause de la nécessité de disposer pour le 1er mai des résultats définitifs. Les contraintes de ce calendrier n'ont pas permis un rapprochement complet des résultats obtenus de part et d'autre.

Compte tenu de ces difficultés, la présente note expose les conclusions tirées des résultats, quant au trafic susceptible d'emprunter le tunnel, obtenus par chacun des consultants dans le cadre de la répartition des tâches précédente.

1.3 Hypothèses économiques générales

Les études économiques reposent sur un certain nombre d'hypothèses générales qu'il convient de préciser et qui concernent l'activité économique et la situation monétaire.

La projection des trafics et des recettes en monnaie constante implique la connaissance de l'évolution des populations, des revenus par tête, et donc des productions intérieures brutes. Celle des rentabilités financières suppose en outre que l'on se donne des hypothèses en matière de taux d'inflation et taux de change.

1.31 *Accroissement des populations et des productions intérieures brutes*

Le tableau ci-après récapitule les hypothèses que les administrations française et britannique ont demandé aux consultants de prendre en compte.

Taux annuel d'accroissement des populations et des productions intérieures brutes			
Pays	Population période 1972-1980 (en %)	Population période 1980-1990 (en %)	Production inté- rieure brute période 1972-1990 (en %)
France	0,7	0,6	5,0
Allemagne	0,5	0,2	5,0
Italie	0,6	0,4	5,0
Pays-Bas	1,0	0,9	4,5
Belgique- Luxembourg	0,5	0,4	4,2
Ensemble de l' "Europe des Six"	0,7	0,4	4,9
Grande-Bretagne	0,5	0,6	3,5
Suisse	0,5	0,3	4,0
Autriche	0,5	0,3	4,3
Espagne	0,9	0,7	6,0
Portugal	0,5	0,3	5,0
Reste de l'Europe de l'Ouest	0,5	0,3	5,0
Reste du Monde	-	-	5,0

Il nous semble que le maintien des taux d'accroissements des productions intérieures brutes ci-dessus sur une période aussi longue est quelque peu optimiste. Ces taux sont en effet relativement élevés et par ailleurs la tendance supposée de l'accroissement des populations sur la période considérée est généralement à la baisse.

Nous avons en conséquence retenu une autre hypothèse de développement des productions intérieures brutes dont les taux annuels sont inférieurs de 20 %.

1.32 *Accroissement des prix*

Les représentants des gouvernements français et britannique nous ont demandé de prendre en compte les trois premières hypothèses du tableau suivant, auxquelles il nous a semblé nécessaire d'adjoindre la 4ème.

Taux d'accroissement moyen annuel des prix (en %) 1972-1990				
	Hypothèse 1	Hypothèse 2	Hypothèse 3	Hypothèse 4
Prix de détail	4,0	5,0	6,0	5,0
Salaires	7,0	8,0	9,0	8,0
Coût de construction du tunnel	5,0	6,0	7,0	7,0

Les fonctionnaires estiment en effet que le taux retenu pour l'accroissement du coût de construction du tunnel est probablement un peu trop élevé et que la probabilité pour qu'il soit légèrement inférieur aux chiffres retenus n'est sans doute pas négligeable.

Nous pensons au contraire qu'il convient d'analyser les conséquences de l'hypothèse dans laquelle le coût de la construction du tunnel augmenterait annuellement de 2 points de plus que l'indice général des prix.

Ces hypothèses s'entendent hors tout changement de parité.

Par suite du changement récent du taux de parité entre la f et le FF, dû à la flottaison du sterling, il a été convenu que ces taux s'appliquaient au FF ou aux autres monnaies européennes qui lui étaient liées et qu'ils devaient être adaptés à la nouvelle situation des prix intérieurs britanniques (+ 2 points pour l'indice du coût de construction côté britannique).

1.33 *Changement du taux de parité*

Les études réalisées pendant la première phase ont été faites soit en FF soit en f et concernent, par leur évaluation ou leur application, des périodes au cours desquelles la situation de change entre la f et le FF sera différente. Il convenait donc de définir de façon précise les règles à suivre pour que les résultats des études économiques et financières ne soient pas indûment affectés par ce changement.

Les estimations des recettes ainsi que les évaluations des dépenses d'exploitation du tunnel ou des moyens concurrents ont été faites à partir d'informations relatives à l'année 1971 ou aux premiers mois de 1972 : le taux d'équivalence dans ce cas entre la f et le FF est de 13,3 F pour 1 f. Il en est de même pour l'utilisation des évaluations de recettes et de dépenses pendant la période d'exploitation du tunnel dès lors qu'elles sont faites en monnaie constante base 1971 et que l'on tient compte des variations relatives de prix des éléments composant ces dépenses par le moyen d'indices différentiels. La conversion en valeur nominale est faite au niveau du modèle financier.

L'estimation du coût de construction est faite directement en FF et en f valeur 1/1/73 pour les travaux payables dans chacune de ces monnaies à partir du milieu de 1973.

Le modèle financier utilise des valeurs nominales pour les recettes ou les dépenses : c'est donc à son niveau qu'interviennent simultanément les hypothèses

- relatives au taux d'augmentation des prix
- relatives au taux de change.

Compte tenu des périodes auxquelles correspondent les diverses évaluations utilisées dans les études économiques et financières, il a été décidé de schématiser la situation de change entre la f et le FF par la succession de deux périodes :

- l'une antérieure au 1/1/73, où le taux de change était fixe et valait 13,3 FF pour 1 f ;
- l'autre postérieure au 1/1/73, au cours de laquelle le taux de change est constant mais paramétré, la valeur centrale retenue étant 11 FF pour 1 f. Pour exprimer les recettes 1980 en f valeur 1/1/73, on a tenu compte du taux de change effectif à cette date, à savoir 12,3 par f

1.4 Contenu de l'étude sensibilité

L'analyse de la sensibilité de la rentabilité aux diverses hypothèses (que nous avons notées $i = 1, 2 \dots, 11$) s'est faite en deux temps :

- sensibilité des prévisions de recettes en fonction du taux de croissance des PIB ($i = 1$), de la valeur des péages du tunnel et des bateaux ($i = 2$), de la fréquence des dessertes maritimes ($i = 3$), de la politique commerciale des armements en concurrence avec le tunnel ($i = 4$). Le résultat de la combinaison de ces 4 premières hypothèses est une évaluation des recettes probables, avec indication d'une limite haute et d'une limite basse, ce qui constitue l'hypothèse $i = 5$ reprise par le bilan financier ;
- sensibilité de la rentabilité au niveau des recettes ($i = 5$), au niveau des prix ($i = 6$), au coût du tunnel ($i = 7$), à l'amortissement de la dette obligataire ($i = 8$), au taux d'intérêt des obligations ($i = 9$), à la formule de rémunération ($i = 10$), au montant de capital risqué ($i = 11$).

Les valeurs numériques correspondant à certaines de ces hypothèses sont données au paragraphe 5.

2. PREVISION DES RECETTES DU TRAFIC VOYAGEURS

2.1 Demande totale

2.11 *Demande totale relative aux passagers continentaux se rendant en Grande-Bretagne*

La demande globale des passagers se déplaçant à travers la Manche a été fondée sur des modèles de type gravitaire faisant intervenir des variables explicatives spécifiques selon le motif du voyage.

- (i) En ce qui concerne les voyages des Continentaux, pour motif personnel le modèle a pris la forme :

$$V_{ij} = \frac{K r_i^\alpha}{(\bar{c}_{ij} + \bar{\lambda} \bar{t}_{ij})^\gamma}$$

r_i étant le revenu moyen de la zone d'origine

$\bar{c}_{ij} + \bar{\lambda} \bar{t}_{ij}$ le coût généralisé du voyage sur la relation considérée

V_{ij} le volume du trafic de la zone d'origine i à la zone de destination j .

- (ii) En ce qui concerne les déplacements des Continentaux pour motif professionnel, le modèle finalement retenu est du type :

$$V_{ij} = K r_i^\alpha e_{ij}^\beta$$

e_{ij} étant un indice du commerce extérieur entre les zones i et j .

Cette formulation fait intervenir des variables bien définies et dont l'estimation peut être relativement homogène quel que soit le pays considéré. Par ailleurs, l'extrapolation de ces variables aux années horizons ne pose pas de problème majeur dans la mesure où le commerce peut être estimé d'une manière satisfaisante à partir d'hypothèses sur les accroissements des productions intérieures brutes et en utilisant les modèles de croissance des échanges extérieurs élaborés dans le cadre de la présente étude.

2.12 *Demande totale relative aux passagers britanniques se rendant sur le Continent*

2.121 Le modèle de prévision de la demande totale comprend trois étapes dans le cas des vacanciers britanniques

(i) Prévision du nombre et de la fréquence des voyages à l'étranger

Dans sa première étape, le modèle repose sur une régression qui explique le nombre et la fréquence des voyages faits à l'étranger par les voyageurs adultes en fonction de leurs caractéristiques socio-économiques et d'un indicateur de coût pour les vacances prises hors de Grande Bretagne.

La formulation générale du modèle est la suivante :

$$P_A = K + Lx_1 + Mx_2 = K + \frac{L}{M} X = g(\underline{x})$$

dans laquelle :

P_A est le nombre de vacances prises à l'étranger par une personne

K est une constante

L est un vecteur paramètre

x_1 est un vecteur de variables socio-économiques

M est un vecteur paramètre

x_2 est un vecteur de variables et de coût

Les principales variables expliquant la décision de prendre des vacances à l'étranger sont apparues devoir être les suivantes :

(i) le nombre de personnes dans le ménage

(ii) le revenu du ménage

(iii) le nombre d'enfants du ménage

(iv) la possession d'un appartement

(v) l'âge de fin d'études

(vi) l'occupation

(vii) la nature des possibilités de congé

(viii) le coût des vacances.

Avant d'appliquer les équations de régression pour prévoir la demande future, on a appliqué aux informations de base une transformation LOGIT.

(ii) Prévision de la répartition par types de vacances

La deuxième étape a consisté à prévoir la répartition par types de vacances : avec voiture, tour organisé ou vacances indépendantes. Cette décomposition était nécessaire car les personnes de chaque catégorie pouvaient réagir différemment au service offert par le tunnel.

Une analyse discriminante multiple a été utilisée pour trouver le meilleur ensemble de coûts et de variables socio-économiques susceptibles d'expliquer la répartition entre les divers types de vacances.

Une distinction supplémentaire relative au trafic par autobus a été faite (selon que les voyageurs traversent la Manche avec leur autobus). Cette distinction est importante pour l'estimation du détournement : pour les commodités de la présentation dans les tableaux de prévision, les chiffres de voyageurs avec autobus ont été inclus dans ceux des voyageurs accompagnés de véhicules et ceux sans autobus aux chiffres des voyageurs piétons.

(iii) Répartition des voyages entre les divers pays

La troisième étape du modèle répartit les flux de chaque type de voyage entre les divers pays européens afin d'établir la matrice des flux de pays à pays qui sert de base à l'estimation du détournement des trafics (4ème étape).

Pour les automobilistes, le modèle a la forme :

$$P_j = K F_j^\alpha C_j^\beta R_j^\gamma G_j^\delta$$

dans laquelle :

P_j est la proportion d'automobilistes allant dans le pays j

F_j est une variable qui exprime la présence de parents ou d'amis dans le pays j

C_j est une variable qui exprime la qualité du climat ou les autres aspects attractifs du pays j

R_j est une variable de coût généralisé des vacances dans le pays j

G_j est une variable de coût généralisé du voyage vers et dans le pays j

Pour les voyageurs sans voiture, le modèle a une forme analogue.

2.122 Dans le cas des voyages d'affaires des Britanniques sur le continent, le modèle prend la forme :

$$T_{ij} = e^k A_i^\alpha B_j^\beta C_{ij}^\gamma f(d_{ij})$$

dans laquelle :

T_{ij} est le nombre de voyages de la région origine i à la région de destination j

A_i est une variable qui exprime le pouvoir d'émission de la région i en terme de population, de nombre d'emplois de direction et de revenu par tête

C_{ij} est une variable de commerce opérant entre les régions i et j

$f(d_{ij})$ est une fonction qui mesure la dépendance des voyages en fonction d'une variable de coût généralisé

A l'examen des résultats de ce modèle, il apparaît une relation significative entre les voyages dans une direction et les voyages dans l'autre direction, c'est-à-dire une réciprocité dans les voyages d'affaires. Pour tenir compte de cette influence, le modèle a été généralisé en estimant

$$\hat{T}_{ij} = f(T_{ij}) + g(T_{ji})$$

où :

f et g sont déterminés par régression.

Après validation, les modèles ont été utilisés pour prévoir le trafic d'affaires de Grande Bretagne vers le Continent, étant précisé cependant que les voyages du Continent vers la Grande Bretagne utilisés dans cette méthode de prévisions ne sont pas les prévisions établies par le modèle exposé en 2.11 (ii).

2.13 Demande totale relative aux passagers résidant hors d'Europe

Un modèle de type gravitaire a été utilisé pour prévoir le volume du trafic de cette catégorie de passagers à destination d'Europe de l'Ouest et en provenance des principaux pays d'émission.

$$T_i = e^k P_i^\alpha I_i^\beta C_i^\gamma$$

où :

i est la zone d'origine

T_i le trafic quel que soit le motif du déplacement de la zone i vers l'Europe pour l'année considérée

P_i la population de la zone i l'année considérée

I_i le revenu par tête en \$ dans la zone i pour cette même année

C_i une mesure de "l'impédence" caractérisant le voyage entre la zone i et l'Europe.

Le modèle a été testé avec une impédence mesurée

- par une moyenne pondérée des tarifs aériens sur les lignes régulières et des tarifs charters ;

- par le coût total d'un séjour en Europe à partir de la zone i prenant en compte le prix du transport aérien, les frais de séjour et la durée du voyage en Europe.

C'est cette 2ème étape de mesure qui s'est avérée convenir le mieux.

k une constante d'ajustement.

2.14 Résultats

La demande globale ainsi déterminée a ensuite été répartie à l'aide de modèles de type discriminant entre :

- automobilistes et piétons,
- voyages organisés et voyages entrepris individuellement en ce qui concerne les déplacements pour motif personnel.

Les résultats auxquels on a abouti dans l'hypothèse centrale et dans l'hypothèse basse de croissance des P I B sont indiqués, en ce qui concerne les passagers, dans le tableau figurant ci-après. On remarquera notamment que :

- (i) Le nombre de passagers devrait croître, dans l'hypothèse centrale des P I B, de 24,6 millions en 1971 à 50,1 millions en 1980 et 98,2 millions en 1990.

Dans l'hypothèse basse d'augmentation des P I B, le nombre des passagers devrait passer de 24,6 millions en 1971 à 44,9 millions en 1980 et à 75,4 millions en 1990.

- (ii) Le nombre de véhicules accompagnés (exprimé en nombre de véhicules tractants et non en unités véhicules) croîtra de 1,40 millions en 1971 à 3,03 millions en 1980 et 6,41 millions en 1990 dans l'hypothèse centrale relative à l'accroissement des P I B. Dans l'hypothèse basse ces chiffres seront respectivement 2,82 millions en 1980 et 5,08 millions en 1990.

EVOLUTION DE LA DEMANDE TOTALE DE VOYAGES A TRAVERS LA MANCHE

 Unités (pour les trafics, milliers de passagers
 (pour les taux d'accroissement annuel, pourcentages

Catégorie de trafic	Hypothèse "centrale" d'accroissement des PIB						Hypothèse "basse" d'accroissement des PIB					
	Taux d'accroiss. jus.1971	Trafic 1971	Taux d'accroiss. 1980/71	Trafic 1980	Taux d'accroiss. 1990/80	Trafic 1990	Taux d'accroiss. jus.1971	Trafic 1971	Taux d'accroiss. 1980/71	Trafic 1980	Taux d'accroiss. 1990/80	Trafic 1990
1. Piétons personnels												
1.1 Britanniques	7,8	10 536	5,1	16 514	3,8	23 950	7,8	10 536	4,5	15 618	3,1	21 262
1.2 Continentaux	12,8	3 347	9,4	7 534	9,8	19 158	12,8	3 347	7,2	6 241	7,6	12 938
1.3 Non-Européens		2 198	10,3	5 307	5,1	8 789		2 198	9,5	4 995	4,6	7 808
TOTAL PIETONS PERSONNELS	9,0	16 081	6,9	29 355	5,9	51 965	9,0	16 081	5,9	26 854	4,6	42 008
2. Piétons professionnels												
2.1 Britanniques	12,6	2 044	10,4	4 952	7,5	10 259	12,6	2 044	8,4	4 217	5,1	6 959
2.2 Continentaux	12,7	1 588	14,1	5 142	10,8	14 321	12,7	1 588	11,3	4 184	8,5	9 421
2.3 Non-Européens		395	10,4	965	5,2	1 602		395	9,6	906	4,6	1 423
TOTAL PIETONS PROFESSIONNELS		4 027	11,9	11 059	9,0	26 182		4 027	9,7	9 307	6,7	17 803
TOTAL GENERAL PIETONS (1+2)	12,6	20 108	8,0	40 414	6,9	78 147	12,6	20 108	6,7	36 161	5,2	59 811
3. Automobilistes personnels												
3.1 Britanniques		2 992	6,7	5 349	5,1	8 808		2 992	6,1	5 090	4,5	7 916
3.2 Continentaux		1 085	12,6	3 157	10,7	8 767		1 085	10,1	2 577	8,5	5 809
3.3 Non-Européens		177	10,8	443	5,1	734		177	10,0	417	4,5	651
TOTAL AUTOMOBILISTES PERSONNELS	11,5	4 254	8,6	8 949	7,4	18 309	11,5	4 254	7,3	8 084	5,9	14 376
4. Automobilistes professionnels												
4.1 Britanniques		143	9,9	335	7,4	684		143	7,7	279	5,6	482
4.2 Continentaux		118	14,2	389	10,7	1 078		118	11,6	317	8,6	725
4.3 Non-Européens		5	11,2	13	5,2	22		5	11,2	13	4,4	20
TOTAL AUTOMOBILISTES PROFESSIONNELS	11,5	266	11,0	737	9,2	1 784	11,5	266	8,6	609	7,2	1 227
TOTAL GENERAL AUTOMOBILISTES (3+4)	11,5	4 520	8,8	9 686	7,6	20 093	11,5	4 520	7,5	8 693	6,0	15 603
TOTAL GENERAL PASSAGERS (1 à 4)	12,4	24 628	8,1	50 100	7,1	98 240	12,4	24 628	6,8	44 854	5,3	75 414

2.2 Préviation du trafic empruntant le tunnel

L'hypothèse a été faite qu'à moyen ou long terme, les capacités de transport offertes seront adaptées à la demande, sauf le cas échéant en période de pointe aiguë, et pour cette raison, la capacité de transport sur chaque mode (air, mer, tunnel) ou sur chaque ligne n'a pas été considérée comme une variable explicative de la demande potentielle. Il a toutefois été tenu compte d'une restriction éventuelle de l'offre de transport maritime dans le modèle d'interaction entre le tunnel et les ferries comme il sera indiqué au paragraphe 4.

2.21 Remarques générales concernant les problèmes d'affectation

Les affectations de trafics entre le tunnel et les modes concurrents sont fondées sur les deux principes suivants :

- La définition de catégories de trafics homogènes et la projection de ces trafics aux divers horizons considérés dans l'étude.
- L'affectation de chacune de ces catégories de trafic au tunnel et l'estimation du trafic engendré s'il y a lieu. Le principe de ces affectations est l'utilisation de modèles généraux faisant intervenir en particulier, les prix, les temps et la fréquence, mais différentes variantes de ces modèles peuvent être utilisées selon les catégories de trafics à affecter.

2.22 Affectation à l'aide de modèles prix-temps (voyages privés des continentaux et des non-Européens ; voyages d'affaires)

2.221 Champ d'application

Toutes les catégories de trafics ont été affectées par des modèles prix-temps, soit à titre d'estimation principale, soit à titre de recoupement d'autres méthodes de prévision. Le calcul du trafic empruntant le tunnel a résulté d'une affectation bi ou tri-modale à partir des modèles qui ont été décrits au cours de la phase préliminaire, le tunnel étant considéré comme l'un des modes possibles, et n'étant pas assimilé à une route maritime supplémentaire.

Toutefois, dans le cas des automobilistes pour lesquels des ruptures de charge sont inéluctables de part et d'autre de la Manche, une version particulière du modèle prix-temps, de forme probabiliste, a été développée et sera explicitée dans le rapport concernant les méthodes d'affectation.

2.222 Principe de l'ajustement des modèles et de l'élaboration des prévisions

L'ajustement des modèles prix-temps et la prévision du trafic du tunnel à l'aide de ces modèles impliquent la détermination des divers paramètres suivants pour l'année de base :

- Les coefficients α et γ de la fonction de propension à voyager soit :

$$V = \frac{r^\alpha}{(c + \lambda t)^\gamma}$$

r étant le revenu

c étant le coût du voyage

t étant la durée du voyage

λ étant la valeur du temps de l'individu considéré.

- L'élasticité de la valeur du temps par rapport au revenu, $\frac{1}{\delta}$, supposée constante, et le coefficient de proportionnalité h ce qui conduit à écrire :

$$r = h \lambda^\delta$$

- Les coefficients μ et σ de la distribution des revenus dans chacun des pays considérés, que nous avons estimés à partir des statistiques publiés dans divers annuaires.

La prévision suppose en outre que l'on sache estimer l'évolution future des valeurs du temps. On a vérifié qu'on pouvait admettre que les valeurs moyennes du temps variaient proportionnellement aux revenus et que les dispersions demeuraient constantes.

2.23 Affectation à l'aide de modèles "multiroutes" (vacanciers britanniques)

Les modèles de choix de la route ont été utilisés pour expliquer et prévoir le comportement des voyageurs pour chacune des catégories suivantes :

- (a) Automobilistes
- (b) Voyageurs de port à port
- (c) Piétons indépendants
- (d) Piétons utilisant un voyage organisé (piétons organisés)

Le modèle de la catégorie (d) est fondé sur celui de la catégorie (c).

Dans les alinéas suivants, chaque modèle est décrit successivement :

2.231 Automobilistes

Le modèle a la forme :

$$P_{ij} = D_{ij}^{\alpha} T_{ij}^{\beta} C_{ij}^{\gamma} B_j^{\delta} / \sum_j D_{ij}^{\alpha} T_{ij}^{\beta} C_{ij}^{\gamma} B_j^{\delta}$$

dans laquelle :

- P_{ij} est la probabilité que la personne i utilise la route j
 D_{ij} la distance terrestre totale pour la personne i qui utilise la route j
 T_{ij} le temps de traversée pour la personne i qui utilise la route j
(cette variable tient compte de la fréquence et du temps d'attente)
 C_{ij} le coût de la traversée pour la personne i par la route j
 B_j une variable aléatoire utilisée pour distinguer les aéroglisseurs
des autres services

$\alpha, \beta, \text{etc.}$ coefficients à déterminer

Les coefficients ont été déterminés par la méthode du maximum de vraisemblance.

2.232 Voyageurs port à port

Le modèle a une forme analogue à celle du modèle des automobilistes décrit ci-dessus. Les coefficients ont également été déterminés par le maximum de vraisemblance.

2.233 Piétons indépendants

Le modèle a la forme suivante :

$$P_{ij} = T_{ij}^{\alpha} C_{ij}^{\beta} / \sum_j T_{ij}^{\alpha} C_{ij}^{\beta}$$

dans laquelle :

- P_{ij} est la probabilité que la personne i utilise la route j
 T_{ij} pour la personne i , le temps total depuis l'origine jusqu'à la destination par la route j (y compris les temps d'attente, les temps de correspondance, les temps d'accès aux gares ferroviaires)
 C_{ij} pour la personne i , le coût d'utilisation de la route j (ce coût tient compte des tarifs 1ère ou 2ème classe, des réductions pour enfants, des suppléments couchettes, des transports terminaux, des taxes d'aéroports, de parkings, etc...)

α, β paramètres à déterminer

Le modèle a été calibré par la méthode du maximum de vraisemblance.
La calibration repose à la fois sur les routes aériennes et maritimes.

2.234 Voyages organisés

Aucun modèle n'a été établi pour cette catégorie de trafic par suite du manque de données adéquates.

Le modèle précédent a été utilisé pour l'établissement des prévisions.

2.24 Résultats

Les résultats auxquels on a abouti dans chacune des hypothèses de croissance des P I B figurent dans le tableau ci-après.

Il apparaît ainsi que :

- (i) Le nombre total de passagers traversant la Manche par le tunnel devrait être de 15,8 millions en 1980 et de 29,5 millions en 1990 dans l'hypothèse centrale d'augmentation des P I B.

Dans l'hypothèse basse d'augmentation des P I B, le nombre de passagers estimé est de 14,6 millions en 1980 et de 24,2 millions en 1990.

L'élasticité des trafics du tunnel au taux d'augmentation annuelle des P I B apparaît donc importante.

- (ii) Le nombre de véhicules accompagnés (exprimé en nombre de véhicules tractants) est estimé à 2,14 millions en 1980 et 4,76 millions en 1990 dans l'hypothèse centrale d'accroissement des P.I B. Dans l'hypothèse basse les prévisions de véhicules accompagnés utilisant le tunnel deviennent respectivement 1,90 millions en 1980 et 3,59 millions en 1990.

PREVISION DES TRAFICS DE PASSAGERS UTILISANT LE TUNNEL SOUS LA MANCHE

Unités: { pour les trafics, milliers de passagers
 { pour les taux d'accroissement annuel, pourcentage

Catégorie de trafic	Hypothèse "centrale" d'accroissement des PIB			Hypothèse "basse" d'accroissement des PIB		
	Trafic 1980	Taux d' accrois- sement 1990/1980	Trafic 1990	Trafic 1980	Taux d' accrois- sement 1990/1980	Trafic 1990
1. Piétons personnels						
1.1 Britanniques	1 682	4,9	2 712	1 614	4,4	2 471
{ Indépendants						
{ Organisés	1 202	5,2	1 992	1 126	4,4	1 733
1.2 Continentaux	2 499	7,6	5 198	2 152	6,1	3 878
{ Indépendants						
{ Organisés	187	5,7	325	229	4,9	371
1.3 Non-Européens	1 636	-0,1	1 623	1 698	1,1	1 980
{ Indépendants						
{ Organisés	49	-2,3	39	78	-2,1	63
TOTAL PIETONS PERSONNELS	7 255	5,1	11 889	6 897	4,3	10 496
2. Piétons professionnels						
2.1 Britanniques	1 130	3,4	1 572	1 040	2,8	1 376
2.2 Continentaux	868	5,4	1 467	776	4,9	1 255
2.3 Non-Européens	50	1,8	60	49	0,6	52
TOTAL PIETONS PROFESSIONNELS	2 048	4,3	3 099	1 865	3,7	2 683
TOTAL GENERAL PIETONS (1+2)	9 303	4,9	14 988	8 762	4,2	13 179
3. Automobilistes personnels						
3.1 Britanniques	3 094	5,3	5 186	2 954	4,7	4 689
3.2 Continentaux	2 534	11,2	7 362	2 076	8,8	4 839
3.3 Non-Européens	359	5,1	616	338	4,9	546
TOTAL AUTOMOBILISTES PERSONNELS	5 987	8,2	13 164	5 368	6,5	10 074
4. Automobilistes professionnels						
4.1 Britanniques	253	7,4	518	211	5,4	357
4.2 Continentaux	294	10,9	828	240	8,8	557
4.3 Non-Européens	10	6,0	18	10	4,8	16
TOTAL AUTOMOBILISTES PROFESSIONNELS	557	9,4	1 364	461	7,3	930
TOTAL GENERAL AUTOMOBILISTES (3+4)	6 544	8,3	14 528	5 829	6,6	11 004
TOTAL GENERAL PASSAGERS (1 à 4)	15 847	6,4	29 516	14 591	5,2	24 183

2.3 Prévisions de recettes et politique tarifaire

Des estimations du détournement et de l'engendrement ont été faites séparément pour chacune des quatre catégories de passagers suivantes :

- piétons effectuant un voyage organisé,
- piétons se déplaçant de façon indépendante pour motif personnel,
- piétons se déplaçant pour motif professionnel,
- automobilistes.

Pour chacune de ces catégories, on a considéré l'ensemble des passagers quel que soit leur lieu de résidence et l'on a étudié les trafics et les recettes à différents niveaux de péage du tunnel et dans différentes hypothèses de tarification des modes de transport concurrents. Il a ainsi été possible de déterminer dans chaque cas le péage à appliquer à la catégorie de passagers considérée, c'est-à-dire celui qui maximise les recettes, compte tenu des instructions données dans certains cas par le Management.

On trouvera ci-dessous les valeurs des péages et les recettes correspondantes. Ces résultats reposent sur l'hypothèse qui apparaît la plus vraisemblable en ce qui concerne la structure tarifaire du transport par ferry après la mise en service du tunnel, telle qu'elle a été appréciée par le Management après qu'il eut examiné les résultats du modèle d'interaction ferry-tunnel. Ils sont fondés sur une baisse en francs constants de 10 % des tarifs maritimes par rapport à leur niveau actuel pour les automobilistes et sur le maintien de la structure tarifaire présente pour les piétons.

Dans le cas des automobilistes, le péage par voyageur contient la quote-part couvrant le transport du véhicule. La structure de la tarification reste à préciser : si elle devait prendre la forme d'un péage à la voiture et d'un péage par occupant et si, par ailleurs, le péage pour les occupants était analogue à celui appliqué aux passagers indépendants, les taux moyens donnés dans le tableau suivant correspondraient à un péage moyen par unité-véhicule de 96 F (1973).

PEAGES ET RECETTES BRUTES DU TUNNEL RELATIFS AU TRANSPORT DES PASSAGERS

Unités (pour les péages, Francs 1/1/1973
(pour les recettes, million de F.1/1/1973

Catégorie de trafic	Hypothèse "centrale" d'accroissement des PIB			Hypothèse "basse" d'accroissement des PIB		
	Valeur des péages	Recettes		Valeur des péages	Recettes	
		1980	1990		1980	1990
. Piétons						
1.1 Voyage organisé pour motif personnel	15,1	21,7	35,7	14,7	21,1	31,8
1.2 Voyage indépendant pour motif personnel	35,8	208,5	341,7	34,5	188,3	287,4
1.3 Voyage professionnel	46,1	94,4	142,8	46,1	85,9	123,6
ENSEMBLE DES PIETONS		324,6	520,2		295,3	442,8
. Automobilistes						
2.1 Voyage pour motif personnel	67,7	401,2	900,5	67,0	357,3	680,1
2.2 Voyage pour motif professionnel	81,5	45,4	111,1	81,5	37,5	75,7
ENSEMBLE DES AUTOMOBILISTES		446,6	1011,6		394,8	755,8
ENSEMBLE DES PASSAGERS		771,2	1531,8		690,1	1198,6

3. PREVISIONS DE RECETTES DU TRAFIC MARCHANDISES

3.1 Prévisions du commerce extérieur

La mise au point du modèle de projection des échanges commerciaux avait pour but de fournir une méthode de calcul du commerce extérieur britannique qui permette d'effectuer des prévisions dans un détail suffisant par produit et par pays fournisseur ou client.

3.11 *Objectifs assignés au modèle de prévision des échanges extérieurs*

Le but de la mise au point du modèle de prévision des échanges commerciaux était de fournir une méthode de projection du Commerce Extérieur Britannique qui permette de distinguer simultanément un certain nombre de branches de produits et de pays ou zones géographiques avec lesquels sont faits ces échanges.

En particulier, l'un des buts de ce modèle était de permettre d'estimer de manière simple quelle pourrait être la répercussion de l'adhésion de la Grande-Bretagne au Marché Commun sur le volume de son commerce extérieur avec les pays de cette zone économique. Il fallait notamment étudier l'incidence sur le commerce britannique de :

- la suppression des droits de douane auxquels étaient soumis jusqu'ici les échanges commerciaux avec les pays du Marché Commun,
- l'alignement des droits de douane britanniques vis-à-vis des pays tiers sur le tarif extérieur commun pratiqué par les pays du Marché Commun.

3.12 *Description schématique du modèle*

On est parti de l'hypothèse admise par un certain nombre d'économistes que les baisses de prix ont essentiellement un effet générateur d'échanges, ceci n'excluant pas leur incidence sur la répartition des échanges par zone, moins importante et beaucoup plus difficile à saisir. La suppression des barrières douanières entraînera une réduction des prix des produits importés et aura donc un effet générateur incontestable sur les échanges commerciaux internationaux. On verra ci-dessous que cela peut être mis en évidence dans le cas des pays du Marché Commun ou de la zone de "Libre Echange".

On a donc procédé en deux étapes successives :

- (i) prévision des échanges en tenant compte seulement des croissances industrielles des pays ou zones,
- (ii) prise en compte de l'effet-prix traduit par un facteur multiplicatif de l'effet mécanique de croissance précédent.

La principale originalité des travaux de recherche pour cette partie de l'étude a consisté à mettre en évidence l'effet des prix sur les échanges commerciaux internationaux et à en trouver une formulation mathématique simple qui permette de le quantifier.

3.13 Résultats

3.131 Résultats en volume

On trouvera ci-dessous l'évolution des importations et des exportations selon les deux hypothèses considérées en ce qui concerne l'accroissement des P I B et lorsqu'on prend en compte l'adhésion de la Grande-Bretagne au Marché Commun.

EVOLUTION DU COMMERCE EXTERIEUR BRITANNIQUE EN VOLUME

Unités { Million de dollars 1970 pour les volumes
Pourcentage pour les taux d'accroissement annuel

Catégorie d'échanges	Hypothèse "centrale" d'accroissement des P I B						Hypothèse "basse" d'accroissement des P I B					
	Taux d'accroissement annuel %	Volume 1970	Taux d'accroissement annuel %	Volume 1980	Taux d'accroissement annuel %	Volume 1990	Taux d'accroissement annuel %	Volume 1970	Taux d'accroissement annuel %	Volume 1980	Taux d'accroissement annuel %	Volume 1990
Zone du tunnel*												
Importations	8,7	5 161	10,6	14 109	6,9	27 592	8,7	5 161	8,9	12 090	5,0	19 715
Exportations	7,7	4 890	10,7	13 577	7,5	27 967	7,7	4 890	9,0	11 582	5,5	19 727
Reste du Monde												
Importations	5,1	15 383	3,8	22 453	3,8	32 601	5,1	15 383	3,1	20 813	3,2	28 561
Exportations	3,6	13 129	3,7	18 923	3,5	26 667	3,6	13 129	2,9	17 564	3,0	23 672
Total												
Importations	5,7	20 544	5,9	36 562	5,1	60 193	5,7	20 544	4,8	32 903	3,9	48 276
Exportations	4,4	18 019	6,1	32 500	5,3	54 634	4,4	18 019	4,9	29 146	4,1	43 399
TOTAL GENERAL	5,1	38 563	6,0	69 062	5,2	114 827	5,1	38 563	4,9	62 049	4,0	91 675

*Europe des Six, Suisse, Autriche, Espagne.

L'accroissement du commerce entre la Grande-Bretagne et les pays de la zone du tunnel sera important dans les prochaines années, en raison notamment de l'adhésion de la Grande-Bretagne au Marché Commun.

- Dans l'hypothèse "centrale" d'évolution des PIB, le commerce extérieur entre la Grande-Bretagne et la zone du tunnel augmentera en effet de 10,7 % par an entre 1970 et 1980 et de 7,2 % par an entre 1980 et 1990.
- Dans l'hypothèse "basse" d'évolution des PIB, les pourcentages d'accroissement du commerce définis précédemment seront respectivement de 8,9 % par an entre 1970 et 1980 et 5,2 % par an entre 1980 et 1990.

L'accroissement du commerce entre la Grande-Bretagne et les pays de la zone du tunnel résultant de l'adhésion britannique au Marché Commun est estimé à 25,5 % en 1980 dans l'hypothèse centrale d'évolution des PIB et 21,0 % pour cette même année dans l'hypothèse basse.

3.132 Résultats en tonnage

Les tonnages de biens containerisables en provenance ou à destination de la zone du tunnel, c'est-à-dire ceux qui sont le plus susceptibles d'être détournés vers le tunnel, s'élevaient en 1970 à 6 millions de tonnes. Ils devraient croître assez rapidement dans le futur, atteignant :

- Dans l'hypothèse "centrale" de PIB, 15 millions de tonnes en 1980 et 29 millions de tonnes en 1990.
- Dans l'hypothèse "basse" de PIB, 13 millions de tonnes en 1980 et 20 millions de tonnes en 1990.

3.2 Prévisions de trafic détourné par le tunnel

Les prévisions de trafic marchandises détourné par le tunnel sont fondées sur les résultats d'un ensemble d'enquêtes réalisées sous le contrôle du Consultant britannique pendant l'année 1972.

3.21 *Enquêtes*

Les enquêtes de la phase préliminaire ont montré que les échanges commerciaux de certains produits comme les automobiles, les produits chimiques, l'acier et les métaux, comprenaient essentiellement les trafics très importants entre certaines origines et destinations et qu'ils se faisaient à des conditions particulières. Il était nécessaire en conséquence d'étudier en détail, pour chacun de ces courants de trafic, les détournements par le tunnel.

En ce qui concerne les marchandises containerisables, des enquêtes ont été conduites sur les importations et les exportations britanniques avec la zone du tunnel, afin de déterminer le schéma des flux par origine destination, ainsi que les routes et les modes de transport utilisés.

3.22 *Modèles du choix du mode de transport et de la route pour les marchandises containerisables*

Un modèle à deux étapes a été utilisé pour prévoir le choix de la route dans le cas de marchandises containerisables.

La première étape décrit le choix entre le Ro/Ro et le container, la deuxième étape, le choix de la route pour chacun des types de transports.

Les deux étapes du modèle propose sur le principe du coût généralisé minimum en probabilité.

En terme général, l'hypothèse de base est que chaque chargeur choisit le mode de transport le moins coûteux et la route de transport la moins coûteuse pour son cas particulier. Le coût qu'il considère comprend naturellement des éléments qui correspondent au temps de transport, à la nature des expéditions, à la qualité des services offerts. Ces éléments de coût varient dans chaque cas. Le modèle estime la probabilité qu'une décision individuelle soit prise sur la base de la connaissance des coûts moyens correspondant aux divers modes de routes disponibles.

Dans le modèle utilisé, l'étape de choix modal comprend un facteur de préférence modale dépendant du service et des caractéristiques de chaque produit.

L'étape du choix de la route comprend un élément de coût correspondant au temps différent pour les deux modes de transport. Le choix des variables et des valeurs numériques a été fait par la méthode du maximum de vraisemblance.

3.3 *Prévisions des recettes et politique tarifaire*

Pour l'utilisation du modèle, le tunnel a été considéré comme introduisant un service alternatif Ro/Ro entre Douvres et Calais ainsi qu'une liaison par train container entre les centres principaux de Grande-Bretagne et du Continent.

Une première prévision a été faite dans l'hypothèse où le tunnel pratiquerait des tarifs analogues aux tarifs actuels, y compris les réductions.

L'analyse de la concurrence des transbordeurs a montré qu'une baisse des tarifs par les armateurs n'était pas susceptible d'intervenir sur les routes autres que le Rô/Ro Douvres-Calais ; pour ce service, en revanche, les armements pouvaient assurer une exploitation rentable à des taux inférieurs aux taux actuels.

Les estimations de recettes du tunnel ont été faites en tenant compte de cette baisse possible.

Sur la base des prévisions de trafic totales exposées au 3.1, l'application du modèle de détournement conduit aux trafics suivants :

TONNAGES TRANSITANT PAR LE TUNNEL SELON LES HYPOTHESES D'ACCROISSEMENT DES PIB ET LES HORIZONS

Unité: millier de tonnes

Catégorie de trafic	Hypothèse centrale d'accroissement des PIB		Hypothèse basse d'accroissement des PIB		
	1980	1990	1980	1990	
1. Containers	Importations	1 310	2 360	1 140	1 770
	Exportations	820	1 960	680	1 310
2. Roll on - Roll off	Importations	1 030	1 700	910	1 270
	Exportations	1 030	2 100	860	1 420
3. Trains complets	Importations	420	1 290	370	970
	Exportations	550	1 370	490	1 130
TOTAL		5 160	10 780	4 450	7 870

Aux marchandises transportées par camion, dont les tonnages détournés vers le tunnel ont été indiqués dans le tableau précédent (cf. "Roll on-Roll off"), correspondent respectivement les nombres de véhicules suivants (remorques de 10 mètres utiles):

- Dans l'hypothèse centrale de PIB, 166 000 véhicules en 1980 et 305 000 en 1990.
- Dans l'hypothèse basse de PIB, 142 000 véhicules en 1980 et 216 000 en 1990.

Les prévisions de recettes nettes afférentes au transport de marchandises - c'est-à-dire charges de manutention et transport à travers le tunnel déduits - figurent dans le tableau ci-dessous dans les deux hypothèses d'accroissement des PIB.

PEAGES ET RECETTES NETTES DU TUNNEL RELATIFS AU TRANSPORT DE MARCHANDISES

Unités : (pour les péages, Francs 1/1/1973 par tonne
(pour les recettes ,million de F.1/1/1973

Catégorie de trafic	Hypothèse centrale d'accroissement des PIB			Hypothèse basse d'accroissement des PIB		
	Valeur des péages	Recettes		Valeur des péages	Recettes	
		1980	1990		1980	1990
1. Containers						
{ Importations	21,5	28,0	50,6	21,5	24,6	37,9
{ Exportations	21,5	17,7	42,0	21,5	14,6	27,9
2. Roll on-Roll off						
{ Importations	38,9	36,1	59,8	38,9	31,3	44,8
{ Exportations	38,9	35,7	73,7	38,9	29,9	50,0
3. Trains complets						
{ Importations	19,2	9,2	27,4	19,2	8,2	19,9
{ Exportations	19,2	9,2	23,7	19,2	8,3	19,7
4. Trafics divers (dont véhicules vides)		15,8	30,9		14,3	20,2
TOTAL		151,7	308,1		131,2	220,4

En Francs 1/1/1973, les recettes sont donc les suivantes :

- 152 millions en 1980 et 308 millions en 1990 dans l'hypothèse centrale d'accroissement des PIB.
- 131 millions en 1980 et 220 millions en 1990 dans l'hypothèse basse d'accroissement des PIB.

4. ETUDE DE LA CONCURRENCE MARITIME

4.1 Prix de revient des bateaux

Après de nombreux contacts avec les principaux armateurs exploitants des lignes maritimes trans-Manche, nous avons analysé les résultats recueillis en vue de déterminer une formule donnant le prix de revient des navires en fonction de leur utilisation. Les paquebots étant en voie de disparition, nous avons limité l'analyse aux quatre types de bateaux suivants (indice k)

k = 1 bateaux à usage multiple sur ligne courte

k = 2 bateaux à usage multiple sur ligne longue (avec cabines)

k = 3 bateaux de fret "roll on-roll off" (RO/RO)

k = 4 bateaux porte-containers cellularisés.

Les routes maritimes ont été regroupées en 8 groupes (indice j) en tenant compte de leur proximité du Tunnel, de leur longueur et de la durée de rotation des bateaux : d_j représente la distance, l'indice i est relatif à chaque bateau individuellement. L'utilisation d'un bateau i de type k sur la ligne j sera désignée par N_{ijk} (nombre annuel de traversée simples).

Nous avons retenu la formulation suivante pour chaque poste de dépenses; le détail des valeurs numériques sera précisé dans le rapport complet.

$$\text{Entretien} : A_k + B_k \times \text{Sup} (0, \text{AGE}_i - 10) + (C_k + C'_k d_j) N_{ijk}$$

AGE_i désigne l'âge du bateau i.

$$\text{Equipage} : a'_{jk} N_{ijk} + (65000 \frac{333 - M_{ijk}}{333} + 156\ 000) Y$$

M_{ijk} désigne le nombre de jours d'utilisation dans l'année.

Y est un paramètre valant : 0 si $M_{ijk} > 333$
1 si $M_{ijk} < 333$

$$\text{Energie} : C_k \cdot d_j \cdot N_{ijk}$$

$$\text{Autres coûts directs} : F_k \left(\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \frac{M_{ijk}}{365} \right) + G_k \cdot d_j \cdot N_{ijk}$$

Frais portuaires sur navires : variables selon chaque port et selon le type de bateau.

Commission et booking : 10 % du total des recettes sur le trafic de passagers et de véhicules accompagnés (nettes des charges portuaires).

Publicité : $PF_k + PV_k / Na$

Na désignant le nombre de bateaux de l'armateur considéré.

Frais d'administration générale : $AF + AV / Na$

Assurances : $0,01 \left(\frac{1}{3} + \frac{2}{3} \frac{M_{ijk}}{365} \right) VR_k$

VR_k représentant la valeur de remplacement du bateau.

Amortissement : Le taux d'amortissement sur la valeur de remplacement du bateau a été conservé comme un paramètre variable.

Charges portuaires : Variables d'un port à l'autre, selon la catégorie de trafic

Pour les horizons futurs, l'évolution des coûts en termes réels serait de 3 % pour les salaires, 2 % pour le coût de la construction navale. Pour les autres postes, les coûts seraient constants. Le pourcentage de salaires dans les différents postes est de :

100 % pour l'équipage

60 % pour l'entretien

50 % pour les autres postes de dépenses, non liés à la valeur de remplacement des bateaux, sauf l'énergie et les autres coûts directs.

4.2 Modèles d'exploitation de la flotte

Les modèles de demande, passagers et marchandises, conduisent à un trafic restant sur les lignes maritimes pour diverses hypothèses de péages et de fréquences sur les lignes maritimes. Ils traduisent le comportement des usagers, abstraction faite de l'offre de transport.

Des modèles d'exploitation de la flotte ont dû être mis au point pour examiner, du point de vue des armateurs, à quelles conditions l'exploitation d'une flotte pouvait être rentable. Ces modèles ont comme principaux objectifs :

- de définir l'offre nécessaire (nombre de bateaux, fréquence de service) pour satisfaire complètement le trafic issu du modèle de demande, trafic que nous désignerons par le terme "trafic potentiel",
- d'examiner les possibilités de réduire l'offre en écrétant le trafic potentiel pendant les jours de pointe : on peut réduire les fréquences de traversées de bateaux d'une part, le nombre de bateaux d'autre part,
- de calculer les dépenses et les recettes (restantes en cas d'écrêtement de trafic) pour en déduire un bilan pour les différents armateurs et pour l'ensemble de la flotte, dans les différents cas d'offre,
- d'en déduire le domaine possible de concurrence des lignes maritimes vis-à-vis du tunnel.

Les modèles d'utilisation de la flotte devaient être d'une utilisation très souple pour permettre :

- (i) de représenter toute politique commerciale possible de n'importe quel armateur,
- (ii) d'examiner la concurrence de chaque ligne maritime séparément,
- (iii) d'introduire la flotte existante aux différents horizons (bateaux âgés de moins de 20 ans) ou des bateaux de type optimum, en cas de besoin.

L'amortissement des bateaux est un poste de dépenses très important et il dépend de la politique commerciale de l'armateur. Pour garder toute la souplesse aux modèles, nous avons pris en compte différents taux d'amortissement correspondant à divers types de politique commerciale des armements, y compris :

- une hypothèse de service temporaire dans laquelle l'armateur renonce à tout amortissement et se contente d'utiliser pendant un certain temps la flotte qu'il possède,
- une hypothèse intermédiaire qui permet d'assurer un certain amortissement mais au niveau des valeurs de remplacement,
- une hypothèse d'exploitation normale dans laquelle l'armateur peut amortir ses bateaux à leur valeur de remplacement et bénéficie d'une rentabilité convenable pour ses fonds propres.

4.3 Conclusion sur la concurrence maritime

L'application des modèles aux différents horizons conduit à des conclusions différentes selon les routes maritimes.

Pour les routes longues, sans exception, il apparaît que les armateurs devront augmenter en valeur réelle les tarifs maritimes s'ils veulent subsister.

Sur les routes courtes du détroit, en revanche, la concurrence pourrait se traduire par une diminution des tarifs, diminution qui dépendra de la politique d'amortissement des armateurs - et qui peut être plus importante sur le détroit français que sur le détroit belge (cf § 2.3 et 3.3).

5. BILAN FINANCIER

5.1 Contenu des études financières

5.11 Les études financières réalisées avaient pour but de s'assurer que l'ouvrage était finançable par un plan de financement conforme à celui envisagé par la convention n° 1.

Pour mener à bien cette analyse, nous avons été amenés à établir un modèle qui décrit l'enregistrement des opérations financières liées à la construction et à l'exploitation du tunnel. Ce modèle travaille sur des valeurs nominales mais, vu son importance pour le problème étudié, le taux d'augmentation des prix a été paramétré.

Les sorties du modèle sont pour chacune des années :

- pendant la phase de construction :
 - . les dépenses en livres et en francs correspondant au paiement des travaux, y compris l'augmentation due à l'inflation, aux frais financiers (dividendes statutaires, intérêts des obligations, frais d'émission) et aux frais divers,
 - . les ressources provenant de l'émission du capital risqué et des obligations garanties;
- pendant la phase d'exploitation, les recettes brutes, les dépenses d'exploitation, la charge de la dette calculée selon les dispositions de la convention n° 1.

Nous avons calculé également le taux de rentabilité financière du projet, indépendant de son financement et défini comme le taux d'actualisation qui annule la somme actualisée des dépenses de construction (et frais liés) et des recettes brutes diminuées des dépenses d'exploitation, toutes ces grandeurs étant exprimées en francs constants.

5.12 L'étude de la sensibilité des résultats du bilan financier a été faite en fonction du niveau des recettes.

Le cas de base est défini par :

- les recettes centrales basses (voir paragraphe 5.2)
- l'hypothèse moyenne d'inflation (hypothèse 2 de la page 4)
- la nouvelle estimation du coût de construction (voir paragraphe 5.3).

Le cas variante correspondant à l'hypothèse centrale haute de recettes a aussi été traité.

5.2 Prévisions de recettes

Nous avons défini deux niveaux de recettes :

- l'hypothèse centrale haute qui correspond aux taux de PIB de l'hypothèse définie par les fonctionnaires ainsi qu'au maintien de services maritimes en concurrence avec le tunnel, ce qui entraînerait une baisse des tarifs en monnaie constante de 10 % pour les automobiles par rapport aux tarifs actuels,
- l'hypothèse centrale basse correspondant aux mêmes hypothèses commerciales mais à l'hypothèse basse des PIB.

Les recettes données dans le tableau suivant sont celles destinées au tunnel, c'est-à-dire après déduction de toutes charges correspondant aux trafics qui empruntent des trains directs.

Nous avons supposé que les ventes "hors taxes" auraient disparu en 1980 et qu'il n'y aurait pas de ce fait de recettes auxiliaires significatives.

	Montant des recettes (MF au 1/1/73)	
	Hypothèse centrale basse	Hypothèse centrale haute
1980 : Recettes piétons	265,0	292,8
Recettes automobilistes	394,8	446,6
Total passagers	659,8	739,4
Recettes fret	131,2	151,5
Total	791,0	890,9
1990 : Recettes piétons	396,7	468,0
Recettes automobilistes	755,8	1 011,6
Total passagers	1 152,5	1 479,6
Recettes fret	220,4	308,1
Total	1 372,9	1 787,7

5.3 Coût de la construction

La nouvelle estimation du coût de construction est donnée dans le tableau suivant qui distingue les paiements à faire en livres et en francs pour chacun des postes (1) et chacune des années et pour une mise en service au 1er juillet 1980.

Le coût total (2) du projet en valeur au 1/1/1973 est ainsi dans l'hypothèse de base de

	2 692 MF
	229,6 MF
Total	5 286 MF (valeur 1/1/1973)

5.4 Dépenses d'exploitation du Tunnel

Les dépenses d'exploitation du tunnel correspondent à l'entretien des installations fixes ainsi qu'au fonctionnement des services navettes et des installations terminales. Les ingénieurs ont estimé que ces dépenses dépendaient de façon linéaire des trafics et qu'elles valaient (F au 1/1/73)

$$86,8 \cdot 10^6 + 64,0 T_1 + 14,7 T_2 + 123,1 T_3$$

avec T_1 = le trafic en unité d'équivalent voiture acheminé par rames simple plancher,

T_2 = le trafic acheminé par rames double plancher,

T_3 = le trafic (en nombre de camions) acheminé par rames camions.

Dans le cas central, les dépenses d'exploitation, pendant la première année complète d'exploitation (1981) s'élèvent à 124 MF (valeur 1/1/1973).

Des montants sont également prévus pour les frais de fonctionnement des sociétés constructrices pendant la période d'exploitation (1,5 MF valeur 1/1/73 pour chacune des sociétés).

(1) Les techniciens RTZ DE n'avaient pas encore communiqué le détail par postes à la date du 26 Avril 1973.

(2) Le coût total comprend 40 MF correspondant aux dépenses préparatoires de mise en route de l'exploitation.

ESTIMATION DU COUT DU TUNNEL SOUS LA MANCHE AU 20 AVRIL 1973

Echéancier des paiements

(valeurs 1/1/73)

Unité MF : Millier de Francs
ME : Millier de Livres sterling

Postes de dépenses	Avant 1973		1973		1974		1975		1976		1977		1978		1979		1980		TOTAL		
	MF	ME	MF	ME	MF	ME	MF	ME	MF	ME	MF	ME	MF	ME	MF	ME	MF	ME	MF	ME	
10.00 Tunnels		35	6779		29975		118727		201925		404327		371568		205835		57022		1396193		
20.00 Terminaux		-	-		-		57400		3500		113150		138250		124780		25240		462320		
30.00 Matériel roulant		-	-		-		-		-		32400		48000		72000		20000		172400		
40.00 Etudes générales et reconnaisances		7376	7996		7484		33768		4800		2430		1640		410		-		65904		
50.00 Divers		-	862		1938		23280		12327		25265		29761		48192		4520		146145		
60.00 Ingénierie et Management		2988	17102		21000		24800		27800		28000		28000		28000		28305		205995		
			209		1318		2294		2562		2768		3439		2847		1860		1743		19040
Total		10399	32739		60397		257975		250352		605572		617219		479217		135087		2448957		
			705		2388		5195		13756		24657		58430		57539		38190		208591		208591
Aléas		-	2907		6039		25906		25192		60938		62109		46281		13594		242966		
			-		464		521		1381		2478		5790		3682		792		20979		20979
TOTAL (y compris aléas)		10399	35646		66436		283881		275544		666510		679328		525498		148681		2691923		
			705		2852		5716		15137		27135		63329		41872		8523		229570		229570

5.5 Plan de financement

Les principales hypothèses du plan de financement sont :

5.51 Coût de l'ouvrage hors frais financiers (1)

- avant dérive monétaire (valeur 1/1/73)	. côté français	2 692 MF
	. côté anglais	229,6 M£
- après dérive monétaire :		
de prix de détail	5 %/an	
d'engineering	8 %	
de travaux	6 % côté français, 8 % côté anglais	
	coût du tunnel . côté français	3 601 MF
	. côté anglais	335 M£
Total		7 394 MF
(1£ = 11,3 FF)		

L'hypothèse 7 % pour le taux d'augmentation des coûts de travaux sera également testée.

5.52 Hypothèses de financement

a) émissions des actions (hypothèse capital risqué = 10 %)

en 1973 pour 33 MF complété par les actions de valorisation correspondante (coefficient 2.8) émises en 1976 pour 60 MF.

en 1974 pour 80 MF complété par les actions de valorisation correspondantes (coefficient 2) émises en 1976 pour 80 MF.
La valeur 1,2 pour le coefficient de valorisation sera également testée.

en 1975 pour 420 MF

en 1976 pour 420 MF ; 7 MF d'actions G.E.T.M.

b) prêts bancaires garantis

Les besoins de capitaux, au-delà des apports en fonds propres, sont financés de 1972 à 1974 par des prêts bancaires garantis. Ces derniers sont amortis en 1975.

(1) y compris les dépenses préparatoires de mise en route de l'exploitation (40 MF).

c) obligations garanties

A partir de 1975, les besoins de capitaux, au-delà des apports en fonds propres, sont financés par des obligations garanties, émises chaque année dans les proportions suivantes :

- sur le marché international	25%
- en Grande Bretagne	37,5%
- en France	37,5%

d) frais financiers

Les frais financiers sont calculés sur les bases suivantes :

- Actions . frais d'émission	France	G.B
	1973 1%	1%
	1974 4,5%	4,0 %
	1975) 7,5%	4,5 %
	1976)	

. intérêts intercalaires : 7%

- Prêts bancaires garantis : intérêts 10%

- Obligations garanties	frais d'émission	taux d'intérêt
G.B	2%	10%
France	3%	8,5%
Marché international	3%	7,5%

e) l'amortissement de la dette est calculé sur la base

. d'un taux d'intérêt moyen de 9 %

. et de la séquence suivante pour le remboursement du principal

1985 0,35 %	1990 3,21 %	1995 4,93 %	2000 7,59 %
86 0,50 %	91 3,50 %	96 5,38 %	1 8,28 %
87 1,00 %	92 3,81 %	97 5,86 %	2 9,02 %
88 1,50 %	93 4,16 %	98 6,38 %	3 9,83 %
89 2,50 %	94 4,53 %	99 7,59 %	4 10,7 %

5.53 Résultats

Les résultats obtenus par l'analyse financière sont à la demande du management sommairement exposés dans cette note. Ils se résument par :

(i) Montant de l'investissement

Le montant total des fonds que le plan de financement doit réunir pendant la période de construction s'élève aux valeurs suivantes :

Coût en monnaie constante	MF (valeur 1/1/1973)	5 286
Dérive monétaire (MF)		2 108
Charges financières (MF)		2 166
COUT TOTAL (MF)		<u>9 560</u>

(ii) Recettes nettes

Des tableaux, annexés à cette note, donnent pour le cas de base et le cas variante et pendant les 25 premières années :

- les recettes brutes
- les dépenses d'exploitation
- le service de la dette
- les recettes nettes.

(iii) Le taux de rentabilité interne du projet s'établit :

- cas de base 14,5 %
- cas variante 16,9 %

CAS DE BASE

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Recettes brutes	581 395	1 270 838	1 400 880	1 560 920	1 730 970	1 920 1 030	2 130 1 100	2 360 1 140	2 620 1 210	2 910 1 290	3 230 1 360	3 490 1 400	3 770 1 450
Dépenses d'exploitation	153 106	188 124	201 128	215 132	231 136	247 140	265 145	284 150	306 155	329 160	386 164	409 166	434 168
Service de la dette	388	775	775	775	775	805	815	855	890	964	1 010	1 010	1 010
Recettes nettes	40	303	428	568	724	867	1 050	1 220	1 430	1 620	1 840	2 080	2 340

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Recettes brutes	4 080 1 510	4 410 1 570	4 770 1 620	5 150 1 690	5 570 1 750	6 020 1 810	6 510 1 890	7 040 1 950	7 400 1 930	7 770 1 910	8 170 1 890	8 590 1 870	
Dépenses d'exploitation	460 170	487 172	517 174	549 176	582 177	618 179	657 181	698 182	728 180	758 178	790 176	823 175	
Service de la dette	1 010	1 010	1 010	1 010	1 010	1 000	1 010	1 010	1 010	1 010	1 010	1 000	
Recettes nettes	2 610	2 920	3 250	3 600	3 980	4 400	4 850	5 330	5 660	6 010	6 370	6 760	

Pour les recettes brutes et les dépenses d'exploitation : - chiffre supérieur = valeur nominale en MF
- chiffre inférieur = valeur réelle en MF(1/1/7)

CAS VARIANTE

	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Recettes brutes	643 450	1 450 957	1 640 1 020	1 840 1 100	2 070 1 180	2 330 1 260	2 620 1 350	2 950 1 450	3 330 1 540	3 740 1 650	4 210 1 800	4 600 1 850	5 020 1 910
Dépenses d'exploitation	155	196 129	211 134	228 140	246 146	266 152	288 159	313 166	340 172	370 180	445 189	476 194	508 198
Service de la dette	388	775	775	775	775	805	815	855	890	964	1 010	1 010	1 010
Recettes nettes	100	478	649	838	1 050	1 260	1 520	1 790	2 100	2 410	2 760	3 120	3 510

	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	
Recettes brutes	5 480 2 010	5 990 2 090	6 530 2 180	7 130 2 260	7 790 2 340	8 500 2 440	9 280 2 530	10 100 2 640	10 800 2 670	11 400 2 700	12 100 2 730	12 900 2 760	
Dépenses d'exploitation	543 202	581 206	622 210	666 214	714 218	765 222	821 226	881 230	920 229	962 228	1 010 227	1 050 226	
Service de la dette	1 010	1 010	1 010	1 010	1 010	1 000	1 010	1 010	1 010	1 010	1 010	1 010	
Recettes nettes	3 930	4 400	4 910	5 460	6 070	6 730	7 460	8 250	8 830	9 450	10 100	10 800	

Pour les recettes brutes et les dépenses d'exploitation : - chiffre supérieur = valeur nominale en MF
- chiffre inférieur = valeur réelle en MF (1/1/1973)