

MINISTERE DES TRANSPORTS

TUNNEL SOUS LA MANCHE

MISE A JOUR DES ETUDES DE TRAFIC ET DE RENTABILITE

TOME 1. RAPPORT DE SYNTHESE

Observatoire Economique
et Statistique des Transports
DOCUMENT
A
CDAT
5491 A

PROVISOIRE: CHAPITRES 1.2.3.4.5 _ ANNEXE 1

1969

TOME 1 : RAPPORT DE SYNTHESE

1. Résumé et conclusions
2. Données générales sur les ouvrages à construire
 - 2.1 Description des infrastructures
 - 2.2 Coût de construction des ouvrages
 - 2.3 Modalités d'exploitation
 - 2.4 Coûts d'exploitation
 - 2.5 Capacité limite du Tunnel
3. Le système de transport et les coûts
 - 3.1 Les moyens de transport à travers la Manche
 - 3.2 Les infrastructures de transport
 - 3.3 Les moyens de transport nouveaux
4. Les trafics actuels à travers la Manche
 - 4.1 Trafic des véhicules accompagnés
 - 4.2 Trafic des passagers ordinaires
 - 4.3 Les trafics actuels de marchandises. Choix des produits à étudier. Itinéraires origine-destination.

5. Perspectives de trafic

5.1 Trafic de passagers

5.2 Trafic de véhicules accompagnés

5.3 Trafic de marchandises

5.4 Récapitulation des perspectives de traficset de recettes

6. Analyse financière

6.1 Hypothèses sur les modalités de financement

6.2 Bilan financier

7. Bilan économique

7.1 Méthodologie du bilan économique pour la collectivité internationale

7.2 Etude détaillée des différents postes du bilan

7.3 Résultats

7.4 Avantage économique du tunnel pour la France

CHAPITRE 1

RESUME ET CONCLUSIONS

1.1 Le Comité Interministériel pour l'Etude et la Construction du Tunnel sous la Manche a bien voulu nous confier au début de l'année 1969 une étude sur la rentabilité du Tunnel sous la Manche. Le but de cette étude était de vérifier et de mettre à jour les résultats antérieurs, notamment ceux du rapport des fonctionnaires franco-britanniques de 1966. Outre les perspectives de trafic et de recettes du Tunnel aux horizons 1975 et 1985, un bilan économique et un bilan financier devaient être élaborés.

1.2 D'après les termes de référence du contrat l'étude consistait en une mise à jour des rapports précédents. En fait, il est apparu que, pour asseoir solidement les résultats, il fallait reprendre entièrement les estimations des recettes du tunnel, et l'étude a donc dû déborder très largement le cadre contractuel, c'est-à-dire celui d'une simple actualisation, comme on peut en juger ci-dessous.

1.21 En ce qui concerne les passagers et les véhicules accompagnés, outre l'actualisation détaillée des temps de transport, des tarifs de transport à travers la Manche et de leur évolution temporelle, des courbes de détournement de trafic élaborées en 1959, on a dû étudier avec plus de précision qu'une simple actualisation un certain nombre de problèmes. Par exemple, le détournement du trafic aérien, qui avait fait l'objet d'évaluations assez sommaires dans les études précédentes, a pu être analysé ici de façon beaucoup plus sûre. On a utilisé à cet effet les modèles mis au point récemment par la SETEC à l'occasion d'une très importante étude sur la

- demande du Transport aérien en Europe, et les problèmes de répartition des passagers entre les divers modes de transports qui leur sont offerts en fonction des caractéristiques de ces modes de transport (coût, temps etc...

1.22 Pour les marchandises il est apparu nécessaire après une première analyse de reprendre complètement les travaux antérieurs de l'E.I.U., d'une part du fait que les données disponibles ne permettaient pas de se faire une opinion sur la valeur de la méthodologie employée, et d'autre part, pour tenir compte des changements considérables intervenus dans les moyens de transport et de leur répercussion sur les avantages spécifiques du tunnel.

On a donc déterminé, pour les principaux produits, les différentes routes qu'empruntent les marchandises et les tonnages sur chacune d'elles pour l'année de base. De même l'analyse des coûts de transport et l'affectation des marchandises selon les modes ont été entièrement reprises. On a procédé pour cela, dans divers pays européens, à de nombreuses enquêtes auprès de divers agents économiques pour la détermination des coûts, et auprès des utilisateurs potentiels du tunnel pour l'appréciation qualitative et quantitative des avantages intrinsèques de cet ouvrage.

Le trafic du tunnel dans le futur a été estimé à partir des perspectives de commerce extérieur des divers pays concernés. Celles-ci ont été déterminées à l'aide d'un modèle assez complet, faisant intervenir les principales grandeurs caractérisant l'activité économique d'un pays : population, production intérieure brute, consommation des ménages et, plus généralement, tableau d'échanges interindustriels.

1.23 Les moyens de transport nouveaux susceptibles de modifier les conditions de la concurrence entre modes de transport dans le futur - qu'il s'agisse de moyens complémentaires ou concurrents du tunnel - ont été examinés avec attention.

Les trains à grande vitesse pourraient accroître encore la rentabilité du tunnel car ils permettraient d'augmenter notablement la part du trafic aérien détourné. Cependant, compte tenu des incertitudes importantes sur le financement des investissements nécessaires et sur leur date de réalisation, il nous a été demandé de ne pas en tenir compte dans cette étude.

7

Les avions à décollage court (ou vertical) et les véhicules à coussin d'air semblent être par contre des concurrents potentiels du tunnel.

En fait seuls les aéroglisseurs - dans l'état actuel des techniques et des perfectionnements prévisibles - paraissent pouvoir présenter des avantages proches de ceux qui caractériseront le tunnel. Mais les prix de revient de ces matériels sont encore élevés, l'amortissement et l'entretien de ces véhicules grèvent lourdement les comptes d'exploitation. De plus, la régularité du service ne peut être actuellement assurée par tout temps. De l'analyse détaillée (confer l'annexe au présent rapport de synthèse) il résulte que la concurrence que ce mode de transport pourra faire au tunnel devrait rester marginale.

1.24 Afin de pouvoir mener à son terme l'élaboration des bilans économiques et financiers nous avons dû reprendre également les estimations du coût de construction et établir des prévisions de dépenses d'exploitation.

La révision des dépenses d'investissement a été faite à partir des estimations du rapport des Ingénieurs-Conseils de 1966 en tenant compte d'une part des variations économiques intervenues depuis cette date et des modifications des caractéristiques techniques des ouvrages qui nous ont été spécifiées (variation du diamètre de la galerie technique, modifications dans les installations terminales).

L'estimation des dépenses d'exploitation a été effectuée en liaison avec la SNCF par une méthode analytique simplifiée faisant intervenir d'une part les prévisions de trafic et les variations des paramètres économiques, d'autre part les impératifs techniques d'exploitation indiqués par la SNCF.

1.3 Il est important de préciser que les prévisions effectuées dans cette étude ont été systématiquement prudentes. Quand plusieurs hypothèses étaient possibles, nous avons toujours retenu la moins favorable au tunnel de façon à obtenir des résultats qui, s'ils devaient s'avérer inexacts, le seraient par défaut.

Ainsi, en ce qui concerne l'estimation des recettes "passagers" :, nous avons fait légèrement décroître à partir de 1985 le coefficient d'occupation des véhicules et maintenu constante l'élasticité du trafic trans-Manche par rapport au parc de véhicules alors que certains indices donnent à penser qu'elle pourrait croître légèrement dans l'avenir.

Dans l'estimation des recettes provenant du trafic de marchandises, nous avons conduit les calculs de coût de transport en supposant que tout le trafic serait containerisé; nous avons remplacé les "prix de vente" des transports par leur prix de revient et enfin, nous n'avons pas tenu compte de l'engendrement pour le trafic de marchandises.

L'objectif poursuivi dans cette optique était que les conclusions de l'étude puissent permettre d'établir un plan de financement de l'ouvrage dans des conditions de sécurité tout à fait satisfaisantes et d'obtenir un taux de rentabilité solidement fondé.

1.4 Prévisions de trafic et de recettes

Les résultats auxquels nous sommes parvenus sont les suivants :

1.41 Prévisions du trafic empruntant le tunnel

Comparaison des prévisions de trafic SETEC 1969 et de celles correspondant à l'hypothèse forte du rapport de 1966									
Unité pour les volumes : million de passagers ou de véhicules, million de tonnes pour les marchandises									
Catégorie de trafic	Catégorie de prévision	Années							
		1975		1985		1995		2005	
		Volume	Indice	Volume	Indice	Volume	Indice	Volume	Indice
1. Passagers ordinaires	SETEC, 1969	3,4	100	3,8	112	4,4	129	4,5	132
	Hypothèse forte, 1966	3,6	100	4,0	111	4,3	119	4,6	128
2. Véhicules accompagnés	SETEC, 1969	2,6	100	3,2	123	3,9	150	4,5	173
	Hypothèse forte, 1966	2,0	100	2,9	145	3,3	165	3,7	185
3. Marchandises	SETEC, 1969	4,7	100	8,4	179	13,5	287	18,6	396
	Hypothèse forte, 1966	4,5	100	7,7	171	11,4	253	15,1	336

Nos prévisions font apparaitre pour les passagers et les véhicules accompagnés un faible taux de croissance. Sur les 20 années suivant la date d'ouverture du tunnel le taux de croissance annuel moyen du trafic sera d'environ 1,3% pour les passagers ordinaires et de 2,0% pour les voitures accompagnées. Pour les marchandises au contraire, le taux moyen sera de 5,4% par an. Le trafic de marchandises croitra donc beaucoup plus rapidement que le trafic de passagers et de véhicules.

Si l'on compare les résultats de la présente étude à ceux de l'hypothèse forte du rapport de 1966, on constate que les perspectives de trafic de passagers ordinaires coïncident assez bien. Par contre, le rapport de 1966 avait sous-estimé le volume du trafic des véhicules accompagnés ainsi que l'évolution du trafic de marchandises.

Les résultats obtenus en 1966 dans "l'hypothèse faible" semblent par contre notablement insuffisants.

1.42 Prévisions de recette du tunnel

Comparaison des prévisions de recettes SETEC 1969 et de celles correspondant à l'hypothèse forte du rapport de 1966									
Unité : million de francs 1969									
Catégorie de recettes	Catégorie de prévision	Années							
		1975		1985		1995		2005	
		Montant	%	Montant	%	Montant	%	Montant	%
1. Passagers ordinaires	SETEC, 1969	84	16	113	15	131	13	136	11
	Hypothèse forte, 1966	100	22	111	17	120	15	129	13
2. Véhicules accompagnés	SETEC, 1969	271	52	385	50	469	46	545	44
	Hypothèse forte, 1966	220	49	306	47	356	44	392	41
3. Marchandises	SETEC, 1969	101	19	190	25	313	31	440	36
	Hypothèse forte, 1966	133	29	229	36	339	41	448	46
4. Recettes annexes	SETEC, 1969	68	13	83	10	100	10	113	9
	Hypothèse forte 1966	-	-	-	-	-	-	-	-
5. Recettes totales	SETEC, 1969	524	100	771	100	1 013	100	1 234	100
	Hypothèse forte 1966	453	100	646	100	815	100	969	100

- (i) Les recettes globales du tunnel devraient passer de 524 millions de francs en 1975 à 1.234 millions de francs en 2005, (ces estimations étant faites en francs 1969). Les recettes provenant du trafic de voitures accompagnées représenteront approximativement 50% des recettes totales, leur part ayant tendance à décroître dans le temps. La part des marchandises ne sera que de 19% lors de l'ouverture du tunnel et atteindra 36% en 2005. On notera également que les recettes annexes devraient représenter environ 10% du total des recettes.
- (ii) Les recettes globales prévues dans l'hypothèse forte du rapport de 1966 sont moins élevées que celles que nous avons obtenues. En 1975 elles sont inférieures de 13% à nos estimations et, en 2005, de 21%. En fait, cette sous-estimation globale n'affecte pas également les différentes catégories de recettes :
- Les recettes annexes n'avaient pas été prises en compte en 1966.
 - En ce qui concerne les véhicules accompagnés, la sous-estimation des recettes est de 19% en 1975 et de 28% en 2005. On doit l'attribuer aux écarts sur les estimations de trafics et aux différences concernant les péages proposés qui, à partir de 1985, seront plus élevés que ne l'avait prévu le rapport franco-britannique de 1966.
 - En ce qui concerne les marchandises, les recettes avaient été au contraire surestimées de 33% en 1966, leur niveau ayant été correctement prévu pour l'année 2005. L'écart constaté provient essentiellement du péage beaucoup trop élevé qui avait été proposé dans la précédente étude. Celle-ci n'avait pas tenu compte en effet des baisses des taux de fret dues à la mise en service des navires porte-containers.
- (iii) L'analyse détaillée des conditions de la concurrence nous a permis de conclure que les péages pourraient rester constants en valeur réelle (ou même croître légèrement dans certains cas), ce qui signifie qu'ils augmenteront en valeur nominale au même rythme que le coût de la vie. Les tarifs de transport par le tunnel ou les moyens concurrents évolueront par conséquent de façon assez semblable. La position concurrentielle du tunnel aura par contre tendance à s'améliorer considérablement avec le temps. En effet, dans le prix de revient total, la part des

salaires et des autres dépenses ayant un rythme de croissance élevé est beaucoup moins importante pour le tunnel que pour les moyens maritimes concurrents, les principales dépenses de la société d'exploitation du tunnel étant constituées par l'amortissement d'emprunts non indexés et par la rémunération du capital comme le montre le tableau ci-dessous :

Part respective des charges financières et des autres dépenses dans les prix de revient			
	Tunnel (dans l'hypothèse d'emprunts à 20 ans)		Car-ferry
	1977	1997	
Charges financières	86 %	59 %	24 %
Autres dépenses d'exploitation	14 %	41 %	76 %
Prix de revient total	100 %	100 %	100 %

1.5 Coût de construction et dépenses d'exploitation

Les coûts de construction et d'exploitation ont été actualisés à partir du rapport des Ingénieurs-Conseils de 1966 et en collaboration étroite avec les services de la SNCF pour tous les postes pour lesquels la technique ferroviaire était impliquée.

1.51 Coût financier du tunnel

Le coût financier du tunnel s'établit comme suit :

	Montant	%
1. Etudes et travaux antérieurs	36	1
2. Tunnel	2 609	63
3. Installations ferroviaires	204	5
4. Installations de sécurité	113	3
5. Installations terminales	836	20
6. Matériel roulant	171	4
7. Etudes et surveillance	156	4
TOTAL	4 125	100

Ce coût est exprimé en francs courants et tient compte d'intérêts intercalaires calculés au taux de 9%. Nous avons admis que la construction du tunnel serait exonérée de toute taxe et en particulier de la T.V.A. Dans ces conditions, le coût total de l'ouvrage, y compris les intérêts intercalaires portant sur la période séparant la date d'engagement des dépenses de l'ouverture du tunnel au début de 1977, sera en valeur nominale de 4.125 millions de francs.

1.52 Dépenses d'exploitation

L'estimation de chacun des postes est présentée de façon détaillée au chapitre 2 du présent volume. On trouvera dans le tableau ci-dessous le montant des diverses rubriques des frais d'exploitation et leur évolution temporelle.

Prévisions des dépenses d'exploitation conditions économiques de l'année considérée : valeur en MF				
	1977	1987	1997	2007
1. Personnel	9,400	18,350	34,800	60,000
2. Energie	12,500	17,400	21,500	25,500
3. Entretien	43,500	81,500	144,900	238,120
4. Fonctionnement	0,950	1,350	2,040	3,020
5. Assurances	0,920	1,350	2,040	3,020
6. Frais généraux (4 % de 1 à 5)	2,680	4,800	8,200	13,180
7. Siège de la société	1,970	3,140	5,160	8,108
8. Total	71,870	127,910	218,620	350,980

Les dépenses d'exploitation n'augmenteront que de 1% par an en valeur réelle au cours des 30 années qui suivront la mise en service du tunnel, c'est-à-dire à un rythme nettement inférieur à la croissance du trafic.

Les trois principaux postes de ces dépenses d'exploitation sont l'entretien, l'énergie et les frais de personnel qui représentent respectivement, en 1977, 60%, 17% et 13% du montant total.

1.6 Capacité du tunnel; saturation

La capacité du tunnel est limitée par l'intervalle de temps minimum devant séparer le passage de deux trains. Dans l'état actuel des techniques de signalisation et de freinage, cet intervalle est de 3 minutes pour les rames navettes circulant à 140 km/heure. On pourra donc faire transiter 20 trains par sens et par heure au moment des pointes de trafic à condition de n'admettre dans le tunnel, pendant ces périodes, que des trains circulant à la même vitesse, ce qui exclut les trains de marchandises. Ceci n'est nullement restrictif puisqu'il sera toujours possible de retarder de quelques heures le passage d'un train de marchandises sans que les avantages du tunnel sur les moyens maritimes concurrents en soient diminués.

Aux heures de pointe et dans les conditions indiquées précédemment le trafic maximum par sens devrait être de 3.630 U.V.P. (unité de voiture particulière). Compte tenu des estimations de trafic, il apparaît que le tunnel ne devrait pas être saturé pendant la durée envisagée de la "concession".

1.7 Bilan économique

1.71 La somme des bénéfices nets, calculés en monnaie constante, et actualisée aux trois taux de 8%, 10% et 12% est indiquée dans les tableaux ci-dessous :

Unité : million de francs 1969	
Taux d'actualisation	Bénéfice net actualisé en 1976
8 %	4 031
10 %	2 219
12 %	1 031

C'est dire que, même avec des taux relativement élevés, l'avantage retiré par la collectivité de la construction du tunnel est encore considérable.

14

Le taux de rentabilité de l'ouvrage, c'est-à-dire la valeur du taux d'actualisation pour laquelle le bénéfice net s'annule, est de 14,7%.

Rappelons que, compte tenu du caractère systématiquement prudent de nos estimations, le taux de rentabilité ne pourrait s'avérer inexact que par défaut.

1.72 En ce qui concerne plus particulièrement la France, le tunnel devrait apporter d'importants gains de devises pour les raisons suivantes :

- (i) la construction du tunnel sera financée en partie par des capitaux étrangers,
- (ii) dans les recettes du tunnel la part de devises revenant à la France sera supérieure à la rémunération des capitaux étrangers payée en francs,
- (iii) une part notable du trafic trans-Manche qui actuellement transite par les ports étrangers sera détournée vers la France
- (iv) le tunnel favorisera le séjour des touristes étrangers en France.

1.8 Bilan financier

1.81 *Il est envisagé de constituer deux sociétés distinctes :*

- (i) la Société de construction du tunnel, dont le capital sera essentiellement privé et qui pourra placer des emprunts auprès du public pour assurer le financement de l'ouvrage.
- (ii) la Société d'exploitation du tunnel, qui gèrera celui-ci quand il sera construit et qui versera à la Société de construction, sur les recettes provenant des péages, une redevance destinée à amortir les emprunts et le capital et à payer les intérêts.

1.82 Afin de s'assurer que les intérêts des deux sociétés sont convergents et de créer une motivation pour la Société de construction d'éviter d'éventuels dépassements du coût de construction du tunnel ou de possibles mal-façons de l'ouvrage, il a été prévu d'intéresser la Société de construction aux résultats de la Société d'exploitation. De façon plus précise il était

envisagé que la redevance soit obtenue en prélevant, dans certaines limites de variation des recettes, un pourcentage fixe x des recettes nettes de la Société d'exploitation. Ce pourcentage devait être calculé de façon à assurer au capital investi une rentabilité déterminée (par exemple 8,5% par an) sur l'ensemble de la période de "concession" dans l'hypothèse où le coût des travaux et les recettes du tunnel seraient conformes aux prévisions des études.

1.83 En fait il est apparu, en raison de la forte croissance des recettes nominales dans le temps, qu'il était difficile de maintenir constant le pourcentage du prélèvement x. Ceci conduisait en effet à ne servir au capital qu'une rémunération très faible dans les premières années suivant la mise en service du tunnel. La formule d'intéressement devant être revue nous avons étudié, pour des emprunts à 20 ans d'une part et à 30 ans d'autre part:

- (i) quelle serait, année par année, la situation financière de la Société d'exploitation.
- (ii) quelle serait, année par année, en abandonnant provisoirement la distinction entre Société d'exploitation et Société de construction, les résultats d'exploitation de la société unique (bénéfices, somme totale disponible pour la rémunération du capital, cash-flow,...)

1.84 Les résultats obtenus dans des conditions financières pourtant sévères (taux d'intérêt des emprunts de 9%) sont très favorables; ainsi, même dans l'hypothèse d'emprunts à 20 ans :

- (i) le cash-flow est positif dès la première année
- (ii) sur les cinq premières années suivant la mise en service de l'ouvrage :
 - le coût du tunnel ayant été correctement évalué, il faudrait que les recettes aient été surestimées de près de 100% pour que le plan de financement de l'ouvrage soit mis en danger.
 - les recettes ayant été correctement évaluées, il faudrait que le coût de construction de l'ouvrage soit multiplié par plus de 2 pour que le plan de financement de l'ouvrage soit compromis.
- (iii) sur l'ensemble de la période d'amortissement des emprunts il faudrait que les recettes aient été surestimées de 200% (à coût constant) ou

16

que le coût du tunnel soit multiplié par 2,8 (à recettes conformes aux prévisions) pour que le plan de financement s'avère irréalisable.

1.9 La majeure partie de cette étude ayant été réalisée au cours du premier semestre 1969, les valeurs des divers coûts intervenant dans les calculs et celles relatives aux recettes du tunnel se réfèrent aux conditions économiques ayant précédé la dévaluation du 8 août 1969. En particulier, lorsque nous avons exprimé certains résultats en francs 1969, il faut considérer que la parité du franc par rapport aux monnaies étrangères est celle qui avait cours avant la dévaluation.

1.10 Nous voudrions enfin exprimer nos remerciements aux administrations et aux sociétés qui nous ont apporté leur concours dans la réalisation de cette étude :

en France,

- notre client, le Groupement Interministériel pour l'Etude et la Réalisation du Tunnel sous la Manche
- la Société Nationale des Chemins de Fer Français
- la Compagnie Nouvelle de Cadres
- le Groupe d'Etudes Prospectives sur les Echanges Internationaux
- l'Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques
- la Société Air-France
- les différentes Autorités portuaires.

en Grande-Bretagne,

- la Channel Tunnel Division
- la Statistic Division du Ministère des Transports
- les British Railways
- plusieurs compagnies aériennes britanniques : B.E.A., British Air-ferries, Skyways Coach Air Ltd
- le National Port Council
- le Board of Trade et le Department of Economic Affairs
- l'Ambassade de France à Londres.

Enfin toutes les firmes qui, tant en Angleterre qu'en France et dans les divers pays européens que nous avons visités, ont bien voulu répondre à nos enquêtes.

CHAPITRE 2

DONNEES GENERALES SUR LES OUVRAGES A CONSTRUIRE

2.1 DESCRIPTION DES INFRASTRUCTURES

2.11 Renseignements généraux sur l'ouvrage

Le tunnel sous la Manche est un tunnel ferroviaire comportant deux galeries parallèles ayant chacune une voie de circulation qui permettra le franchissement de la Manche aux trains de voyageurs et de marchandises. Le tunnel sera raccordé aux réseaux ferroviaires de la SNCF et des British-Railways. Le transport des véhicules routiers (voitures de tourisme, autocars, camions, etc...) sera effectué entre les deux zones terminales situées à proximité des têtes du tunnel par des trains navettes équipés de wagons spéciaux permettant le transport des véhicules d'un gabarit inférieur à 4,10 m. Le tunnel sera donc complété aux deux extrémités par des installations terminales de surface permettant les opérations de chargement et de déchargement des véhicules routiers, les opérations de contrôle de Douane et de Police, la perception des péages, etc... Ces installations terminales seraient situées à Cheriton pour le côté Angleterre, entre Frethun et Coquelles pour le côté France.

Bien que le gabarit ferroviaire soit différent en Grande-Bretagne et sur le Continent, l'écartement des voies étant identique, les trains constitués avec du matériel spécial pourront circuler entre Londres et les réseaux Européens sans rupture de charge.

2.12 Caractéristiques du tunnel sous la Manche

2.121 *Tracé en plan et profil en long*

Le Tunnel sous la Manche est un tunnel foré situé pour la totalité de sa partie maritime dans la craie cinomanienne.

La tête côté Angleterre est située au nord de Folkestone, côté France la tête de la galerie sud et la tête de la galerie nord sont situées au sud de Coquelles. La longueur totale du tunnel entre les deux têtes est de 53,34 km pour la galerie nord, 52,49 km pour la galerie sud, dont 36,40 km pour la partie sous-marine. Les caractéristiques techniques du tracé permettront des vitesses de pointe de 200 km/h. La pente du tunnel dans les parties sous-terrestres est de 10/1000 à l'exception du tunnel sud de la partie sous-terrestre française normalement utilisé dans le sens de la descente pour lequel cette pente a été portée à 12/1000. La pente du tunnel dans la partie sous-marine est de 1/1000.

2.122 Coupe en travers - Gabarit (cf. planche)

(i) Coupe en travers

En section courante, le tunnel comportera : 2 galeries principales d'un diamètre intérieur de 6,58 m dont la distance horizontale entre axe sera de 30 m et une galerie de service d'un diamètre intérieur de 4,50 m située entre les deux galeries principales. Cette galerie assurera notamment l'évacuation des eaux des galeries principales, la ventilation, l'accès aux galeries principales pour l'entretien et l'évacuation en cas d'incident.

(ii) Gabarit

Les dispositions techniques prévues par les Chemins de Fer conduisent aux discussions suivantes :

- (i) Voie : plan de roulement à 0,70 m au-dessus de la génératrice inférieure.
- (ii) Caténaire : 0,61 m au-dessous de la génératrice supérieure.
- (iii) Garde de Sécurité entre le caténaire et le plan horizontal supérieur des véhicules : 0,29 m
- (iv) Côté des planches des wagons plat porte camion au-dessus du niveau des rails : 0,88 m.

Ces discussions permettent donc le transport de camion d'un gabarit inférieur ou égal à 4,10 m. Ce gabarit doit permettre le passage de la quasi totalité des camions. En effet, des mesures effectuées dans le tunnel sous le Mont-Blanc en Mars 1967 ont montré que 0,9 % des véhicules lourds dépassent 4,09 mètres

de gabarit en hauteur, en excluant les camions transportant du bois et les camions transportant les engins de travaux publics; ces catégories de transport spéciales peuvent s'adapter au gabarit effectivement disponible. Par ailleurs, d'après la législation existante en matière de gabarit, 6 pays Européens ont retenu une hauteur maximum pour les véhicules routiers de 3,80 m, 14 pays Européens une hauteur maximum de 4,00 m, 45 états des Etats-Unis une hauteur maximum inférieure ou égale à 4,11 m. Le Parlement Européen a retenu 4 m dans son avis en 1964. Enfin, les transporteurs internationaux interviewés lors de l'établissement du projet du tunnel routier de Fréjus ont estimé à l'unanimité que le gabarit maximum de leurs camions se stabilisera à 4 mètres. Le choix du gabarit des camions à travers le tunnel sous la Manche de 4,10 m paraît donc bien adapté.

2.123 Equipements annexes

(i) Galeries de drainage et puits

L'évacuation des eaux recueillies par la galerie de service sera assurée par deux galeries de drainage qui ramèneront ces eaux aux pieds des deux puits de drainage situés à Douvres et à Cran. Les caractéristiques des deux galeries sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Ouvrage	Longueur en km	Diamètre en m	Pente en %
Galerie de drainage française	7,80	3,30	1,5
Galerie de drainage anglaise	5,15	2,75	0,8

Deux stations de groupage assureront en permanence le relevage des eaux des pieds des puits vers la surface.

(ii) Puits d'accès

L'accès aux tunnels principaux et à la galerie de service, pendant la construction et l'exploitation se fera aux extrémités de la partie sous-marine du tracé par deux puits situés respectivement à Douvres et à Sangatte.

(iii) Galeries de liaison

Les deux galeries principales communiqueront avec la galerie de service tous les 250 m par des galeries de liaison de même section que la galerie de service.

(iv) Bretelles de jonction

Il est prévu que les galeries principales seront reliées entre elles, en quatre points. La jonction se fera en chacun des points par deux fonctions simples successives permettant le passage des trains en déviation à 60 km/h. Ces dispositions permettront l'exploitation du tunnel en voie unique pendant l'entretien des voies et des équipements.

(v) Ventilation

Le tunnel sera ventilé par aspiration de l'air vicié tout le long du tunnel et évacuation par un conduit situé en plafond de la galerie de service.

2.13 Installations terminales

2.131 Installations terminales françaises

Gare terminale - La gare terminale proprement dite comprendra :

- (i) des aires de stationnement pour les véhicules routiers à l'arrivée ou au départ.
- (ii) les divers bâtiments d'exploitation, de douane, police, perception des péages, les stations services, les transitaires, les magasins, restaurants, bars, motels, etc..
- (iii) les voies et passerelles d'accès aux quais d'embarquement.
- (iv) les quais d'embarquement.
- (v) les voies ferrées.

En phase finale, il est prévu que la gare terminale française pourra comporter 14 quais de chargement et de déchargement. Cependant, à l'ouverture du tunnel les installations ne comporteront que 7 quais.

L'échelonnement prévu pour la mise en service des quais supplémentaires est le suivant :

1987	:	10 quais
1997	:	14 quais

2.132 Raccordements ferroviaires

Ils comprennent les raccordements suivants :

- Paris-Londres
- Londres-Paris
- Calais-Londres
- Londres-Calais

2.133 Raccordements routiers

Le projet actuel prévoit notamment le raccordement par deux chaussées unidirectionnelles à 2 voies des installations terminales :

- (i) à l'autoroute vers Lille
- (ii) à Calais
- (iii) à l'autoroute vers Dunkerque

2.134 Gare camion

Lorsque le trafic routier marchandise le nécessitera, une gare spéciale pour le chargement et le déchargement des camions routiers pourra être construite.

2.135 Faisceau et atelier d'entretien

Le matériel ferroviaire des rames navettes pour le transport des véhicules routiers ayant un gabarit supérieur au gabarit des Chemins de Fer, il est nécessaire d'inclure dans les installations terminales, les voies de garage et d'entretien ainsi que les ateliers d'entretien nécessaires au dit matériel.

2.136 Installations terminales britanniques

Le choix du site des installations terminales a été effectué beaucoup plus tardivement que pour le côté France et les études préliminaires sont moins avancées. Cependant les fonctions des installations terminales aux deux têtes étant symétriques, les installations terminales anglaises seront semblables aux installations terminales françaises. Il convient toutefois de préciser que la faisceau et atelier d'entretien est unique pour le tunnel et que dans l'état actuel du projet, il est prévu côté France.

2.2 COUT DE CONSTRUCTION DES OUVRAGES

2.21 Cadre de l'estimation

2.211 L'estimation qu'on trouvera ci-dessous est une estimation préliminaire d'une précision suffisante pour permettre d'examiner les possibilités de financement des ouvrages.

L'estimation comprend :

- (i) le tunnel proprement dit y compris les galeries de service, de drainage, de communication, puits, etc...
- (ii) les équipements fixes du tunnel :
 - installations ferroviaires fixes,
 - installation de sécurité
 - installation de pompage, ventilation, etc..
- (iii) les installations terminales
- (iv) les raccordements ferroviaires et routiers
- (v) le matériel roulant spécialisé pour le transport des véhicules routiers

2.212 Les estimations de base sont données aux conditions économiques 1966. Les prix donnés sont des prix hors-taxe lorsque les prix d'origine sont en Livres Sterling; le taux de change a été pris égal à 13,70 F pour 1 Livre ; ceci ne peut conduire qu'à des estimations pessimistes puisque les estimations ont été effectuées avant la dévaluation de la Livre et que pour tous les matériels et prestations d'origine britannique, il y aurait lieu de prendre un taux de change moins élevé.

2.22 Estimation des ouvrages

2.221 Etudes et travaux antérieurs

Le coût des études et travaux antérieurs qui seront à la charge de la Société de Construction a été pris égal à 30 MF valeur fin 1971 ; selon les directives du client, le paiement de cette somme étant échelonné sur toute la durée des travaux à partir du début 1972. Compte tenu des intérêts intercalaires pris au taux de 9 %, le coût financier des études et travaux antérieurs à prendre en compte est de 36 MF.

2.222 Tunnel et ouvrages annexes

2.2221 Rappelons qu'en ce qui concerne le tunnel et ouvrages annexes proprement dit, l'estimation générale effectuée par les ingénieurs conseils en 1959 a été révisée par ceux-ci en 1966 (cf. rapport du 30-6-1966). Cette révision a tenu compte notamment :

- (i) des modifications des caractéristiques du tunnel (tracé, diamètre des galeries, extension de la galerie de service aux parties sous-terrestres.
- (ii) des nouvelles hypothèses concernant la qualité des terrains résultant de la campagne de reconnaissance géologique de 1964-1965-1966.
- (iii) des variations des conditions économiques.

2.2222 Le montant révisé le 30 juin 1966 était de 1650 MF dont 55 MF pour les études et la surveillance des travaux, soit 1595 MF pour les seuls travaux y compris la somme à valoir et TVA au taux de 13 % sur les prix T.T.C.

Une nouvelle révision effectuée pour tenir compte d'une part de l'augmentation du diamètre de la galerie de service qui passe de 3,84 m à 4,50 m, d'autre part d'aménagements non prévus au projet initial (massif de béton pour pose des voies ferrées, trottoirs, conduits de ventilation) conduit au chiffre de :

1.599,6 MF hors taxe valeur 1966 non compris études et surveillance.

2.223 Equipements ferroviaires fixes du tunnel

Le montant indiqué par la SNCF, y compris études et surveillance, est de 140 MF, hors taxe, valeur 1966. Il ne concerne que les installations fixes

(voie, caténaire, signalisation, transmission, alimentation électrique) du seul tunnel.

2.224 *Installations de sécurité*

Le montant prévu par les ingénieurs conseils est de 75 MF (hors taxe valeur 1966) non compris études et surveillance .

Ce montant comprend notamment les installations de pompage, la ventilation, la protection contre l'incendie.

2.225 *Installations terminales*

2.2251 Installations terminales côté France

L'estimation a été faite à partir des indications données par la SNCF. Il convient de bien préciser qu'il s'agit d'une estimation tout à fait préliminaire et qui devra être reprise lors de l'établissement définitif du projet.

L'estimation comprend :

- les raccordements ferroviaires
- la gare terminale (génie civil et installation ferroviaire)
- les bâtiments
- les raccordements routiers
- le faisceau et l'atelier d'entretien du matériel ferroviaire

Elle a été limitée aux investissements nécessaires pour le trafic prévisible de la période 1977-1987 c'est à dire qu'on s'est limité à 7 voies et quais pour la gare terminale et que la gare camion a été supprimée.

L'estimation est de 272,7 MF (valeur 1966 hors taxes) non compris études et surveillance.

2.2252 Installations terminales côté Angleterre

En l'absence d'une étude préliminaire et d'une estimation, on retiendra pour le coût des installations côté Angleterre le chiffre de 267,8.

2.226 *Matériel roulant spécialisé*

L'estimation faite par la SNCF couvre l'acquisition du matériel roulant des rames navettes pour le transport des véhicules routiers (wagons chargeurs, wagons à un et deux étages, wagons plats pour camion). Elle correspond au matériel nécessaire pour assurer le trafic de la période 1977-1987 et ne

comprend pas le matériel de traction qui sera prélevé sur le parc SNCF moyennant redevance (cf. coût d'exploitation).

Le montant estimé est de 114 MF (hors taxes, valeur 1966).

2.227 Etudes et surveillance

Le montant de 55.000 F indiqué dans l'estimation révisée des ingénieurs conseils du 30-6-1966 ne concernait que la partie construction du tunnel proprement dite. Pour les installations terminales et pour les installations de sécurité, le coût des études et de la surveillance a été estimé en accord avec la SNCF.

Tunnel	63,95 MF
Installations terminales	27,30 MF
Installations de sécurité	3,75 MF
Total	95,00 MF

2.228 Récapitulation

En valeur 1966, hors taxe, l'estimation du coût des ouvrages et matériels est le suivant :

Etudes et travaux antérieurs	30 MF
Tunnel	1599 MF
Equipements ferroviaires du tunnel	140 MF
Installations de Sécurité	75 MF
Installations terminales	546 MF
Matériel roulant spécialisé	114 MF
Etudes et surveillance	95 MF
Total	2599 MF

2.23 Programme des travaux

La durée totale des études et travaux a été prise égale à 7 ans, dont 2 ans pour les études et travaux préparatoires et 5 ans pour les travaux principaux. Le programme détaillé des travaux est le programme annexe au rapport du 30-6-1966.

2.24 Echancier des dépenses

Compte tenu du programme prévisibles des travaux l'échelonnement des dépenses en valeur 1966 hors taxe est donné dans le tableau ci-dessous :

Ecnelonnement des dépenses d'investissement en MF (valeur 1966, hors taxes)								
	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	Total
1. Etudes et travaux			7,2	7,2	7,2	7,2	7,2	36,0
2. Tunnel		83,5	97,0	208,0	513,9	506,1	191,1	1599,6
3. Installations ferroviaires							140,0	140,0
4. Installations de sécurité						37,0	38,0	75,0
5. Installations terminales					108,1	216,2	216,2	540,5
6. Matériel roulant						57,0	57,0	114,0
7. Etudes et surveillance	9,0	13,5	13,5	13,5	14,5	15,5	15,55	95,0
8. TOTAL GENERAL	9,0	97,0	117,7	228,7	643,7	839,0	665,0	2600,1

2.25 Investissement des phases ultérieures

2.251 Ces investissements initiaux ayant été limités aux besoins du trafic de la période initiale 1977-1987 ; il conviendra ultérieurement d'engager les dépenses suivantes :

- (i) en 1987 : - mise en service de 3 quais supplémentaires à chaque gare terminale,
- augmentation du matériel roulant de 40 % du matériel 1977
- (ii) en 1997 : - mise en service de 4 quais supplémentaires à chaque gare terminale,
- augmentation du matériel roulant de 25 % du matériel 1977
- (iii) en 2007 : - mise en service de la gare camion à chaque gare terminale

2.252

Résumé des investissements complémentaires à effectuer				
Echéance		1987	1997	2007
1. Matériel roulant	MF	49,0	30,0	-
2. Voies et quais	MF	15,8	22,0	-
3. Gares camion	MF	-	-	49,0
Total en MF 1966		64,8	52,0	49,0
Total en MF conditions économiques réelles		121,0	130,0	165,0

2.3 MODALITES D'EXPLOITATION

2.31 Principes généraux de l'exploitation

2.311 Remarque préalable sur les hypothèses de trafic

(i) Compte tenu du court délai imposé pour l'étude, nous avons dû conduire simultanément l'estimation des prévisions de trafic et l'estimation des dépenses d'investissement et d'exploitation du tunnel.

(ii) Pour être conduite dans les délais, l'estimation des dépenses d'investissement et d'exploitation des navettes pour véhicules routiers a été basée sur les prévisions du rapport 1966 à savoir :

Nombre de véhicules prévus pour 1977	:	2 000 000
		pour 1987 : 2 800 000
		pour 1997 : 3 300 000

(iii) Or, les résultats auxquels a finalement abouti l'étude de prévisions de trafic, sont les suivants :

	pour 1977	:	2 457 000
	pour 1987	:	3 240 000
	pour 1997	:	3 905 000

(iv) Nous avons donc dû vérifier que l'incidence sur les bilans des hypothèses faites était négligeable. D'une part, l'estimation des dépenses d'investissement s'avérait correcte car nous basons notre estimation définitive sur la 30ème heure de pointe (alors que l'estimation faite sur la base du rapport de 1966 était basée sur l'heure de pointe maximum qui est du même ordre que la 30ème heure de pointe de nos prévisions). Quant à la variation des dépenses d'exploitation, elle est négligeable. En effet, elle ne représente, exprimée en pourcentage des charges annuelles totales, que :

	0,43 % en 1977
	0,38 % en 1987
	0,48 % en 1997

La validité des calculs n'est donc pas mise en cause par l'approximation dans les hypothèses de trafic que nous avons dû faire et sur laquelle sont basés les résultats qui suivent.

2.312 *Les différentes catégories de trafic empruntant le tunnel*

Le trafic empruntant le tunnel comprendra :

- (i) les trains de voyageurs,
- (ii) les trains de marchandises,
- (iii) les rames navettes assurant le transport des véhicules accompagnés et des camions.

2.313 *Exploitation technique du tunnel*

2.3131 Le trafic des trains de voyageurs et de marchandises

Le trafic sera assuré par les Chemins de Fer qui paieront un péage pour le franchissement du tunnel.

2.3132 Trafic des rames navettes

L'exploitation technique des navettes sera assurée par les Chemins de Fer qui assureront notamment :

- (i) le chargement et le déchargement des véhicules,
- (ii) la conduite et l'accompagnement des rames navettes,
- (iii) l'entretien du matériel roulant,
- (iv) la fourniture et l'entretien du matériel de traction.

2.3133 Exploitation et entretien des installations ferroviaires

L'exploitation et l'entretien des installations ferroviaires fixes :

- (i) signalisation
- (ii) alimentation électrique et caténaires
- (iii) appareils de sécurité
- (iv) voies ferrées

seront assurés par les Chemins de Fer moyennant redevance de la société d'exploitation du tunnel.

2.3134 Exploitation et entretien des installations de sécurité et des installations terminales autres que les installations ferroviaires

L'exploitation et l'entretien des installations suivantes :

- (i) raccordements routiers,
- (ii) parking,
- (iii) bâtiments divers,
- (iv) installations de sécurité du tunnel (pompage, ventilation, etc...)

sera assurée par la société d'exploitation.

2.32 Transport des véhicules routiers

2.321 Dispositions générales

Comme il a été dit plus haut, le transport des véhicules routiers entre les deux gares terminales sera effectué par des rames spéciales appelées rames navettes. Le chargement et le déchargement des véhicules routiers s'effectueront dans les gares terminales sur les rames navettes. Les gares terminales seront situées en France à Frethun et en Grande-Bretagne à Cheriton sur deux boucles spécialisées se raccordant aux voies principales de sorte que la circulation des rames navettes se fasse à sens unique, les locomotives restant en tête de leur train.

2.322 Rames navettes

2.3221 Matériel des rames navettes.

Les rames navettes seront constituées avec le matériel suivant :

- (i) wagons porteurs à doubles planches (pour le transport des véhicules de touristes),
- (ii) wagons porteurs à simples planches (pour le transport de tous les véhicules de tourisme, y compris cars et caravanes),
- (iii) wagons plats découverts (pour le transport des camions),
- (iv) wagons chargeurs et déchargeurs à doubles planches, à simples planches et pour les camions.

2.3222 Constitution des rames navettes

Il y aura les trois catégories de rames navettes suivantes :

2.3223 Rames navettes à doubles planches

Ces rames seront utilisées aux périodes de pointe pour le transport des voitures de transit, il est prévu des rames longues d'une capacité de 270 UVP (27 wagons porteurs) et des rames courtes d'une capacité de 140 UVP (14 wagons porteurs).

2.3224 Rames navettes mixtes

Ces rames seront utilisées pour assurer le trafic des véhicules voyageurs et des camions, elles comprendront notamment 20 wagons à simples planches d'une capacité de 100 UVP et 7 wagons plats pour camions.

2.323 Horaire des navettes

2.3231 Période de faible trafic

Pendant la période d'octobre à mai, mis à part bien entendu les périodes de fêtes (Noël, Mardi-Gras, Pâques, etc..), le service sera assuré par des rames mixtes dont la fréquence sera la suivante :

de 20 h à 07 h	1 rame par heure et par sens
de 7 h à 20 h	2 rames par heure et par sens

Si nécessaire, le service sera renforcé par la mise en service de rames à deux étages.

2.3232 Période de fort trafic

Pendant la période de juin à septembre et les périodes de fêtes, en plus du service normal assuré par des rames mixtes, le supplément de trafic sera assuré par des rames à doubles étages.

2.3233 Besoin en matériel

En partant des prévisions de trafic indiquées au paragraphe 2.311.

	1977	1987	1997
Rames mixtes	7	10	12
Rames longues à doubles planches	10	14	16

2.33 Quais de chargement et de déchargement

2.331 Nature des quais et voies

Les voies spécialisées au chargement et au déchargement des rames à doubles planches seront encadrées de quais alternativement haut et bas. Les voies spécialisées au chargement et au déchargement des rames mixtes seront encadrées de quais bas

2.332 Echelonnement des installations

On estime que pour satisfaire le service dans de bonnes conditions aux heures de pointe, il est nécessaire de disposer des infrastructures suivantes :

	1977	1987	1997
Voie pour rames à double plancher	4	5	6
Voie pour rames mixtes	3	4	4
Total	7	9	10

Il a été prévu de réaliser en première phase 7 voies; puis deux phases ultérieures porteront la capacité des infrastructures à 10 voies et à 14 voies.

2.4 COUTS D'EXPLOITATION

2.41 Cadre de l'estimation

2.411 L'estimation des dépenses d'exploitation porte sur les dépenses de personnel, matériel et énergie pour l'exploitation, l'entretien et éventuellement le renouvellement des installations suivantes :

- (i) tunnel proprement dit y compris installations ferroviaires fixes et de sécurité,
- (ii) installations terminales y compris raccordements routiers et ferroviaires,
- (iii) matériel nécessaire pour le transport des véhicules routiers (rames navettes).

Il est bien spécifié que ne sont pas pris en compte dans cette estimation les frais d'exploitation relatifs aux trains de voyageurs et de marchandises, notamment :

- (i) l'énergie de traction,
- (ii) les frais de conduite et d'accompagnement,
- (iii) les frais d'entretien du matériel roulant.

Les dépenses d'exploitation ont été estimées en valeur nominale pour chaque horizon considéré : 1977 - 1987 - 1997 - 2007 en tenant compte d'une part des prévisions de trafic, d'autre part de l'augmentation du coût de la vie.

2.42 Hypothèses sur la variation des paramètres économiques fondamentaux :

- (i) taux de croissance des salaires en valeur nominale 6 % par an (ce taux tient compte du fait que les salaires du personnel de la SNCF croissent à un taux moins élevé que la moyenne des salaires du secteur privé),

- (ii) taux de croissance du coût de l'énergie en valeur nominale 1 % par an
- (iii) taux de croissance des dépenses de matériel et matière 3 % par an.

2.43 Hypothèses de trafic

On se reportera au paragraphe 2.311.

2.44 Dépenses de personnel

2.441 Coût moyen annuel d'une personne, y compris charges sociales :
22 000 F par an (valeur 1966).

2.442 Personnel nécessaire pour l'exploitation et l'entretien du tunnel

Le tableau ci-dessous donne le nombre des personnes permanentes qui ont été prises en compte pour l'estimation des dépenses.

Personnel permanent nécessaire pour assurer l'exploitation et l'entretien du tunnel à l'exclusion du personnel d'appoint pendant les périodes de pointe				
	1977	1987	1997	2007
1. Personnel technique et administratif des Chemins de Fer	130	130	130	130
2. Personnel de la société du tunnel exploitation et entretien	40	40	40	40
3. Péagers	10	14	16	18
4. Conduite et accompagnement des navettes	24	34	40	44
5. Total	204	218	226	232

Compte tenu du personnel d'appoint nécessaire pendant la période de pointe (4 mois par an, juin à septembre), le nombre de personnes moyen par an est de :

- 1977 : 225
- 1987 : 245
- 1997 : 260
- 2007 : 270

2.45 Dépenses d'énergie

2.451 Energie de traction

Seule a été prise en compte l'énergie de traction des rames navettes à l'exclusion des trains de voyageurs et de marchandises.

On a admis que chaque trajet de rame navette nécessiterait une énergie de 2 200 Kwh.

L'estimation du nombre de navettes a été effectuée, d'une part à partir du nombre de navettes régulières, et d'autre part, des navettes supplémentaires nécessaires pour écouler ce trafic pendant la période de pointe.

Ces estimations ont conduit à retenir provisoirement les chiffres suivants :

	1977	1987	1997	2007
Nombre de navettes par an	31 600	44 500	52 100	56 800

2.452 Energie des installations de sécurité

La puissance requise est de 1 000 Kw qui fonctionneront sans interruption.

2.453 Eclairage

- (i) Eclairage des installations terminales : accès, parking, quai d'embarquement : 3 500 Kw fonctionnant 4 000 h par an (éclairage public).
- (ii) Eclairage des bureaux, postes de contrôle, galerie marchande, etc : 3 200 Kw fonctionnant 5 000 h par an.
- (iii) Tunnel : 200 Kw fonctionnant en permanence.

2.454 Chauffage

Le coût de l'énergie de chauffage des bâtiments des installations terminales

a été pris égal à 4 F par m2 et par an, soit pour 80 000 m2 : 320 000 F

2.46 Dépenses d'entretien et de renouvellement

2.461 Tunnel : Génie civil des installations de sécurité

20 000 F/an par Km pour l'ensemble des trois galeries, soit 1,20 MF dont 50 % main-d'oeuvre et 50 % matière.

2.462 Installations ferroviaires fixes

(i) dépenses d'entretien : 5 MF par an dont 80 % main d'oeuvre et 20 % matière.

(ii) dépenses de renouvellement : 7 MF par an dont 50 % main d'oeuvre et 50 % matière.

2.463 Matériel roulant : wagons et locomotives

2.4631 Wagons

(i) wagon chargeur à 1 et 2 planches pour voitures et autocars :
19 000 F/an + 9,6 F/trajet.

(ii) wagon couvert pour voiture et autocar à 1 et 2 planches :
5.200 F/an + 6,0 F/trajet.

(iii) wagon plat et wagon chargeur pour camion :
1 400 F/an + 2,1 F/trajet.

Nous avons considéré que la part de main d'oeuvre représentait 50 %, la part matière 50 % et que le matériel aurait la durée de vie du tunnel.

2.4632 Locomotives

(i) entretien : 48 F/trajet

(ii) amortissement : 24 F/trajet

(iii) total : 72 F/trajet

Part salaire 50 % et part matière : 50 %

2.4633 Rame navette

Compte tenu de leurs compositions respectives, on peut estimer que dépenses

d'entretien des rames navettes seront les suivantes :

	Charge annuelle fixe en F	Charge par trajet en F
Rame mixte	155 000	160
Rame longue double planche	180 000	175

2.4634 Hypothèses sur la composition du parc et sur le trafic

Année	Composition du parc		Nombre de trajets par an		
	Rame mixte	Rame double plancher	Rame mixte	Rame double plancher	Total
1977	7	10	27 000	4 600	31 600
1987	10	14	38 000	6 500	44 500
1997	12	16	44 500	7 600	52 100
2007	13	18	48 500	8 300	56 800

2.4635 Coût d'entretien des rames navettes

Année	1977	1987	1997	2007
Coût en MF	10,30	14,50	17,00	18,60

2.464 Installations terminales

2.4641 Accès, parking, passerelles, quais

- (i) superficie : 700 000 m²
- (ii) coût d'entretien 1 F/m²/an, soit 700 000 F/an dont 50 % main d'oeuvre et 50 % matière.

2.4642 Eclairages extérieurs

175 F/Kw/an, soit 600.000 F dont 100 % matière (les dépenses de personnel étant incluses dans les dépenses du personnel d'entretien de la société du tunnel).

2.4643 Eclairage des bâtiments

210 F/Kw/an, soit 675 000 F dont 100 % matière (personnel; mêmes remarques que ci-dessus).

2.4644 Bâtiment et divers

10 F/m2/an, dont 50 % main d'oeuvre et 50 % matière, soit pour 80 000 m2 : 800 000 F.

2.47 Dépenses diverses et frais généraux

2.471 Véhicules de service

5 000 F/an, soit pour 20 voitures : 100 000 F. On a admis que ces dépenses croissaient à 3 % par an.

2.472 Frais de fonctionnement des bureaux

Ces dépenses couvrent les dépenses diverses telles que machines à écrire, machines comptables, téléphone, etc...

On a admis un chiffre de 500 000 F/an, dont 30 % salaire et 70 % matériel.

2.473 Assurances

(i) Nous avons admis que ces dépenses augmenteraient de 4 % par an toutes choses égales par ailleurs.

(ii) Montant des primes :

- voiture : 2 000 F/véhicule ;
- responsabilité civile tunnel : 450 000 F ;
- bâtiments : 100 000 F.

2.474 Frais généraux d'exploitation

On a admis que ces dépenses représentaient 4 % des frais d'exploitation.

2.475 Dépenses du siège de la société d'exploitation

1.200 000 F/an, dont 50 % salaires et 50 % matériel.

2.48 Résumé des dépenses d'exploitation

On trouvera dans les tableaux ci-après les prévisions des dépenses d'exploitation du tunnel sous la Manche :

(i) tableau n° 1 : dépenses d'exploitation en valeur 1966 pour les années 1977-1987-1997-2007.

(ii) tableau n° 2 : dépenses d'exploitation en valeur nominale pour les années 1977-1987-1997-2007.

Estimation des dépenses d'exploitation en MF en valeur nominale
aux conditions économiques 1966

Tableau n° 1

	1977			1987			1997			2007		
	Total	Salaire	Matière	Total	Salaire	Matière	Total	Salaire	Matière	Total	Salaire	Matière
1. Personnel	4,950	4,950		5,390	5,390		5,720	5,720		5,940	5,940	
2. Energie												
2.1 Traction	6,950			9,790			11,450			12,480		
2.2 Ventilation et pompage	0,876			0,876			0,876			0,876		
2.3 Eclairage	3,160			3,160			3,160			3,160		
2.4 Chauffage	0,320			0,320			0,320			0,320		
Total 2	11,306			14,140			15,806			16,836		
3. Entretien												
3.1 Tunnel	1,200	0,600	0,600	1,200	0,600	0,600	1,200	0,600	0,600	1,200	0,600	0,600
3.2 Installations ferroviaires	12,000	7,500	4,500	12,500	7,500	4,500	12,000	7,500	4,500	12,000	7,500	4,500
3.3 Matériel roulant	10,300	5,150	5,150	14,500	7,250	7,250	17,000	8,500	8,500	18,600	9,300	9,300
3.4 Installations terminales	2,775	0,750	2,025	2,775	0,750	2,025	2,775	0,750	2,025	2,775	0,750	2,025
Total 3	26,275	14,000	12,275	30,475	16,100	14,375	32,975	17,350	15,625	34,575	18,150	16,425
4. Fonctionnement												
4.1 Véhicules de service	0,100		0,100	0,100		0,100	0,100		0,100	0,100		0,100
4.2 Bureaux	0,500	0,150	0,350	0,500	0,150	0,350	0,500	0,150	0,350	0,500	0,150	0,350
Total 4	0,600	0,150	0,450	0,600	0,150	0,450	0,600	0,150	0,450	0,600	0,150	0,450
5. Assurances												
5.1 Véhicules	0,050			0,050			0,050			0,050		
5.2 Responsabilité civile	0,450			0,450			0,450			0,450		
5.3 Bâtiment	0,100			0,100			0,100			0,100		
Total 5	0,600			0,600			0,600			0,600		
6. Frais généraux 4 % (1 à 5)	1,750			2,045			2,220			2,340		
7. Dépenses des sièges des sociétés	1,200	0,600	0,600	1,200	0,600	0,600	1,200	0,600	0,600	1,200	0,600	0,600
8. Total	46,681			54,450			59,121			62,091		

Estimation des dépenses d'exploitation en valeur nominale
aux conditions économiques de l'année considérée

Tableau n° 2

	1977			1987			1997			2007		
	Total	Salaire	Matériel	Total	Salaire	Matériel	Total	Salaire	Matériel	Total	Salaire	Matériel
1. Personnel	9,40			18,35			34,80			60,60		
2. Energie												
2.1 Traction												
2.2 Ventilation et pompage												
2.3 Eclairage												
2.4 Chauffage												
Total 2	12,50			17,40			21,50			25,50		
3. Entretien												
3.1 Tunnel												
3.2 Installations ferroviaires												
3.3 Matériel roulant												
3.4 Installations terminales												
Total 3	43,50	26,60	16,90	81,50	54,70	26,80	144,90	105,80	39,10	238,20	183,00	55,20
4. Fonctionnement												
4.1 Véhicules												
4.2 Bureaux												
Total 4	0,90	0,28	0,62	1,35	0,51	0,84	2,04	0,91	1,13	3,02	1,51	1,51
5. Assurances												
5.1 Véhicules												
5.2 Responsabilité civile												
5.3 Bâtiment												
Total 5	0,92			1,37			2,02			3,00		
6. Frais généraux 4 %	2,68			4,80			8,20			13,18		
7. Dépenses des sièges des sociétés	1,97	1,14	0,83	3,14	2,04	1,10	5,16	3,66	1,50	8,08	6,06	2,02
8. Total	71,87			127,91			218,62			350,98		

2.5 CAPACITE LIMITE DU TUNNEL

2.51 La cause essentielle de limitation de la capacité du tunnel sous la Manche est l'espacement minimum en temps séparant deux trains. Cet espacement minimum détermine le nombre maximum de trains pouvant transiter par heure dans le tunnel.

Des études effectuées sur l'échauffement du tunnel consécutif au passage des trains, montre qu'en l'absence d'un système de réfrigération, il n'est pas exclu qu'il soit nécessaire de limiter le nombre de trains en dessous de la capacité limite découlant du critère d'espacement minimum, ceci afin de limiter l'élévation de température.

Cependant, nous supposons que s'il devait en être ainsi, un système de réfrigération serait installé de manière à ne pas limiter la capacité du tunnel pour des raisons d'échauffement.

2.52 Espacement limite des trains

Pour les vitesses de circulation envisagées pour les rames navettes, soit 140 Km/h, l'espacement minimum entre deux trains est de 3 minutes dans les conditions actuelles des techniques d'exploitation, de signalisation et de freinage. Cette hypothèse est donc pessimiste puisque des espacements aussi réduits entre deux rames successives ne seront atteints qu'au delà de l'an 2000 et que les techniques citées ci-dessus feront certainement des progrès qui ne pourront qu'abaisser l'espacement minimum.

2.53 Nombre de trains maximum à l'heure de pointe

2.531 Pour des trains circulant tous à la même vitesse, la capacité horaire du tunnel serait de 20 trains à l'heure et par sens. Il n'en est plus de même si on veut faire circuler des trains dont les vitesses sont différentes car il est nécessaire de tenir compte des différences de temps de parcours entre le train considéré et les deux trains encadrant.

2.532 Dans le tableau ci-dessous, on trouvera les temps de parcours dans le tunnel pour les différents trains et intervalles de temps minimum entre deux navettes permettant d'intercaler un train de nature différente.

Nature du train circulant entre 2 rames navettes	Vitesse en km/h	Temps de parcours en minute	Intervalle minimum entre deux rames navettes
Train drapeau	160	19,5	9,0
Train de voyageur	140	22,5	6,0
Train de marchandise (régime accéléré)	120	26,0	9,0
Train de marchandise (régime ordinaire)	80	41,5	25,0
Rame navette-auto	140	22,5	6,0

2.533 On voit que sous réserve, aux heures de super-pointe, d'éliminer les trains de marchandise et de ramener les vitesses de circulation des trains drapeaux de 160 km/h dans le tunnel, ce qui n'augmente le temps de parcours que de 3 minutes, on se trouve en présence d'un trafic mixte voyageurs - navette-auto homogène permettant un trafic maximum de 20 trains par heure et par sens.

2.54 Capacité limite du tunnel pour le trafic automobiles

2.541 Hypothèses de base

Pour calculer le trafic maximum à l'heure de super-pointe nous admettrons les hypothèses suivantes :

- (i) trafic car et caravane : 4 % du trafic total VL + PL
- (ii) arrêt du trafic camion à l'heure de super-pointe
- (iii) répartition des trains à l'heure de super-pointe :
 - rames navettes 15
 - trains de voyageurs 5
- (iv) vitesse de circulation des trains uniformes : 140 km/h
- (v) capacité des rames navettes :
 - rame double plancher : 270 UVP
 - rame simple plancher : 130 UVP

2.542 *Trafic automobile maximum par sens*

Pour respecter la proportion de 4 % du trafic total pour les cars et caravanes, il faut faire circuler une rame navette à simple plancher pour 4 rames nouvelles à double plancher. A l'heure de super-pointe, le trafic maximum sera donc le suivant :

12 rames doubles plancher de capacité 270 UVP	:	3 240 UVP
3 rames simples plancher de capacité 130 UVP		390 UVP
		<hr/>
Total		3 630 UVP

2.55 Saturation du tunnel

Compte tenu des estimations de trafic du tunnel à la 30ème heure de pointe (voir § 7.4, Tome II), il apparaît que le tunnel ne sera pas saturé pendant les 50 premières années de son existence.

C H A P I T R E 3

LE SYSTEME DE TRANSPORT ET LES COUTS

3.1 LES MOYENS DE TRANSPORT A TRAVERS LA MANCHE

3.11 Transport des véhicules accompagnés

3.111 *Les moyens*

(i) Les ligne maritimes assurant la liaison entre Grande-Bretagne et le Continent, s'étendent jusqu'en Scandinavie. Nous n'avons retenu dans cette présente étude que les lignes maritimes et aériennes vers la France, la Belgique, et les Pays-Bas, seules susceptibles d'un détournement non négligeable vers le tunnel.

Ce trafic est actuellement assuré par 4 trains-ferries, 24 car-ferries 14 air-ferries, ainsi que 4 aéroglisseurs, soit une capacité journalière de 24.390 voitures. Cette capacité a presque triplé de 1958 à 1968. (cf. § 1.4 du tome 2)

(ii) A partir de 1968, un aéroglisseur (type SRN 4) a été mis en service sur la ligne Douvres - Boulogne. Actuellement, 2 aéroglisseurs sont en service sur chacune des lignes Douvres - Boulogne et Ramsgate-Calais. (cf. § 1.2 du tome 2). Nous avons, pour le futur, tenu compte du fait que des aéroglisseurs pourraient être mis en service sur des lignes telles que Douvres-Ostende, Newhaven-Dieppe, doublant ainsi les services des car-ferries qui ont remplacé tous les cargos et certains paquebots depuis 1968.

(iii) La part du trafic des véhicules accompagnés assurée par les lignes aériennes est en très forte diminution depuis 1962 (5,1% du trafic en 1967). Nous avons donc négligé dans nos prévisions futures ce trafic aérien (cf. § 4.21 du tome 2).

(iv) Letransport des véhicules à travers le tunnel ferroviaire se fera par navettes spécialisées. La capacité horaire par sens du tunnel dans les conditions actuelles de la technique s'élève à 3.630 voitures.

3.112 *Temps total de traversée*

- (i) Comte tenu des temps de "précaution", d'attente, de chargement, de déchargement et des formalités douanières et de police, le temps total de la traversée était en 1969 d'environ :
- 2 h pour les traversées par avion ou par aéroglisseur
 - 3 h 10 mm pour les lignes maritimes du détroit les plus courtes, ce temps pouvant atteindre plus de 8 h. sur les lignes maritimes les plus longues.

Aucune réduction sensible du temps total de transport n'est attendue dans le futur, sur les lignes maritimes existantes (cf. § 2.1 du tome 2).

- (ii) Le temps total de la traversée par le tunnel a été retenu égal à 1 h 20 mm (cf. § 6.311 du tome 2).
- (iii) La valeur monétaire du temps retenue pour une voiture accompagnée de ses passagers est de 10 F. par heure en 1967. Elle permet de chiffrer le gain important apporté par le tunnel, dû à la réduction du temps de transport (cf. § 6.313 du tome 2).

3.113 *Tarif de traversée*

- (i) Le prix de la traversée d'une voiture accompagnée est composé du prix de la traversée du véhicule (variable selon la nature et la longueur du véhicule) auquel s'ajoute le prix de la traversée de ses occupants (y compris le conducteur). Plusieurs enquêtes nous ont permis de connaître la répartition du trafic selon la longueur de la voiture et d'en déduire le tarif payé par une voiture moyenne.
- (ii) Le coefficient d'occupation des voitures est resté très stable depuis 1958, oscillant autour d'une valeur égale à 3,1 pour l'ensemble des lignes maritimes (cf. § 6.3 du tome 2). Nous avons retenu pour le futur les coefficients suivants :
- 3,0 en 1975
 - 2,9 en 1985
 - 2,8 au delà de 1985 (cf. § 6.92 du tome 2)

Les tarifs moyens théoriques (sans tenir compte des réductions) au

1er avril 1969, pour une voiture moyenne, y compris ses occupants, sont indiqués ci-dessous :

Modes de transport	Coefficient d'occupation	Tarif moyen théorique pour une voiture et ses occupants en 1969	
		F.F.	Indice
<u>Maritime</u>			
- lignes du détroit	3,2	181,20	100
<u>Aéroglysseur</u>			
- Douvres-Boulogne	3,2	221,20	122
- Ramsgate-Calais			
.tarif A (h de pointe)	3,2	209,30	115
.tarif B	3,2	173,30	95
<u>Aérien</u>			
- Lydd-Le Touquet	2,85	254,00	140

(iii) De 1958 à 1968, le prix de la traversée par les lignes maritimes du détroit d'une voiture accompagnée n'a augmenté que de 2,2% par an en valeur nominale ce qui correspond à une diminution en francs constants (cf. § 3.33 du tome 2). Pour le futur, nous avons supposé que la marge bénéficiaire brute serait de l'ordre de 10% du prix de revient et qu'une fois ce pourcentage atteint, les tarifs croitraient comme les prix de revient soit à un taux nominal de 4,8% par an (cf. § 6.221 du tome 2), (1% en valeur réelle).

(iv) Nous avons ainsi estimé pour les horizons 1975 et 1985, les tarifs moyens de transport (compte tenu des réductions) pour une voiture accompagnée sur les lignes maritimes du détroit, exprimés en francs 1969; nous les avons comparés au péage optimum du tunnel.

Prix de la traversée de la Manche pour une voiture accompagnée et ses occupants en francs 1969		
Mode de transport	1975	1985
Lignes maritimes du détroit	130	143
Tunnel	105	120

(v) Nous avons retenu comme coûts d'exploitation des voitures particulières les valeurs suivantes :

- pour le calcul du détournement et de l'engendrement du trafic, 0,131 francs 1969 par kilomètre; nous avons fait croître ce coût à un taux annuel de 2,2% (en valeur nominale) (cf. § 6.224 du tome 2).
- pour le bilan économique 0,122 francs par kilomètre, compte-tenu des accidents de la route et de l'amortissement de la voiture, à l'exclusion des taxes; nous avons maintenu ce coût constant en valeur réelle.

3.12 Transport des passagers ordinaires

3.121 Description

(i) En plus des trains-ferries et des car-ferries, seize paquebots assurent le trafic maritime des passagers et des excursionnistes vers la France, la Belgique et les Pays-Bas, soit au total une capacité journalière de 207 200 passagers. Le nombre de paquebots a très fortement diminué depuis 1958 (27 en 1958), cette diminution s'étant réalisée au profit des car-ferries (cf. § 1.1 et § 1.4 du tome 2).

Les lignes aériennes très courtes (distance de vol inférieure à 300 km) et les lignes aériennes courtes (de 300 à 400 km) permettent à 19.860 passagers (dont 2.040 sur les air-ferries) de traverser la Manche (cf. § 1.4 du tome 2).

(ii) En 1966, deux aéroglisseurs (type SRN 6) pour passagers seuls ont été mis en service sur la ligne Ramsgate - Calais. Actuellement, les 2 aéroglisseurs (passagers et voitures) sur Douvres - Boulogne et les 2 sur Ramsgate - Calais permettent d'assurer le transport de 12.200 passagers par jour.

Les aéroglisseurs de la ligne Douvres - Boulogne assurent avec les chemins de fer une liaison entre Londres et Paris (cf. § 1.2 du tome 2).

3.122 Temps de transport

(i) Les temps totaux de transport de centre ville à centre ville des principales liaisons, suivant les différents modes de transport sont

actuellement les suivants :

- par la voie maritime et les chemins de fer :

- . de 7 h 30 mm sur Londres - Paris et Londres - Bruxelles par les lignes maritimes les plus rapides.
- . de l'ordre de 10 h sur Londres - Amsterdam.

- par le service d'aéroglesseurs :

- . près de 6 h 30 mm sur Londres - Paris (cf. § 2.2 du tome 2).

- par les lignes aériennes régulières :

- . environ 3 h sur Londres - Paris, Londres - Bruxelles et Londres - Amsterdam (cf. § 2.3 du tome 2).

Pour le futur, les temps de transport de ville à ville sur les lignes maritimes et aériennes ne pourront guère être améliorés.

(ii) En utilisant les chemins de fer et le tunnel et en admettant que 15% du trafic sera effectué par des TEE, le temps de transport s'élèvera pour le passager moyen à :

- 4 h 38 mm sur la relation Londres - Paris
- 4 h 15 mm sur la relation Londres - Bruxelles (cf. § 6.312 du tome 2).

(iii) Les valeurs monétaires du temps concernant les passagers ordinaires retenues dans cette étude pour le calcul du détournement sont les suivantes en 1967 :

- 2 F par heure pour ceux voyageant par la voie maritime et les lignes aériennes très courtes;
- 15 F par heure pour ceux voyageant sur les lignes aériennes courtes à titre personnel;
- 75 F par heure pour ceux effectuant des voyages d'affaire sur les lignes aériennes courtes (cf. § 6.313 du tome 2).

- (i) Le tableau ci-dessous indique les tarifs sur la relation Londres - Paris au 1er avril 1969 suivant les différents modes de transport :

Mode de transport	Tarif le 1er avril 69 (aller simple)	Indice
Rail-bateau (par Douvres - Calais) 2ème classe	78,05 F	100
Rail-hovercraft, 2ème classe	80,30 F	103
Avion-lignes régulières, classe touriste (y compris taxes aéroport, transports terminaux par autocars)	162,00 F	208

- (ii) De 1958 à 1968, le prix du transport d'un passager ordinaire sur la relation Londres - Paris a augmenté :
- par la voie maritime, de 3,5% en valeur nominale (constant en valeur réelle)
 - par la voie aérienne (en classe touriste) de 2,2% par an en valeur nominale (nette diminution en valeur réelle) (cf. § 3.33 du tome 2).

Pour nos prévisions, nous avons supposé d'une part, en ce qui concerne les liaisons par voies maritimes, que les compagnies de navigation réduiront leurs tarifs (en prix réels), jusqu'à un niveau situé à 10% au-dessus du prix de revient de la traversée, ce prix de revient croissant à un taux nominal de 4,7% par an (cf. § 6.221 du tome 2) et que le tarif moyen des chemins de fer restera constant en valeur réelle, soit une augmentation de 3,8% par an en valeur nominale (cf. § 6.223 du tome 2). D'autre part, en ce qui concerne les liaisons par voies aériennes, compte tenu des indications fournies par les compagnies aériennes, nous avons supposé que les tarifs des lignes régulières telles que Londres - Paris, croîtront jusqu'en 1975 à un taux nominal de 2 % par an, puis resteront constants en valeur réelle (soit une augmentation de 3,8 % par an en valeur nominale).

- (iii) A partir des résultats précédents, nous obtenons pour les horizons 1975 et 1985 les tarifs moyens (réductions comprises) indiqués ci-dessous, concernant la traversée de la Manche pour un passager ordinaire, que nous avons comparés au péage optimum pour la traversée du tunnel :

Prix de la traversée de la Manche (en francs 1969) suivant les différents modes de transport		
Modes de transport	Horizon 1975	Horizon 1985
Lignes maritimes du détroit	29,10	31,90
Tunnel	25,00	30,00

3.13 Le transport de marchandises

3.131 *Roll on - roll off* (chapitre 4 § 4.1 et chapitre 3 § 3.6 tome 3).

- (i) A partir de 1963, les navires *roll on - roll off* ont pris une importance croissante sur les lignes maritimes courtes reliant le continent à la Grande-Bretagne. Rappelons qu'il s'agit de bâtiments tels que des camions peuvent y embarquer ou en débarquer par leurs propres moyens. L'avantage de ces navires est d'éliminer les ruptures de charge et de réduire certains risques de détérioration.
- (ii) Le nombre de véhicules routiers transportés entre la Grande-Bretagne et le Continent, et transitant par les ports français, belges ou hollandais de la Manche et de la Mer du Nord, a connu une croissance spectaculaire (19.000 unités en 1963, 94.000 unités en 1967), transportant des tonnages respectifs de 184.000 tonnes et de 906.000 tonnes. Le développement du *roll on - roll off* a entraîné, comme le montre le tableau ci-après, une stagnation du trafic "fer - mer", acheminé par voie ferrée et ferry-boat.

Evolution globale du trafic des lignes régulières à travers la Manche ou la Mer du Nord selon le mode de transport terrestre précédant ou suivant la traversée				
Modes de transport	Année 1963		Année 1967	
	Tonnage	Part de chaque mode (en %)	Tonnage	Part de chaque mode (en %)
Fer - mer	727 000	80	799 000	47
Roll on - roll off (nombre de véhicules)	184 000 (19 200)	20	906 000 (94 400)	53
Total	911 000	100	1 705 000	100

Le développement du roll on - roll off a été particulièrement marqué sur les lignes gérées par les compagnies privées et plus important à partir des ports du Bénélux que des ports français.

Il est néanmoins probable que cette évolution différentielle ne se maintiendra pas dans les années à venir en raison de l'introduction du transport par container.

3.132 Containers (Tome 3 - § 4.1)

(i) C'est aux Etats-Unis que furent lancés les premiers navires porte-containers, en même temps qu'étaient mises en place les installations portuaires correspondantes. En utilisant cet équipement nouveau, on est parvenu à un net abaissement des prix de revient :

- par l'obtention d'un excellent coefficient de remplissage,
- par la simplification des manutentions portuaires,
- en raison de la rapidité des manutentions correspondantes, qui a rendu possible une meilleure rotation des navires.

(ii) Les premières répercussions en Europe du développement du transport maritime des containers ont affecté les transports ferroviaires britanniques : les British Railways ont mis en service des "trains blocs" adaptés au transport des containers. Ceux-ci relient actuellement les principaux centres britanniques dans de bonnes conditions de rapidité et de régularité. Les services de "trains blocs" ont été ensuite prolongés par des services de bateaux porte-containers sur les lignes Harwich-Zeebrugge et Harwich-Rotterdam.

(iii) Les chemins de fer continentaux ont été enfin amenés à s'équiper pour acheminer et décharger les containers en provenance de Grande-Bretagne et des Etats-Unis.

(iv) La réalisation d'un réseau complet de trains blocs et de navires porte-containers entre les principaux centres britanniques et continentaux concurrencera certainement le transport par roll on - roll off. Le transport routier conservera cependant un rôle important dans les transports terminaux.

(v) Comme il est indiqué au tome 3 (cf. 4.1123) l'usage des containers s'est développé rapidement dès 1968 particulièrement sur les relations avec les ports du Bénélux.

3.133 *Hypothèse concernant les conditions de transport*

(Tome 3 - § 4.1)

Le développement considérable que l'on attend des transports en container au cours des prochaines années nous a conduits à supposer que la plupart des produits tunnelables qui sont susceptibles de ce mode de transport seraient transportés en containers. En outre, dans un but de simplification, nous avons admis que le transport serait toujours effectué en container ISO de 20 pieds.

Nous avons naturellement fait exception pour certains produits tels que les voitures et les tracteurs.

L'hypothèse de containerisation admet implicitement que les lots de marchandises seront généralement de taille suffisante, soit par eux-mêmes, soit à la suite de groupages, pour être transportés avec profit en container. Si cette situation n'était pas atteinte en 1975, les coûts de transport sur les routes maritimes traditionnelles seraient supérieures à l'estimation que nous en avons faite.

L'hypothèse de containerisation devrait donc conduire à une évaluation légèrement pessimiste du détournement : il s'agit, par conséquent, d'une hypothèse à la fois simplificatrice et prudente.

3.134 *Les coûts de transport maritime*

(Tome 3 - § 4.3)

L'étude a porté sur les prix de revient des transports maritimes de containers. Nous avons pris comme navire de référence l'un des bâtiments actuellement en service sur les lignes du détroit.

Les principaux paramètres pris en compte sont :

- l'amortissement des bateaux
- les charges d'exploitation fixes (salaires, assurances, réparations, frais de gérance ...)
- les charges d'exploitation variables (consommation de fuel, de diesel, ...)
- le coefficient de charge moyen actuel.

On a tenu compte par ailleurs des temps d'escale et des retards dus au mauvais temps.

Le calcul, effectué sur les différentes routes que nous avons considérées a montré que les prix de revient variaient relativement peu en fonction de la distance en raison de l'importance des charges portuaires, des frais de manutention et du coût résultant de l'immobilisation des bateaux dans les ports.

3.135 *Hypothèse sur les modes de transport terrestre des containers*
(Tome 3 - § 4.1)

Le transport terrestre des containers peut être assuré par camion ou chemin de fer. De façon schématique, on peut dire que le mode le plus économique est le camion pour les courtes distances, le chemin de fer pour les grandes distances.

- (i) On a considéré que le transport des containers transitant par le tunnel serait assuré par chemin de fer de l'origine sur le continent à la destination finale en Grande-Bretagne ou vice-versa.
- (ii) En ce qui concerne la portion terrestre des routes actuelles, concurrentes du tunnel, on a admis que le transport était effectué par fer sur les moyennes et les longues distances, par camion sur les courtes distances. Ce dernier cas est notamment celui des transports en Grande-Bretagne (cf. tome 3. § 4.41), exception faite des liaisons sur lesquelles circulent des trains blocs : on a alors retenu le moyen de transport le moins onéreux.

3.136 *Les coûts de transport ferroviaire*
(Tome 3 - § 4.2)

- (i) **Trafic diffus et trains blocs - charge utile des containers** (cf. tome 3. - § 4.22)
Il existe deux modes principaux de transport des containers par fer : le trafic diffus et le trafic par trains blocs. La mise en service d'un train bloc sur une certaine relation n'est économiquement rentable qu'à partir du moment où le volume du trafic sur celle-ci dépasse un certain seuil que nous avons évalué à 90.000 tonnes (dans les deux sens).

La charge utile des containers (donnée essentiellement sensible à la nature des produits transportés et dont la moyenne s'établit à 12,5 t) a une importante répercussion sur les coûts de transport dans la mesure où le poids du container limite la capacité des trains, en vertu de la réglementation en vigueur.

(ii) Prix de revient du transport des containers de 20 pieds par train blocs

Ceux-ci ont été déterminés à partir de données fournies par les chemins de fer, dans l'hypothèse d'un coefficient moyen de chargement de 60% et d'un nombre moyen de 14 wagons porte-containers par train.

Les calculs conduisent aux relations suivantes exprimant le coût en fonction de la distance :

- poids brut du container inférieur à 10 tonnes : $C = 0,357 D + 62$
- poids brut du container compris entre 10 tonnes et 16 tonnes : $C = 0,427 D + 65$
- poids brut du container supérieur à 16 tonnes : $C = 0,475 D + 72$

C'est exprimé en francs et D en kilomètres.

A ces coûts, il convient d'ajouter la charge de 10 F par frontière traversée, pour tenir compte de l'immobilisation correspondante des wagons.

(iii) Prix de revient des transports ferroviaires diffus des containers de 20 pieds

Ces prix de revient ont été déterminés à partir de données fournies par la SNCF et la CNC. En accord avec les responsables de la SNCF et de la CNC, nous avons admis que le nombre moyen de containers de 20 pieds par wagon, en trafic diffus, serait de deux à partir de 1975 (rappelons que les wagons sont conçus pour pouvoir transporter 3 containers de 20 pieds). En utilisant les hypothèses précédentes, on aboutit aux formules de coût indiquées ci-dessous :

- poids brut du container inférieur à 10 tonnes : $C = 107 + 0,488 D$
- poids brut du container compris entre 10 tonnes et 16 tonnes : $C = 109 + 0,514 D$
- poids brut du container supérieur à 16 tonnes : $C = 115 + 0,542 D$

C'est exprimé en francs et D en kilomètres.

Il convient de majorer ces coûts de 10 F par frontière traversée.

Il s'agit de l'enlèvement ou de la livraison à domicile des containers par la route.

(i) Sur le continent

Selon les informations qui nous ont été fournies par les chemins de fer, le coût de la livraison par route d'un container de 20 pieds dans un rayon de 10 km varie de 80 F pour un container dont le poids brut est inférieur à 10 tonnes, à 110 F pour un container dont le poids brut est supérieur à 16 tonnes. Entre 10 et 16 tonnes de poids brut, le coût moyen est d'environ 100 F.

(ii) En Grande-Bretagne

Le problème est plus compliqué car il a fallu distinguer les centres qui seraient reliés directement au tunnel par fer de ceux qui ne le seraient pas.

Dans le premier cas, les coûts s'établissent ainsi :

- 120 F pour un container de moins de 10 tonnes
- 140 F pour un container de 10 à 16 tonnes
- 150 F pour un container de plus de 16 tonnes

Dans le second cas, il convient de les majorer de 50 F.

3.138 *Les coûts de transport routier*

(Tome 3 - § 4.4)

(i) En raison de l'importance, en Grande-Bretagne, de la part de la route dans le transport des marchandises, on a étudié les prix de revient des transports routiers dans ce pays.

(ii) On s'est intéressé à deux types de matériel adaptés au transport des containers de charge utile inférieure et supérieure à 14 tonnes (types A et B). La description de ces matériels est donnée au tome 3 (4.421). Les coûts estimés comprennent des charges fixes (amortissement, licences, assurances, personnel) et des charges variables (pneumatiques, carburant, lubrifiants, réparations). Les frais généraux ont été évalués forfaitairement et on a tenu compte :

- des immobilisations des camions ou des chauffeurs

- des retours à vide
- des temps de chargement, de déchargement et des autres temps morts.

Les données de base ont été recueillies directement en Grande-Bretagne.

(iii) Nous avons ainsi abouti à la formule suivante pour le calcul des prix de revient :

$$C = [(1 + \alpha) \gamma_2 m + (1 + \alpha) \gamma_1 t_1 + \gamma_1 t_2] (1 + k)$$

dans laquelle :

- γ_1 représente l'ensemble des frais fixes (par unité de temps)
- γ_2 représente l'ensemble des frais variables (par unité de distance)
- k représente le pourcentage des frais généraux évalué à 20%
- t_1 représente le temps de transport proprement dit,
- t_2 représente l'ensemble des temps de chargement, de déchargement et des autres temps morts, estimé à 230 minutes
- α représente le coefficient de retour à vide, variable en fonction de la distance de parcours
- m représente la distance parcourue.

Le tableau ci-dessous reprend les valeurs obtenues pour les charges fixes et variables.

Valeur des paramètres selon les types de transport				
	Transport de type A (containers de moins de 14 tonnes utiles)		Transport de type B (containers de plus de 14 tonnes utiles)	
	En Francs	En Livres	En Francs	En Livres
γ_1 (par minute ouvrable)	0,2254	0,0190	0,2473	0,0207
γ_2 (par mile)	0,6400	0,0539	0,7639	0,0642

Les prix de revient ainsi calculés laissent une légère marge bénéficiaire aux entreprises de transport. Celle-ci est d'ailleurs plus importante pour les faibles distances; du fait de l'absence de la concurrence ferroviaire sur ce type de relation.

3.2 LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

Les principales infrastructures de transport existantes et prévues à moyen terme et devant permettre d'assurer l'écoulement du trafic trans-Manche par le tunnel ou les moyens concurrents ont fait l'objet d'une analyse détaillée dont on trouvera les résultats dans les différentes parties de l'étude.

Nous avons rassemblé sur quatre cartes l'ensemble des infrastructures, routières, ferroviaires, portuaires, aéronautiques. La planche 1.1 est relative à l'ensemble Europe Continentale-Grande-Bretagne; la planche 1.2 est relative plus particulièrement à la zone du détroit; les planches 1.3 et 1.4 présentent les infrastructures de transport dans les agglomérations de Paris et de Londres, principaux centres d'origine et de destination des trafics entre la Grande-Bretagne et le Continent, en particulier pour le trafic des passagers et des véhicules accompagnés.

3.3 MOYENS DE TRANSPORT NOUVEAUX (cf. annexe 1 du tome 1)

Nous avons apporté un grand soin à l'examen des possibilités de développement d'un certain nombre de techniques nouvelles de transport qui pourraient modifier les conditions de la concurrence entre les différents moyens de traversée de la Manche. Notre étude s'est portée particulièrement sur trois modes :

- (i) les trains de voyageurs à grande vitesse (mode ferroviaire)
- (ii) les aéroglisseurs (mode maritime)
- (iii) les avions à décollage et atterrissage courts ou verticaux (mode aérien)

Les calculs, détaillés, sont repris en annexe du rapport de synthèse. Nous avons abouti aux conclusions suivantes.

3.31 Les trains de voyageurs à grande vitesse

En ce qui concerne les trains de voyageurs à grande vitesse (250 à 300 km/h), il nous paraît certain que leur mise en place augmenterait considérablement l'importance économique du Tunnel sous la Manche. Cependant, en raison d'incertitudes d'ordre financier et politique, notre client nous a demandé de ne pas prendre en compte dans cette étude l'hypothèse d'une liaison PARIS - LONDRES par train rapide.

3.32 Les aéroglisseurs

Les aéroglisseurs sont actuellement opérationnels sur certaines lignes courtes de la Manche. Aussi les avons nous considérés avec grande attention.

Il apparaît que ce mode soulève encore à l'heure actuelle des problèmes techniques difficiles qui grèvent lourdement les coûts. En contrepartie, le service rendu possède un certain nombre d'avantages, dont, en particulier, la rapidité.

Nous avons évalué ces éléments, en analysant notamment les différentes techniques actuelles et la structure des coûts de transport. On verra dans le cadre du bilan économique, qu'il nous a paru convenable de retenir l'hypothèse que la part des aéroglisseurs dans le trafic actuel ne croîtrait pas notablement dans les années à venir.

3.33 Les avions à décollage ou à atterrissage courts ou verticaux

Bien qu'elle semble économiquement réalisable dans un délai raisonnable, mais encore mal défini (vraisemblablement de 5 à 10 ans), la construction d'un appareil exploitable commercialement sur les liaisons entre centres de ville est encore soumise à des incertitudes techniques majeures (respect des normes de sécurité et de niveau sonore) ; la construction à Paris et à Londres des plates-formes appropriées posera également des problèmes très importants. De plus, en raison de son coût qui sera supérieur à celui de l'avion classique, cette technique ne se pose pas en concurrente directe du tunnel. Nous n'en avons donc pas tenu compte.

C H A P I T R E 4

LES TRAFICS ACTUELS A TRAVERS LA MANCHE

4.1 TRAFIC DES VEHICULES ACCOMPAGNES

4.11 Trafic annuel

- (i) L'année de base retenue, compte tenu des dernières statistiques disponibles au début de la présente étude, est l'année 1967.
- (ii) Le nombre de véhicules ayant traversé la Manche en 1967 sur les lignes retenues se décompose comme suit (cf. § 4.11 du tome 2).

Type de véhicule	Lignes maritimes	Lignes aériennes	Total	En %
Voitures particulières	844 100	63 600	907 700	92,6
Motos + autocars	24 800	700	25 500	2,6
Remorques + caravanes	47 500	-	47 500	4,8
TOTAL	916 400	64 300	980 700	100,0

- (i) 93% du trafic est assuré par les lignes maritimes (95% en 1968)
- (ii) 75% du trafic par voie maritime est assuré par les lignes du détroit. Nous avons conservé cette répartition dans le calcul de nos prévisions.

Compte tenu de l'occupation moyenne des véhicules (remorques et caravanes exclues), le nombre de passagers accompagnant les véhicules s'élève à environ 2.900.000 par an.

4.12 Evolution du trafic des véhicules accompagnés à travers la Manche

4.121 *Voitures particulières*

- (i) Le trafic des voitures particulières à travers la Manche par les voies maritimes et aériennes a augmenté très rapidement jusqu'en 1966, puis beaucoup moins rapidement en 1967 et 1968, phénomène dû aux événements conjoncturels en Grande-Bretagne et en France. Le trafic aérien est en très forte diminution depuis 1962 (cf. 4.21 du tome 2). Dans nos prévisions, nous avons négligé le trafic aérien des véhicules accompagnés.
- (ii) La part du trafic des lignes belges croît depuis 1950 aux dépens de celle des lignes françaises (cf. § 4.21 du tome 2). Cette tendance a été retenue pour le futur.

4.122 *Autres véhicules*

La part des véhicules autres que les voitures particulières dans le trafic total a diminué de 11 % en 1957 à 7,4 % en 1967, malgré une très forte augmentation du trafic des caravanes et des remorques, du fait de la baisse considérable du trafic des motos (cf. 4.3 du tome 2).

4.13 Structure du trafic des véhicules accompagnés à travers la Manche

4.131 *Caractère saisonnier du trafic*

Le trafic des voitures particulières accompagnées à travers la Manche, a essentiellement un caractère touristique (plus de 90% des voitures traversant la Manche l'été sur les lignes maritimes à des fins de vacances (cf. § 5.41 du tome 2). Pour cette raison le trafic est concentré :

- pendant les trois mois d'été (64% du trafic annuel sur les lignes maritimes en juillet, août et septembre dont 27% en août) (cf. § 5.111 du tome 2).
- pendant les jours de fin de semaine et principalement au début et à la fin du mois d'août (le trafic du premier jour de pointe étant cinq fois plus élevé que le trafic moyen journalier annuel) (cf. § 5.121 du tome 2).

4.132 *Trafic selon la nationalité*

Les Britanniques constituent la part prédominante du trafic à travers la Manche. Cette part a crû depuis 1957 jusqu'à un maximum de 82% en 1965; depuis cette date elle décroît sensiblement atteignant en 1968 le niveau de 77% (cf. § 5.241 du tome 2). Ceci nous a conduit à faire des prévisions séparées d'une part du trafic des véhicules britanniques, d'autre part du trafic des véhicules des autres nationalités.

4.133 *Structure origine-destination*

- sur le continent : le trafic des véhicules accompagnés en direction de l'Espagne a très fortement augmenté de 1958 à 1968, essentiellement aux dépens de l'Italie (cf. § 5.511 du tome 2).
- en Grande-Bretagne : la part de la région Sud-Est y compris Londres s'est accrue de 1958 à 1968 au détriment du centre et de l'Ecosse (cf. § 5.512 du tome 2).

4.2 TRAFIC DES PASSAGERS ORDINAIRES

4.21 Trafic annuel

- (i) Comme pour les véhicules accompagnés, nous avons retenu 1967 comme année de base.
- (ii) Le tableau suivant indique la répartition du trafic des passagers ordinaires (y compris excursionnistes) selon les différentes liaisons existantes (cf. § 4.121 du tome 2) :

Trafic des passagers ordinaires et des excursionnistes en 1967	
Lignes maritimes retenues	3 625 000
Lignes aériennes retenues	
- lignes très courtes	600 000
- lignes courtes	2 640 000
TOTAL trafic susceptible d'être détourné par le tunnel	6 865 000
Lignes aériennes longues (non détournées)	5 001 000
TOTAL PASSAGERS	11 866 000

4.22 Evolution du trafic des passagers ordinaires à travers la Manche

4.221 *Passagers ordinaires sur les lignes maritimes*

- (i) Le trafic des passagers ordinaires sur les lignes maritimes après avoir crû de 1958 à 1965 à un taux de 2% par an, diminue depuis cette date à un taux de 3% par an (cf. § 4.221 du tome 2)
- (ii) Depuis 1960, la part du trafic des passagers ordinaires sur les lignes maritimes du détroit a crû de façon modérée, atteignant en 1967 un pourcentage du trafic total maritime de 76%.

4.222 *Passagers ordinaires sur les lignes aériennes* (cf. § 4.221 du tome 2)

- (i) L'accroissement du trafic des passagers ordinaires entre la Grande-Bretagne et le Continent a été très différent selon les pays (cf. § 4.222 du tome 2). De 1957 à 1965, les taux composés d'accroissement annuel du trafic ont été :

- France : 10%
- Belgique : 17%
- Espagne : 29%
- Ensemble des 7 pays (France, Belgique, Pays-Bas, Allemagne de l'Ouest, Suisse, Italie, Espagne) : 13%

- (ii) Le trafic des lignes courtes et très courtes a crû de 1957 à 1967 à un taux moyen annuel de 12%.

- (iii) La part du trafic aérien, (y compris les lignes longues), dans le trafic total des passagers ordinaires traversant la Manche n'a cessé de croître passant de 28,5% en 1952 à 69,5% en 1967 (cf. § 4.223 du tome 2).

4.23 Structure du trafic à travers la Manche

4.231 *Fluctuation saisonnière et journalière du trafic*

- (i) Le trafic des passagers ordinaires a un caractère saisonnier beaucoup moins accentué que celui du trafic des véhicules accompagnés, particulièrement sur les lignes aériennes où 38% des voyages sont faits à titre professionnel.

(ii) Le trafic des trois mois d'été : juillet, août, septembre 1967, en pourcentage du trafic annuel, est égal à :

- 55% sur les lignes maritimes retenues (cf. § 5.112 du tome 2)
- 43% sur les lignes aériennes (liaisons avec les 7 pays continentaux (cf. § 5.113 du tome 2).

4.232 *Trafic selon la nationalité*

Le pourcentage de passagers ordinaires britanniques sur le trafic total a été estimé en 1967 à :

- 55% sur les lignes maritimes retenues (cf. § 5.241 du tome 2)
- 44% sur les lignes aériennes courtes et très courtes (39% sur ligne Londres-Paris) (cf. § 5.23 du tome 2).

Ce pourcentage est beaucoup moins élevé que celui concernant le trafic des véhicules accompagnés et a diminué régulièrement depuis 1962.

4.233 *Structure origine-destination*

Le trafic des passagers ordinaires voyageant par les voies maritimes a augmenté :

- sur le continent, fortement vers l'Espagne, évolution semblable à celle du trafic aérien, au détriment principalement de la France,
- en Grande-Bretagne, vers la région du Sud-Est (y compris Londres) au détriment de la région du Centre (cf. § 5.52 du tome 2).

4.3 LES TRAFICS ACTUELS DE MARCHANDISES. CHOIX DES PRODUITS A ETUDIER - ITINERAIRES ORIGINE - DESTINATION

4.31 Les trafics actuels de marchandises "tunnelables" entre la Grande-Bretagne et les pays de la zone du tunnel. *

Catégorie de trafic	Tonnage en millier de t.		Valeur en millions de US\$	
	Hypothèse EIU	Hypothèse SETEC	Hypothèse EIU	Hypothèse SETEC
Importations	3 775	4 707	2 788	3 172
Exportations	1 861	2 254	2 522	2 632
TOTAL	5 636	6 961	5 308	5 804

La principale différence existant entre les hypothèses de l'EIU et celles de notre étude porte sur les engrais manufacturés que nous avons considérés comme tunnelables après étude. Ils représentent dans les deux sens réunis, un trafic de près de 600.000 t en 1967, soit 45% du trafic des "nouveaux tunnelables".

4.32 Choix des produits à étudier

Dans le cadre de notre contrat, compte tenu des moyens et des délais qui nous étaient accordés, nous ne pouvions procéder à une étude détaillée de tous les produits. Aussi avons nous limité dans les termes de référence l'étude détaillée à 11 produits dont le choix a été basé sur leur importance décroissante dans les recettes escomptées du tunnel. Pour le choix des 11 produits l'estimation des recettes a été faite à partir de l'année de base 1967 et compte tenu des hypothèses d'affectation de 1959. Les résultats sont indiqués dans le tableau suivant dans la nomenclature de 1959.

* Pour l'Espagne et le Portugal, seuls les trafics de fruits et légumes et de véhicules routiers ont été pris en compte.

Estimation du trafic détourné et des recettes escomptables pour l'année 1967 par produit selon les hypothèses du rapport de 1959

Produit	Trafic		Recettes escomptables	
	Trafic détourné en 1000 t	Coefficient de détournement (en %) évalué en 1959.	Montant en millions de francs 1957	%
1. Fruits et légumes	314	33,2	1 090	19,9
2. Machines non électriques et tracteurs	245	60,8	894	16,4
3. Véhicules routiers	84	48,0	482	8,8
4. Produits chimiques de base	207	26,4	473	8,7
5. Fer et acier	232	19,1	408	7,5
6. Matières plastiques	86	46,7	372	6,8
7. Matériel électrique et électronique-Instruments scientifiques	45	62,5	317	5,8
8. Pièces détachées	32	21,4	248	4,5
9. Verre	73	68,9	234	4,3
10. Papier et carton	22	13,3	59	1,1
11. Appareils électromé-nagers	5	71,4	29	0,5
12. Total 1 à 11	1 337	31,8	4 606	84,3
13. Reste des produits	384	28,1	858	15,7
14. Total 12 + 13	1 721	30,5	5 464	100,0

Le montant des recettes escomptables en 1967 pour les onze produits sélectionnés évalué selon les hypothèses du rapport de 1959 représente 84,3% du montant total.

Dans la présente étude le regroupement des onze produits a été modifié pour différencier le matériel électrique des instruments scientifiques et du matériel électronique. De plus pour tous les produits sélectionnés les trafics ont été étudiés systématiquement dans les deux sens, à la différence de ce qui a été fait en 1959 par l'EIU. Aussi le trafic potentiel des onze produits est-il en 1967 de 4,4 millions de tonnes selon l'estimation de la présente étude et seulement de 4,2 millions de tonnes selon les hypothèses de 1959. Ce trafic de 4,4 millions de tonnes représente respectivement 63,3% et 55,9% du trafic total tous produits en tonnage et en valeur.

4.33 Détermination des itinéraires et des trafics les empruntant

4.331 *Méthodologie*

La méthode consiste :

- (i) à déterminer par produit et par sens les échanges entre la Grande-Bretagne et les différents pays appartenant à la zone d'influence du tunnel,
- (ii) à rechercher la localisation des origines en Grande-Bretagne et des destinations dans le pays considéré de la zone d'influence ou vice-versa,
- (iii) à déterminer les "points de passage" des marchandises échangées entre les deux pays le long de certaines lignes interceptant tous les itinéraires possibles entre ceux-ci (telles que les frontières ou les façades portuaires britannique et continentale).

4.332 *Statistiques utilisées*

- (i) Les statistiques ayant servi de base à la détermination du trafic par produit entre la Grande-Bretagne et les pays de la zone du tunnel sont celles de l'O.C.D.E. Elles ont en effet l'avantage sur les données

66
émanant des services statistiques nationaux, d'être homogènes quant à la nomenclature des produits et aux méthodes de collecte des informations.

- (ii) La recherche des données sur les origines et les destinations a été fondée sur l'étude de l'hinterland des ports et des statistiques nationales. Nous avons apporté beaucoup de soin à la collecte des statistiques portuaires qui forment un ensemble fort utile mais dont l'harmonisation est délicate en raison des différences de nomenclatures. Il faut d'ailleurs noter que les courants de trafic de marchandises de port à port sont très nombreux, à la différence de ce qu'on observe pour les passagers qui empruntent en général les lignes régulières. Cependant le développement des nouvelles techniques de transport maritime, au détriment du cabotage, a pour effet de concentrer le trafic sur quelques lignes où les navires roll on - roll off ou porte-containers sont en service. Cette évolution a rendu la collecte des statistiques plus sûre et plus aisée.

4.333 *Détermination des itinéraires origine et destination*

Pour la détermination des itinéraires on disposait dans chaque cas des données statistiques suivantes :

- les origines ou destinations sur le Continent
- les ports de transit sur le Continent
- les ports de transit en Grande-Bretagne
- les destinations ou origines en Grande-Bretagne

- (i) La méthode de détermination des routes a consisté à éviter les chevauchements en reliant, sauf lorsque nous disposions d'informations précises sur les liaisons de port à port, les origines et les destinations, par la route la plus directe. Au total le nombre des routes sur lesquelles on a fait porter l'étude du détournement s'élève à 2000; soit par pays x produit x sens une moyenne de quinze routes environ.

4.334 *Implications de la méthode précédemment décrite*

Le mode de détermination des routes, qui a été esquissé ci-dessus, revient à supposer que les itinéraires des marchandises sont économiquement les meilleurs possibles une fois donnés les origines, les destinations et les ports de transit. En effet, dans la mesure où nous avons évité les chevauchements, nous avons minimisé la somme des coûts de transport. Tout autre schéma reliant origines, ports de transit et destinations conduirait globalement à un coût de transport plus élevé.

En réalité il est vraisemblable que beaucoup d'itinéraires se chevauchent et que la structure des routes n'est pas économiquement optimale. Il en résulte que le choix systématique que nous avons fait de la route directe entre une origine et une destination a peut-être conduit à sous-estimer la rentabilité du tunnel. Ceci confirme le caractère prudent donné aux estimations de cette étude.

C H A P I T R E 5

PERSPECTIVES DE TRAFIC

5.1 TRAFIC DES PASSAGERS

5.11 Perspectives de trafic à travers la Manche

5.111 *Les méthodes de prévision*

5.1111 Trafic de passagers maritimes ordinaires

(i) Le trafic de passagers ordinaires maritimes a atteint son maximum en 1965 et décroît depuis cette date. Nous avons retrouvé une situation semblable à celle du trafic maritime à travers l'Atlantique Nord, dont le trafic maximum a été atteint en 1958. Nous avons alors continué à faire décroître le trafic à travers la Manche par analogie à celui de l'Atlantique Nord (cf. § 6.122 du tome 2).

(ii) Les lignes ont été regroupées en fonction de leur degré de concurrence vis-à-vis du tunnel. Nous avons réparti le trafic futur par groupe de lignes en tenant compte des modifications des caractéristiques de transport (cf. § 6.62 du tome 2).

5.1112 Trafic de passagers ordinaires aériens

(i) Nous avons supposé que les lignes moyennes et longues (distance de vol supérieure à 400 km) ne sont pas susceptibles d'un détournement vers le tunnel. Cette hypothèse est volontairement très prudente (cf. § 6.132 du tome 2).

- (ii) Les prévisions de trafic de passagers aériens des lignes courtes et très courtes sont fondées sur les modèles mis au point par la SETEC à l'occasion d'études très importantes conduites récemment sur le transport aérien, pour le compte du Groupement d'étude des transports aériens. Ils distinguent les voyages personnels des voyages professionnels, et tiennent compte de l'évolution des populations, des revenus réels par tête et des coûts généralisés du transport (cf. § 6.123 du tome 2).
- (iii) Le trafic des lignes très courtes après avoir fortement augmenté de 1957 à 1965 a diminué et nous admettons que le trafic atteint en 1967 restera constant dans le futur soit 600.000 passagers par an (cf. § 6.132 du tome 2).

5.112 *Les hypothèses de base*

Les prévisions d'accroissement annuel des populations (source OCDE jusqu'en 1980) et des PIB (source GEPEI jusqu'en 1975, SAEI entre 1975 et 1985) retenues également pour les perspectives du commerce extérieur de la Grande-Bretagne conduisent pour le Royaume-Uni et la France aux taux suivants (cf. § 6.21 du tome 2) :

Pays	Taux d'accroissement annuel			
	1964 - 1975		1975 - 1985	
	Population	P.I.B.	Population	P.I.B.
Royaume-Uni	0,68	3,5	0,655	3,5
France	0,78	4,6	0,775	4,8

5.113 *Résultats. Prévisions du trafic passagers ordinaires à travers la Manche sans tunnel.*

A partir des hypothèses précédentes, l'estimation du trafic des passagers ordinaires prévu à travers la Manche sans tunnel est indiqué dans le tableau ci-dessous. Ces résultats sont comparés à ceux du rapport des fonctionnaires franco-britanniques d'août 1966. (cf. § 7.1 du tome 2).

Trafic des passagers ordinaires à travers la Manche sans tunnel (en milliers)						
	Horizon 1975			Horizon 1985		
	Rapport 1966		Présente étude	Rapport 1966		Présente étude
	Hypothèse forte	Hypothèse faible		Hypothèse forte	Hypothèse faible	
<u>Lignes maritimes</u>						
Total maritime	3 900	3 500	3 330	3 900	3 500	2 940
<u>Lignes aériennes</u>						
- très courtes	715	650	600	1 035	875	600
- courtes	3 820	3 480	4 740	5 930	5 040	8 280
Total	4 535	4 130	5 340	6 965	5 915	8 880
Total passagers	8 435	7 630	8 670	10 865	9 415	11 820

- (i) Les prévisions "passagers maritimes ordinaires" sont inférieures à l'hypothèse faible du rapport 1966 .
- (ii) Les prévisions "passagers aériens" sont très supérieures à l'hypothèse forte de l'étude 1966. Le rapport des fonctionnaires franco-britanniques de 1966 était basé sur des prévisions du trafic aérien (y compris lignes longues) qui prévoyaient entre 1964 et 1970 une augmentation de 9,5% par an, or le taux réellement observé entre 1964 et 1968 a été de 13% par an.

5.12 Détournement de trafic

- (i) Pour estimer le détournement des passagers ordinaires sur les lignes aériennes et maritimes très courtes, nous avons actualisé les anciens coefficients de détournement compte tenu de l'évolution des tarifs et des temps de traversée et de transport de ville à ville entre 1958 et les horizons futurs (cf. § 6.141 du tome 2).
- (ii) Pour estimer le détournement des passagers ordinaires sur les lignes aériennes courtes, nous avons utilisé les résultats d'une étude très détaillée conduite récemment par la SETEC sur la répartition du trafic entre chemin de fer et avion (cf. § 6.143 du tome 2).

5.13 Trafic du tunnel. Années 1975 et 1985

Compte tenu des hypothèses précédentes nous avons estimé pour les passagers ordinaires les trafics détournés au péage optimum que nous comparons à ceux retenus dans le rapport des fonctionnaires franco-britanniques de 1966 dans le tableau suivant (cf. § 7.2 du tome 2).

Trafic des passagers ordinaires par le tunnel aux horizons 1975 et 1985						
Désignations	Horizon 1975			Horizon 1985		
	Rapport 1966		Présente étude	Rapport 1966		Présente étude
	Hyp. forte	Hyp. faible		Hyp. forte	Hyp. faible	
Péage optimum (valeur 1969)	27,50 F	27,50 F	25,00 F	27,50 F	27,50 F	30,00 F
1. Trafic détourné des voies maritimes : (coefficient de détournement)	2 730 (70 %)	2 450 (70 %)	1 840 (55,3 %)	2 730 (70 %)	2 450 (70 %)	1 730 (55,8 %)
2. Trafic détourné des voies aériennes : (coefficient de détournement)	710 (15,7 %)	650 (15,7 %)	1 532 (28,7 %)	1 090 (15,6 %)	920 (15,6 %)	2 046 (23,0 %)
3. Trafic engendré	170	-	-	190	-	-
Total	3 610	3 100	3 372	4 010	3 370	3 776
Les chiffres entre parenthèses représentent les coefficients de détournement de trafic						

On note que :

- (i) le péage optimum croît de 1975 à 1985, à cause de l'augmentation de la valeur monétaire du temps.
- (ii) en ce qui concerne le détournement du trafic des voies maritimes, le coefficient de détournement est beaucoup plus faible que celui du rapport 1966.
- (iii) d'une part le trafic aérien sans tunnel estimé est beaucoup plus important que celui retenu dans le rapport 1966, et d'autre part que le détournement du trafic des voies aériennes est plus élevé que celui de l'étude 1966.

- (iv) nous n'avons tenu compte d'aucun engendrement de trafic de passagers ordinaires alors que le rapport 1966 retenait un trafic engendré s'élevant à 5% du trafic détourné dans l'hypothèse forte.

5.14 Trafic et recettes du tunnel. Passagers ordinaires

Pour effectuer les prévisions du trafic des passagers ordinaires par le tunnel jusqu'en 2025, nous avons extrapolé les prévisions des horizons 1975 et 1985, compte tenu de certaines hypothèses (cf. § 7.3 du tome 2).

Trafic et recettes du tunnel - Passagers ordinaires					
Années	Trafic du tunnel (en milliers)	Recettes de péage (en 10 ⁶ francs 1969)	Recettes annexes	Recettes totales	Rapport 1966 (Hyp. forte) Recettes (10 ⁶ F. 69)
1975	3 372	84	17	101	100
1985	3 776	113	19	132	111
1995	4 371	131	22	153	120
2005	4 520	136	22	158	129
2015	4 645	139	23	162	-
2025	4 825	145	24	169	-

- (i) Les recettes de péage sont du même ordre de grandeur que celles de l'hypothèse forte de l'étude 1966.
- (ii) Nous avons considéré que le tunnel serait mis dans un état normal de compétitivité avec les autres moyens de transport, aussi avons nous tenu compte d'une recette annexe due à la vente de produits détaxés. La recette moyenne a été prise égale à 5 F par passager (valeur observée actuellement sur les paquebots). La réalisation effective des ventes de ces produits détaxés peut dans certains cas, trains directs par exemple, soulever des difficultés, entraînant une diminution des recettes annexes. Toutefois, il faut noter que ces recettes annexes représentent 15% environ des recettes totales passagers, soit environ 3,2% des recettes totales du tunnel dans les premières années, et 1,5% en 2025. Une diminution de ce poste aurait une très faible incidence sur le montant des recettes totales. C'est le seul poste qui peut apparaître surestimé dans cette étude.

5.2 TRAFIC DES VEHICULES ACCOMPAGNES

5.21 Perspectives de trafic à travers la Manche

5.211 *Les méthodes de prévisions*

(i) Les voitures accompagnées

Nous avons effectué des prévisions séparées pour les britanniques et pour les autres nationalités.

Nous avons estimé pour les horizons 1975 et 1985 :

- une élasticité du trafic par rapport au coût généralisé de la traversée de -1,3.
- une élasticité du trafic par rapport au parc de :
 - 1,12 pour les britanniques.
 - 1,00 pour les continentaux.

Nous retrouvons ainsi à partir de ces valeurs une élasticité apparente du trafic par rapport au parc de voitures britanniques de 1,4, valeur trouvée dans l'étude de 1966 (cf. § 6.4 du tome 2).

(ii) Les autres véhicules

Les prévisions des autres véhicules ont été effectuées selon les différents types de véhicules (cf. § 6.5 du tome 2).

- ##### (iii) Nous avons réparti le trafic futur par groupe de lignes, en conservant un trafic de 75% du trafic total, pour les lignes du détroit (cf. § 6.61 du tome 2), et en supposant que le trafic des véhicules accompagnés par la voie aérienne deviendra négligeable.

5.212 *Prévisions de parc de voitures particulières*

En ce qui concerne le parc de voitures en Grande-Bretagne, nous avons utilisé pour 1975 une valeur légèrement inférieure à l'hypothèse faible des dernières prévisions (1967) de J.C. Tanner, et à partir de 1985 l'hypothèse faible des prévisions de J.C. Tanner, soit de 1975 à 1985 un taux d'accroissement annuel de 2,9% (cf. § 6.21 du tome 2).

	Horizon 1975	Horizon 1985
Prévision du parc de voitures britannique. (en milliers)	16 500	22 500
Taux de motorisation	290	370

Pour les parcs de voitures des pays continentaux, nous avons utilisé les prévisions de la SETEC effectuées en 1967 (cf. § 6.21 du tome 2).

5.213 Résultats - Prévisions du trafic véhicules accompagnés à travers la Manche sans tunnel

Compte tenu des hypothèses précédentes, le trafic estimé des véhicules accompagnés, prévu à travers la Manche apparaît dans le tableau qui suit, où sont comparés nos résultats à ceux du rapport des fonctionnaires franco-britanniques d'août 1966 (Cf. § 7.1 du tome 2).

Trafic de véhicules à travers la Manche sans tunnel (en milliers)						
	1975		Présente étude	1985		Présente étude
	Rapport 1966			Rapport 1966		
	Hyp. forte	Hyp. faible		Hyp. forte	Hyp. faible	
Voitures	1 890	1 580	1 757	2 630	1 990	2 060
Autres véhicules	50	50	203	60	60	300
Total véhicules	1 940	1 630	1 960	2 690	2 050	2 360

Nous constatons que nos prévisions véhicules accompagnés sont sensiblement comprises dans la fourchette du rapport 1966. Cette dernière étude semble, par ailleurs, avoir sousestimé le trafic des autres véhicules.

5.22 Détournement du trafic par le tunnel

N'ayant pu mener de nouvelles enquêtes origine - destination, nous avons, comme pour les passagers ordinaires, actualisé les anciennes courbes d'affectation, compte tenu des modifications des tarifs et des temps de transports intervenues entre 1958 et les horizons futurs (cf. § 6.141 et § 7.21 du tome 2).

5.23 Engendrement de trafic et trafic de curiosité

Nous avons conservé la même formulation que celle de l'étude 1959 et ajusté les coefficients aux nouvelles conditions de transport. D'autre part, nous avons tenu compte lors des premières années de mise en service du tunnel, d'un trafic de "curiosité", (soit 5% des trafics engendré et détourné), (cf. § 7.21 du tome 2).

5.24 Trafic du tunnel aux horizons 1975 et 1985

A partir des hypothèses précédentes, nous avons obtenu les trafics des véhicules accompagnés détourné et engendré indiqués sur le tableau ci-dessous et nous les avons comparés à ceux de l'étude 1966 (cf. § 7.23 du tome 2).

Trafic des véhicules accompagnés par le tunnel aux horizons 1975 et 1985						
Désignations	Horizon 1975			Horizon 1985		
	Rapport 1966		Présente étude	Rapport 1966		Présente étude
	Hyp. forte	Hyp. faible		Hyp. forte	Hyp. faible	
Péage optimum (F. 1969)	107,50	107,50	105	107,50	107,50	120
1. Trafic détourné (coefficient de détournement)	1 610 (82,8 %)	1 308 (82,8 %)	1 732 (88,3 %)	2 240 (83,4 %)	1 673 (83,4 %)	2 154 (91,2 %)
2. Trafic engendré (coefficient d'engendrement / trafic total)	440 (23 %)	367 (23 %)	725 (37,0 %)	620 (23 %)	452 (23 %)	1 056 (44,7 %)
3. Trafic de curiosité	-	-	122	-	-	-
4. Trafic total	2 050	1 675	2 580	2 860	2 125	3 210

On note que :

- (i) le trafic détourné estimé est du même ordre de grandeur que celui de l'hypothèse forte du rapport 1966.
- (ii) le trafic engendré de l'étude 1966, provenant d'une réduction arbitraire du coefficient de l'étude 1959, est trop faible.
- (iii) le péage optimum tient compte d'un coefficient d'occupation des véhicules de 3,0 en 1975 et 2,9 en 1985, l'étude des fonctionnaires franco-britanniques n'ayant retenu qu'une valeur de 2,1.

5.25 Trafic et recettes du tunnel. Véhicules accompagnés

L'extrapolation des prévisions 1975 et 1985 nous ont permis d'effectuer les prévisions de trafic jusqu'en 2025. Ceci a été réalisé compte tenu des hypothèses exposées au § 7.3 du tome 2.

Trafic et recettes du tunnel - Véhicules accompagnés					
Années	Trafic du tunnel (en milliers)	Recettes de péage (en 10 ⁶ Francs 1969)	Recettes annexes	Recettes totales	Rapport 1966 (Hyp. forte) Recettes (10 ⁶ F. 69)
1975 sans curiosité	2 457	258	49	307	220
1975 avec curiosité	2 580	271	51	322	-
1985	3 210	385	64	449	306
1995	3 905	469	78	547	356
2005	4 540	545	91	636	-
2015	5 270	632	106	738	-
2025	6 110	733	122	855	-

Nous constatons que :

- (i) la part des recettes annexes dues à la vente de produits détaxés (20 F par véhicule accompagné) représente environ 15% des recettes.
- (ii) les recettes des véhicules accompagnés sont supérieures de 17% en 1975 et de 39% en 2005 à celles de l'hypothèse forte de l'étude 1966.

5.26 Trafic aux heures de pointe des véhicules accompagnés

Le trafic de la 30ème heure de pointe est généralement retenu pour l'étude de projets. Aussi avons-nous dû estimer ce coefficient (cf. § 5.15 du tome 2).

Nous avons retenu :

- (i) un coefficient pour la 30ème heure de pointe, évalué au pourcentage du trafic journalier moyen annuel, diminuant régulièrement de 30% en 1975 à 25% sur une période de 50 ans.
- (ii) un déséquilibre du trafic des heures de pointe par sens de 1/4 - 3/4.

Le trafic à la 30ème heure de pointe ainsi estimé pour le tunnel est le suivant :

Années	Trafic des véhicules accompagnés à travers le tunnel à la 30ème heure de pointe	
	2 sens	Sens le plus chargé
1975	2 120	1 590
1985	2 460	1 845
1995	2 890	2 165
2005	3 335	2 425
2015	3 680	2 760
2025	4 185	3 140

5.27 Remarque finale

Tout au long de cette étude, nous avons voulu conserver un caractère prudent à nos estimations. Nous avons toujours fait des choix devant nous conduire à des résultats par défaut; aucun détournement des lignes aériennes moyennes et longues, aucun engendrement du trafic passager, maintien des lignes maritimes existantes, en dépit des baisses de trafic résultant de l'ouverture du tunnel, élasticité du trafic des véhicules par rapport au parc automobile très prudente.

5.3 TRAFIC DE MARCHANDISES

Pour connaître le trafic sur les différentes routes aux années horizons, il était nécessaire d'élaborer tout d'abord des prévisions du trafic potentiel à travers la Manche par pays et par produit dans une nomenclature suffisamment détaillée. Aux termes de notre contrat deux horizons nous avaient été fixés les horizons 1975 et 1985.

5.31 Projections du commerce extérieur

5.311 La méthode qui a été utilisée dans cette étude consiste à placer le commerce extérieur d'un pays dans son contexte au moyen des tableaux d'échanges interindustriels (T.E.I.). On peut ainsi comparer l'évolution des différents agrégats économiques : consommation intermédiaire, consommation finale, formation brute du capital fixe, importations, exportations, et assurer la cohérence des évolutions globalement et au niveau de chaque branche.

La méthode que nous avons retenue comporte trois étapes successives de projections :

- (i) perspectives du commerce extérieur par branche, pour chaque pays, en monnaie constante.
- (ii) perspectives du commerce extérieur d'un pays donné par branche et par pays client ou fournisseur, en monnaie constante.
- (iii) Perspectives du commerce extérieur d'un pays donné, par pays client ou fournisseur et par produit dans une nomenclature très détaillée, en tonnage.

5.312 Les deux premiers niveaux de projections ont fait l'objet d'une étude très complète du Groupe d'Etudes Prospectives sur les Echanges Internationaux (G.E.P.E.I.) pour l'horizon 1975. Nous avons repris les résultats ainsi obtenus pour 1975 et nous les avons utilisés comme base des projections à l'horizon 1985.

5.32 Hypothèses nécessaires aux prévisions

5.321 *Prévisions des agrégats économiques*

Pour projeter aux divers horizons les agrégats économiques des différents pays, nous avons supposé que :

- l'évolution de la population et de la production intérieure brute de chacun d'eux serait continue,
- les techniques n'évolueraient pas si rapidement, que l'on constate en 1985 de véritables mutations de la structure des échanges interindustriels, des demandes finales, des demandes extérieures par branche.

5.322 *Prévisions des échanges par pays*

En ce qui concerne le cadre du commerce britannique avec les pays européens, nous avons admis, selon les termes de notre contrat, que les communautés économiques actuelles (CEE et AELE) ne subiraient pas de modifications; ceci implique notamment que la Grande-Bretagne n'adhérera pas au Marché Commun. On a donc seulement tenu compte dans les projections relatives à l'horizon 1975 de la réduction des tarifs douaniers prévue au terme du "Kennedy Round". Si de nouveaux accords économiques venaient à être conclus entre le Royaume-Uni et la CEE, notre évaluation du trafic serait une évaluation par défaut.

5.33 Perspectives du commerce extérieur par pays, en 12 branches

5.331 *Description sommaire du modèle GEPEI conduisant aux projections à l'horizon 1975 - Données de base et résultats.*

Les données de base relatives à l'année 1964 et les résultats, relatifs à l'horizon 1975, sont présentés sous la forme de deux séries de tableaux:

- (i) les tableaux d'échanges interindustriels (TEI) en 12 branches pour les 7 zones qui nous intéressent.
- (ii) les tableaux d'échanges interzones pour chacune des 12 branches de production considérées.

5.332 *Mise en oeuvre du modèle*

- (i) Le schéma est appliqué à des horizons successifs allant de trois ans en trois ans. C'est ce que les auteurs appellent un cheminement dynamique. Les données de l'année horizon d'une étape servent de base à la suivante. Entre chaque étape certaines hypothèses peuvent être modifiées pour corriger des déséquilibres financiers trop importants.
- (ii) L'originalité du modèle élaboré par le GEPEI réside dans la détermination de fonctions d'échanges interzones, équations qui ont été jointes à celles, classiques, traduisant les égalités comptables entre ressources et emplois par branche. Ces fonctions qui définissent l'accroissement des échanges entre deux zones, par branche, prennent en compte quatre effets qui influent sur l'évolution des échanges commerciaux de zone à zone.
 - effet mécanique de croissance, lié à l'évolution de la production.
 - effet d'implantation, lié aux mouvements de clientèle;
 - effet de concurrence, lié aux prix à la production et sur les marchés.
 - effet de spécialisation dans une branche.

5.333 *Projections à l'horizon 1985*

5.3331 Méthode

Nous avons projeté les tableaux d'échanges interindustriels à l'horizon 1985 à partir de données exogènes de production, d'importations et de demandes intérieures. Les exportations ont été déterminées à l'aide des équations d'équilibre ressources - emplois. A partir des valeurs globales des importations et des exportations nous avons ensuite projeté à l'horizon 1985 les matrices d'échanges interzones par branche déterminées pour l'horizon 1975 par le GEPEI.

5.3332 *Projection des tableaux d'échanges interindustriels à l'horizon 1985*

(i) *Productions par branche*

A partir d'hypothèses très fondées sur l'évolution des productions intérieures brutes par pays pour la période 1975-1985, et d'une hypothèse supplémentaire sur l'évolution des valeurs ajoutées par branche, nous avons projeté les valeurs ajoutées à l'horizon 1985, puis déterminé les productions.

(ii) Les importations

Nous avons projeté les importations par branche à l'horizon 1985, en tenant compte de l'effet mécanique de croissance, corrigé des trois autres effets pris globalement sous la forme d'un coefficient multiplicatif déterminé par branche à partir des résultats de l'étude du GEPEI relatifs à l'horizon 1975.

(iii) Les demandes finales

Les demandes finales des ménages ont été projetées à partir d'hypothèses sur l'évolution démographique, sur l'élasticité des consommations finales par tête par rapport au revenu par tête, et sur l'évolution des P.I.B.

Les autres postes de la demande finale ont été projetés en extrapolant la tendance 1964 - 1975, compte tenu des hypothèses sur l'évolution des PIB.

(iv) La demande intermédiaire

Avec l'hypothèse de l'invariance des coefficients techniques des T.E.I. entre les périodes 1964 - 1975 - et 1975 - 1985 nous avons déterminé les consommations intermédiaires par branche à partir des productions de chacune d'elles.

(v) Les exportations

Les exportations ont été déterminées par la résolution des équations d'équilibre des T.E.I. Dans certains cas, nous avons modifié certaines hypothèses de départ et réitéré nos calculs, afin d'assurer par pays et par branche, une parfaite cohérence entre les divers agrégats économiques.

5.3333 Perspectives d'échanges interzones par branche

Nous avons fait l'hypothèse que les matrices des échanges interzones évolueraient sous le seul effet de la modification des marges, qui sont les importations et les exportations totales des zones. Un mode de calcul simple a été mis au point, dont l'itération conduit à former une suite de matrices convergeant rapidement vers la solution recherchée.

5.334 *Prévisions détaillées des échanges par pays et par produit en tonnage*

5.3341 Méthode

- (i) Nous avons désagrégé les 10 branches en 44 sous-branches, après exclusion des produits considérés comme non tunnelables.
- (ii) Nous sommes passés des prévisions en valeur aux prévisions en tonnage.
- (iii) Nous avons déterminé des taux d'accroissement annuel des échanges par sous-branche, pour les deux périodes, à partir des trends sur les 8 dernières années.
- (iv) Nous avons projeté les échanges en 44 sous-branches aux divers horizons en assurant la cohérence de ces projections avec les perspectives de commerce en 10 branches établies en valeur comme il a été indiqué aux paragraphes 5.3332 et 5.3333.
- (v) Nos prévisions, faites relativement au Royaume-Uni, ont été réduites de la part afférente à l'Irlande du Nord, soit 2,85%; nous avons supposé que ce trafic serait toujours assuré par la voie maritime.

5.3332 Résultats et comparaison avec ceux du rapport franco-britannique de 1966

Catégorie de projection	Année horizon			
	1975		1985	
	Volume	Indice	Volume	Indice
1. Hypothèse forte du rapport franco-britannique de 1966	11,2	100	19,3	172
2. Hypothèse faible du rapport franco-britannique de 1966	10,3	100	16,0	155
3. Résultats obtenus dans cette étude	12,7	100	20,7	163

unité : 10⁶ tonnes
indice 100 = 1975

Les prévisions de trafic potentiel du tunnel de la présente étude sont plus élevées que celles de l'hypothèse forte du rapport de 1966. En revanche les rythmes d'accroissement de 1975 - 1985 sont assez comparables.

5.34 Perspectives de trafic et de recettes du tunnel

5.341 *Méthode retenue pour les onze produits principaux sélectionnés*

- (i) Pour chaque produit, nous avons déterminé les principales routes utilisées et les volumes de trafics correspondants, et calculé la différence de coût de transport par rapport à la route passant par le tunnel.
- (ii) Nous avons ensuite établi une courbe d'affectation par produit en fonction de la différence de coût de transport.
- (iii) Le pourcentage détournement a été calculé pour chaque route par interpolation sur la courbe d'affectation.

5.342 *Détermination des courbes d'affectation*

L'importance des avantages présentés par le tunnel est variable selon les utilisateurs pour lesquels les critères de choix du mode adopté diffèrent de l'un à l'autre. A partir de l'étude détaillée des divers avantages offerts par le tunnel, nous avons pu estimer des courbes d'affectation permettant de mesurer l'importance du détournement par le tunnel selon le niveau du péage.

5.3421 Méthode

Nous avons fondé l'estimation des courbes d'affectation sur une série d'enquêtes auprès des futurs utilisateurs du tunnel. La plupart des enquêtes ont été menées auprès de firmes exportatrices ou importatrices les plus importantes en Grande-Bretagne et sur le Continent.

5.3422 Les enquêtes

Nous avons rassemblé les renseignements suivants :

- (i) renseignements sur la firme, ses activités, son trafic de marchandises, avec la Grande-Bretagne pour les entreprises du continent, la zone du tunnel pour les entreprises britanniques.
- (ii) situation des transports à travers la Manche au niveau de la firme interviewée.

- (iii) liste et estimation des avantages offerts par le tunnel par rapport aux modes classiques d'acheminement utilisés actuellement par la firme. Dans cette dernière partie, l'analyse détaillée des avantages offerts par le tunnel a conduit à l'estimation du supplément maximum de coût de transport (que nous avons appelé bonus) en deçà duquel la firme affectera la quasi totalité de son trafic au tunnel. Ce bonus a été évalué selon les divers modes de transport : le roll on - roll off, le transcontainer, le cargo.

5.3423 Les avantages offerts par le tunnel

Par ordre décroissant d'importance, les avantages attendus du tunnel sont les suivants :

- (i) rapidité plus grande des livraisons, pour les produits élaborés en particulier
- (ii) sécurité plus grande dans le respect des délais de livraison
- (iii) limitation des détériorations
- (iv) réduction des frais d'assurances
- (v) réduction des frais d'emballage

5.3424 Principales hypothèses faites préalablement à l'étude des courbes d'affectation

Les hypothèses que nous avons faites sont les suivantes :

- (i) simplification des formalités douanières
- (ii) création de trains-blocs sur les principales liaisons
- (iii) augmentation du nombre de liaisons directes par wagons de groupage
- (iv) aménagement d'un statut du personnel de la société gérant le tunnel, réduisant l'éventualité de grèves
- (v) développement important de la containérisation au cours des années à venir

- (vi) mise en service, à l'ouverture du tunnel d'un parc suffisant de wagons susceptibles de circuler indifféremment en Grande-Bretagne et sur le continent.

5.3425 Les courbes d'affectation

- (i) Les courbes d'affectation trouvées peuvent être groupées en deux catégories :
- (a) les courbes relatives aux produits semi-finis de faible valeur et caractérisées par : un bonus faible ($0F/t < b < 4,8F/t$), une pente forte et un détournement de l'ordre de 80% en cas d'égalité de coût de transport.
- (b) les courbes relatives aux produits élaborés, de valeur sensiblement plus grande, caractérisées par : un bonus élevé ($11,2 F/t < b < 23,8 F/t$), une pente faible et un détournement voisin de 100% en cas d'égalité de coût de transport.
- (ii) Comparaison avec les résultats de 1959

Depuis 1959 les progrès techniques ont rendu les moyens de transports classiques plus compétitifs vis à vis du tunnel pour des produits qui n'ont connu que de faibles modifications au cours des dix dernières années, comme les produits semi-pondéreux ou ceux destinés à une transformation finale. Au contraire, par suite de leur niveau technique toujours plus poussé, les produits élaborés exigent des modes de transports en amélioration constante en raison de leur fragilité plus grande et de leur valeur plus élevée; aussi pour ces derniers la position compétitive du tunnel s'est maintenue, voir même améliorée dans certains cas.

5.343 *Etapes du calcul*

Nous avons procédé suivant les différentes étapes suivantes :

- (i) calcul des différences de coûts de transport conformément aux résultats de l'étude sur les coûts de transport (voir § 3.2 du tome 1).

24

(ii) estimation de la croissance du trafic sur une route donnée en fonction des quatre paramètres suivants :

- le sens du trafic
- le pays d'origine et de destination
- le produit considéré
- la région britannique d'origine ou de destination

(iii) codification des routes

De façon à pouvoir analyser les détournements en fonction des divers critères caractérisant les routes, nous avons retenu les paramètres suivants qui interviennent dans la définition des routes : les sens de trafic, les produits, les pays, les régions et les villes d'origine ou de destination, les ports de transit sur le continent ou en Grande-Bretagne.

5.344 *Péage et tarification*

(i) Les systèmes de tarification

En 1959 il avait été adopté un péage à la tonne variable selon les produits. En 1966, par souci d'ajuster les tarifs sur les prix de revient, les fonctionnaires français et britanniques avaient proposé un péage unique à la tonne. Dans la présente étude, nous avons adopté un péage unique par container qui rapproche davantage encore les tarifs des prix de revient, tenant compte non plus du poids mais de l'encombrement de la marchandise.

(ii) Estimation et signification du péage optimum à partir du tracé de la courbe représentant la variation des recettes en fonction du péage.

Nous avons estimé avec précision un péage optimum de 195 F et 200 F par container respectivement pour les années 1975 et 1985. Nous avons adopté 197 F par container comme valeur moyenne valable sur toute la période 1975-1985. Ce péage couvre :

- la rémunération des investissements
- les frais d'exploitation du tunnel.

5.345 *Analyse des résultats pour le péage optimum*

5.3451 Résultats généraux

L'examen des résultats généraux, dont les principaux figurent dans le tableau ci-après, appelle quelques remarques :

- (i) les recettes augmentent de 6,85% par an de 1975 à 1985.
- (ii) l'étude de la variation des recettes en fonction du péage fait apparaître une relative stabilité du montant des recettes quand le péage varie autour de la valeur optimum. Ceci prouve la solidité de la position du tunnel face à ses concurrents.
- (iii) alors que le trafic potentiel est déséquilibré en tonnage, les importations étant supérieures aux exportations, le trafic détourné est à peu près équilibré en nombre de containers par le jeu des charges par container variables d'un produit à l'autre.

Trafic détourné et recettes correspondantes en 1966, 1975 et 1985 selon le sens des échanges									
	Année 1966			Année 1975			Année 1985		
	Trafic détourné		Recettes en milliers de francs	Trafic détourné		Recettes en milliers de francs	Trafic détourné		Recettes en milliers de francs
	Nombre de containers	% du total		Nombre de containers	% du total		Nombre de containers	% du total	
1. Importations britanniques	86 081	41,9	16 958	174 354	45,5	34 348	350 409	50,6	69 031
2. Exportations britanniques	62 444	34,2	12 301	168 897	41,0	33 273	309 423	44,9	60 957
3. Ensemble des échanges (Total 1 + 2)	148 525	38,2	29 259	343 251	43,2	67 621	659 832	47,7	129 988

5.3452 Résultats détaillés

(i) Résultats par produit

Plus de 50% du trafic est constitué de machines et de véhicules routiers. Les fruits et légumes, et les produits chimiques de base représentent chacun 10% du trafic; les 30% restants étant à répartir entre les 7 autres produits sélectionnés.

Les coefficients de détournement varient en moyenne de 18% pour le fer et l'acier à 70% pour les produits les plus élaborés. L'adoption d'un système de péage différencié par produit entraînerait une augmentation des recettes de 4,4% et une diminution du trafic de 2,8%.

(ii) Résultats par pays continental et région continentale

En 1975, l'Allemagne, la France et l'Italie représentent chacune en moyenne 25% du trafic, l'ensemble Suisse-Autriche, la Belgique et l'Espagne (pour les deux produits sélectionnés) représentent chacune en moyenne 7% du trafic. Les Pays-Bas ne représentent que 2,4% du trafic du tunnel.

L'examen des coefficients de détournement met bien en évidence l'importance de l'influence de la position géographique continentale : 6,3% pour les Pays-Bas, 30% en moyenne pour la Belgique et l'Espagne, 50% en moyenne pour les zones à caractère continental, la France, l'Allemagne et l'ensemble Suisse-Autriche, 75% pour l'Italie. Le coefficient de détournement est plus élevé pour les régions continentales qui sont dans l'axe du tunnel, plus faible pour les régions côtières de la Manche et de la Mer du Nord, et diminue à mesure que la région est plus éloignée de l'axe du tunnel.

(iii) Résultats par région britannique

La région "Sud-Est" avec Londres pour centre représente 50% du trafic. Les régions de Birmingham et de Manchester-Liverpool représentent chacune en moyenne 16,5% du trafic. Les 17% du trafic restants se répartissent entre les sept autres régions. Le coefficient de détournement passe de 58% pour la région "Midland Ouest", privée de façade maritime à 48% en moyenne pour les régions dans l'axe du tunnel, et à 23% pour les autres régions au sud-ouest et au nord-est de cet axe.

(iv) Résultats par port continental

Le coefficient de détournement est très élevé pour Dunkerque (92%) et les ports méditerranéens; assez élevé pour les ports allemands, qui ne sont généralement pas les ports de transit correspondant à la route la plus directe. Ce coefficient s'abaisse progressivement à mesure que le port considéré est plus éloigné de l'axe du tunnel. Il n'est plus que de 27% pour les ports hollandais.

(v) Résultats par port britannique

Le coefficient de détournement est très élevé pour Douvres (82%) ce coefficient s'abaisse progressivement à mesure que le port considéré est plus éloigné de l'axe du tunnel vers l'ouest ou vers le nord. Il augmente à nouveau pour les ports de la côte ouest.

5.346 *Autres sources de recettes pour le tunnel*

Trois sources de recettes supplémentaires pour le tunnel peuvent être retenues :

- le trafic postal
- le trafic constitué par les autres produits non sélectionnés pour faire l'objet de l'étude détaillée
- le trafic en provenance ou à destination d'autres pays que ceux retenus dans l'étude détaillée.

5.3461 Trafic postal

(i) Hypothèses

Nous avons exclu les lettres et cartes postales qui sont actuellement exclusivement transportées par voie aérienne. Nous avons aussi exclu les trafics de poste aux lettres (imprimés, périodiques) et de colis postaux en provenance ou à destination du Bénélux et de l'Allemagne, un détournement étant peu probable pour ces trafics. Pour ces deux derniers types de trafic nous avons supposé que la part de la voie aérienne dans le trafic total évoluerait assez peu.

Nous avons admis l'hypothèse d'une containerisation totale du trafic postal

Nous avons enfin supposé que les trafics transitant par les ports français seraient totalement détournés.

(ii) Perspectives de trafic postal aux horizons 1975 et 1985

Nous avons estimé aux horizons étudiés les divers trafics. Le trafic de "poste aux lettres" devrait s'accroître de 5,8% de 1968 à 1985;

quant au trafic de colis postaux, nous avons admis qu'il resterait constant, comme on l'a déjà remarqué au cours du passé récent.

(iii) Péage par container

Le péage optimum de 197 F par container a été conservé pour le trafic postal, car il représente sensiblement la différence entre le coût de transport par le tunnel et le coût de transport par la route concurrente actuelle.

(iv) Recettes procurées par le trafic postal et comparaison avec l'étude de 1959

Recettes du tunnel pour le trafic postal aux horizons 1975 et 1985						
Trafic	Année 1975			Année 1985		
	Tonnage	Nombre de containers	Recettes en 10 ⁶ F	Tonnage	Nombre de containers	Recettes en 10 ⁶ F
Importations	9 421	1 863	0,370	15 381	2 878	0,570
Exportations	14 216	2 900	0,570	20 269	3 933	0,770
Total	23 537	4 763	0,940	35 650	6 811	1,340

On constate que les recettes totales à escompter du trafic postal sont faibles : 0,940 MF en 1975 et 1,340 MF en 1985, soit de l'ordre de 0,8% des recettes totales escomptées.

Les recettes escomptées dans le rapport de 1959 étaient très sensiblement supérieures à l'évaluation de notre étude puisqu'elles étaient de 2,2 millions de francs 1959. Mais elles restaient constantes au cours de toute la période 1957-1980, ce qui nous semble peu fondé. La présente étude prévoit un accroissement annuel de 3,6%.

5.3462 Etude du détournement des produits autres que ceux étudiés spécifiquement

Nous avons distingué deux catégories parmi les autres produits :

- les sous-branches qui avaient été considérées en 1959
- les sous-branches qui n'avaient pas été considérées en 1959

(i) Etude des sous-branches déjà considérées en 1959

Pour l'étude des sous-branches prises en compte en 1959 (au nombre de seize) nous avons effectué une actualisation de l'étude qui avait été faite en 1959. Toutefois cette actualisation n'est que partielle dans la mesure où nous avons conservé les mêmes routes et les mêmes valeurs relatives des trafics sur ces dernières. Nous avons conservé un péage optimum de 197 F par container, valeur qu'on peut vraisemblablement estimer proche de celle du péage optimum, tous produits pris en compte.

Pour tous les produits nous avons déterminé une courbe d'affectation, soit par analogie avec l'un des onze produits principaux, dans le cas où l'affectation se faisait par tout ou rien dans le rapport EIU 1959, soit en actualisant la courbe d'affectation retenue en 1959 dans ce même rapport.

(ii) Analyse des sous-branches non étudiées en 1959

Pour ces sous-branches nous ne disposons ni de route ni de courbe d'affectation. En considérant les trois critères suivants :

- valeur de la marchandise
- nature de la marchandise
- charge nette d'un container de marchandise

nous avons recherché un produit parmi les onze produits principaux ou les seize dont nous avons parlé au paragraphe précédent auxquels on puisse assimiler le produit étudié quant au détournement. Nous avons affecté à ce produit les coefficients de détournement relatifs au produit-type pris globalement pour les deux sens par pays.

(iii) Analyse des résultats

Trafic détourné et recettes correspondantes pour les années 1975 et 1985 par produit						
Produit	Année 1975			Année 1985		
	Trafic détourné		Recettes en 10 ⁶ F	Trafic détourné		Recettes en 10 ⁶ F
	Nombre de containers	% du total		Nombre de containers	% du total	
Anciens tunne- lables	90 031	45,1	17,8	157 450	48,8	29,1
Nouveaux tunne- lables	42 923	27,4	8,4	64 292	32,6	14,6
Total	132 954	37,3	26,2	221 742	42,6	43,7

Le tableau ci-dessus appelle les quelques remarques suivantes :

Si on rapporte le montant des recettes procurées par les produits anciens tunnelables aux recettes totales (101,5 MF en 1975), on constate que leur part est d'environ 18% (voir le tableau du § 5.347 du présent tome). Cette part est nettement plus importante qu'en 1959 puisqu'elle n'était alors que 11% du total. Cette différence résulte de la détermination systématique pour chaque produit d'une courbe d'affectation, différente de celle par tout ou rien, adoptée dans plusieurs cas en 1959 par l'EIU.

Le coefficient de détournement des nouveaux tunnelables est sensiblement plus faible que celui des anciens. Ces derniers sont en effet principalement des produits pondéreux (engrais manufacturés, lubrifiants)

5.3463 Etude du détournement relatif aux autres pays.

(1) Choix des autres pays

Dans la péninsule ibérique nous avons retenu l'Espagne, mais éliminé le Portugal, compte tenu des résultats obtenus relatifs aux deux produits étudiés de manière détaillée. Parmi des pays de l'Est, nous avons retenu la Tchécoslovaquie, la Hongrie, la Roumanie et la Yougoslavie. Nous n'avons pas retenu la Pologne et l'URSS en raison

de leurs situations géographiques très défavorables au tunnel. Nous avons négligé l'Allemagne de l'Est en raison de la faiblesse de ses échanges avec la Grande-Bretagne, d'autant plus que le coefficient de détournement ne devrait pas dépasser 10 à 12%.

(ii) Méthode utilisée pour l'étude des autres pays

Nous avons analysé les échanges entre la Grande-Bretagne et chacun des pays envisagés et nous les avons regroupés en trois catégories, de manière à pouvoir déterminer pour chacune une courbe d'affectation moyenne significative. Pour chacune d'elles nous avons aussi déterminé la charge nette par container dans chaque sens.

Nous avons établi des perspectives globales d'échanges aux horizons 1975 et 1985 entre la Grande-Bretagne et chacun des pays en distinguant seulement les sens de trafic. Nous sommes partis des séries chronologiques observées sur la période 1960-1968 et des prévisions de GEPEI pour l'horizon 1975 pour les deux ensembles, pays de l'Est (URSS exclue), et Reste de l'Europe de l'Ouest (englobant entre autres l'Espagne et la Yougoslavie).

Dans les pays de l'Est, nous avons pris une seule origine ou destination, car les routes continentales sont très voisines quelle que soit la ville de départ ou d'arrivée. Au contraire pour l'Espagne nous avons diversifié les origines ou destinations, les routes pouvant être assez différentes d'une ville à l'autre. Il était en revanche important dans les deux cas de diversifier les origines ou destinations britanniques, le tronçon maritime ou le tronçon terrestre des routes en Grande-Bretagne pouvant être très variable d'une ville britannique à l'autre à partir d'une même ville continentale.

Nous avons calculé les différentielles de coûts de transport, pour les routes choisies précédemment et chaque catégorie de produits. Nous avons fait l'hypothèse que des trains complets seraient formés au départ et à destination de Cerbère et Hendaye. Nous avons alors calculé les détournements par interpolation sur la courbe d'affectation pour chaque catégorie, dans chaque sens, et déduit les recettes correspondantes.

(iii) Analyse des résultats

Les résultats dont les principaux figurent dans le tableau ci-après appellent les quelques remarques suivantes :

Les recettes procurées par le trafic détourné en provenance ou à destination des autres pays représentent en 1975 6,8% des recettes totales qui s'élèvent à 101,5 MF et passent en 1985 à 8% du montant total qui est de 190,1 MF. Elles s'accroissent assez fortement (8,3% par an) car les échanges entre la Grande-Bretagne et ces pays progressent rapidement.

Trafic détourné et recettes correspondantes pour les années 1975 et 1985 par pays						
Pays	Année 1975			Année 1985		
	Trafic détourné		Recettes en 10 ⁶ F	Trafic détourné		Recettes en 10 ⁶ F
	Nombre de containers	% du total		Nombre de containers	% du total	
Tchécoslovaquie	4 226	16,8	0,8	8 152	17,3	1,6
Hongrie	1 336	15,7	0,3	2 813	15,9	0,5
Roumanie	3 400	15,9	0,7	9 933	15,4	2,0
Yougoslavie	6 855	36,1	1,3	13 537	36,3	2,7
Espagne	18 640	18,9	3,7	42 158	18,8	8,3
Total	34 457	20,0	6,8	76,593	19,6	15,1

(ii) Les coefficients de détournement pour les trois pays de l'Est, Tchécoslovaquie, Hongrie, Roumanie, sont très voisins, car la distance assez grande qui les sépare de la Grande-Bretagne tend à faire disparaître l'effet d'implantation géographique. Pour la Yougoslavie, qui, des cinq nouveaux pays est située le plus près de l'axe du tunnel, le coefficient de détournement est pratiquement double des autres.

(iii) Dans le cas de l'Espagne, les différences entre les coefficients de détournement d'une région à l'autre montrent assez l'importance de cette distinction. De 52,2% pour la région de Barcelone, il passe à 0,6 pour la région du Nord - Ouest dont la ville la plus importante est Bilbao.

5.347 *Synthèse des principaux résultats obtenus et conclusion*

(i) Trafic et recettes totales du tunnel en 1975 et 1985.

Les principaux résultats sont récapitulés dans le tableau ci-après :

Recettes et trafics du tunnel aux années horizons 1975 et 1985

Source du trafic	Année 1975				Année 1985			
	Tonnages (en tonnes métriques)	Nombre de containers	Recettes (en millions de F 1969)	% des recettes ou des nombres de containers	Tonnages (en tonnes métriques)	Nombre de containers	Recettes (en millions de F 1969)	% des recettes ou des nombres de containers
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Produits principaux	3 010 900	343 300	67,6	66,6	5 712 000	659 800	130,0	68,4
2. Autres produits	1 662 000	133 000	26,2	25,8	2 720 500	221 700	43,7	23,0
3. Trafic postal	23 600	4 800	0,9	0,9	35 700	6 800	1,3	0,7
4. Trafic avec les pays extérieurs à la zone du tunnel	417 800	34 500	6,8	6,7	931 500	76 600	15,1	7,9
5. Trafic total (1 à 4)	5 114 300	515 600	101,5	100,0	9 399 700	964 900	190,1	100,0

(ii) Perspectives jusqu'à l'horizon 2025.

Pour tenir compte de la saturation des marchés des pays de la zone du tunnel, du fléchissement inévitable de l'accroissement de la population de ces pays, le taux d'accroissement annuel du trafic potentiel devrait s'abaisser de 5% en 1985 à 1,5% en 2005 et demeurer constant au delà de cet horizon.

Pour tenir compte de l'augmentation de la part des produits élaborés dans l'ensemble des échanges, mais aussi de l'obsolescence du tunnel à partir de 2005 qui aura pour conséquence de contrarier le premier effet de croissance, le coefficient de détournement devrait atteindre son maximum en 2005 (44%), puis décroître jusqu'à 42% en 2025.

Les échanges avec les pays autres que ceux de la zone du tunnel devraient s'accroître plus rapidement que ceux avec les pays de la zone du tunnel, leurs marchés étant encore loins de la saturation. Globalement nous avons admis une croissance plus rapide des recettes procurées par ces trafics.

En raison de l'importance croissante de la part des produits élaborés dans l'ensemble des échanges la charge par container devrait décroître de 9,81 tonnes en 1975 à 9,10 tonnes en 2025.

Nous avons admis que le péage resterait constant en francs 1969 de 1975 à 2025.

Compte tenu de ces différentes hypothèses nous avons établi des prévisions de recettes jusqu'à l'horizon 2025. (cf. tableau § 5.4 du présent tome).

(iii) Comparaison des résultats de cette étude avec ceux du rapport de 1966. (cf. tableau ci-après).

Les tonnages potentiels et détournés estimés dans la présente étude sont légèrement supérieurs à ceux retenus dans l'hypothèse forte du rapport de 1966. Cette différence s'accroît à partir de 2005, en raison de la constance du trafic au delà de l'année 2005 admise dans le rapport de 1966, qui ne nous semble nullement justifiée. Pour la période 1975-1985, les coefficients de détournement retenus dans les deux études sont comparables. Mais l'invariance de ce coefficient dans le temps retenue en 1966 ne nous paraît pas justifiée.

Compte tenu de l'effet d'inflation le péage optimum par tonne de la présente étude est inférieure de 30% à celui retenu dans le rapport de 1966.

Les recettes escomptées sont dans les premières années inférieures à celles de l'hypothèse faible du rapport 1966 et deviennent sensiblement égales à celles-ci vers 1985; en 2005 elles atteignent celles de l'hypothèse forte du rapport de 1966; en 2025 elles sont très nettement supérieures à celles de l'hypothèse forte.

5.348 *Sécurité des prévisions effectuées dans cette étude*

Chaque fois qu'il a fallu faire des choix nous avons retenu l'option qui était la plus sévère pour le tunnel, de façon que les résultats obtenus puissent être considérés comme solidement fondés. Les principales options dont nous voulons parler sont les suivantes :

- (i) Containerisation totale du trafic potentiel. Pour la part du trafic non containerisée les différentielles de coût de transport devraient être plus favorables au tunnel.
- (ii) calcul des coûts de transport à partir des prix de revient et non des tarifs.
- (iii) engendrement de trafic de marchandises. Ce problème n'a pas été abordé, mais on peut penser que la baisse du péage de 1966 à 1969 devrait accroître son importance.

Comparaison des résultats du rapport de 1966 (hypothèses faible et forte)
à ceux obtenus dans cette étude.
Trafics potentiel et détourné et recettes selon les années horizons

Années	Trafic potentiel (en millions de tonnes)			Trafic détourné (en millions de tonnes)			Recettes (en millions de francs 1969)		
	Rapport 1966 hypothèse forte	Rapport 1966 hypothèse faible	Présent rapport (1)	Rapport 1966 hypothèse forte	Rapport 1966 hypothèse faible	Présent rapport (1)	Rapport 1966 hypothèse forte	Rapport 1966 hypothèse faible	Présent rapport (2)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1975	11,2	10,3	13,1	4,49	4,13	4,67	132,8	123,1	101,5
1985	19,3	16,0	21,3	7,73	6,42	8,42	229,0	189,0	190,1
1995	28,5	21,5	32,3	11,43	8,58	13,50	339,1	254,9	313,2
2005	38,0	25,7	43,4	15,14	10,29	18,57	448,2	304,6	439,7
2015	38,0	25,7	50,4	15,14	10,29	21,07	448,2	304,6	506,7
2025	38,0	25,7	58,5	15,14	10,29	23,86	448,2	304,6	582,8

(1) Les trafics potentiels et détournés figurant en colonnes 4 et 7 se rapportent aux échanges entre le Royaume-Uni et la zone du tunnel ce qui paraît être la meilleure base de comparaison avec le rapport de 1966.

(2) Les chiffres figurant en colonne 10 sont les recettes totales escomptées. Elles tiennent compte du commerce avec les pays de l'Est et l'Espagne.

5.4 RECAPITULATION DES PERSPECTIVES DE TRAFIC ET DE RECETTES

Le tableau ci-après récapitule les perspectives de trafic et de recettes du tunnel par catégorie de trafic : passagers, véhicules accompagnés et marchandises.

Trafic et recettes aux différentes années horizons par catégorie de trafic						
Année / Catégorie de trafic	1975	1985	1995	2005	2015	2025
<u>Passagers ordinaires</u>						
Trafic (en milliers de passagers)	3 372	3 776	4 371	4 520	2 645	4 825
Recettes						
Montant (en millions F69)	101	132	153	158	162	169
% du total	19,3	17,1	15,1	12,8	11,5	10,5
<u>Véhicules accompagnés</u>						
Trafic (en milliers de véhicules)	2 580	3 210	3 905	4 540	5 270	6 110
Recettes						
Montant (en millions F69)	322	449	547	636	738	859
% du total	61,4	58,2	54,0	51,5	52,5	53,3
<u>Marchandises</u>						
Trafic (en millions de tonnes)	4,67	8,42	13,50	18,57	21,07	23,86
Recettes						
Montant (en millions F69)	101	190	313	440	507	583
% du total	19,3	24,6	30,9	35,7	36,0	36,2
<u>Recettes totales</u>						
Montant (en millions F69)	524	771	1 013	1 234	1 407	1 611
% du total	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

ANNEXE 1

L'EVOLUTION DES MOYENS DE TRANSPORT ET LES
TECHNIQUES NOUVELLES

1 INTRODUCTION

- (i) L'objet de cette annexe est d'examiner les possibilités de développement d'un certain nombre de techniques nouvelles de transport qui, lorsqu'elles seront devenues opérationnelles sur une grande échelle, peuvent modifier assez sensiblement les conditions de concurrence entre moyens de transport pour la traversée de la Manche.
- (ii) Les techniques qui sont étudiées ici s'appliquent principalement au transport des passagers et des véhicules accompagnés. Il s'agit :
- des trains de voyageurs à grande vitesse;
 - des transports aériens par appareils à décollage et atterrissage courts ou verticaux;
 - des transports maritimes par aéroglisseur.
- (iii) Ces trois techniques ont en commun le fait de soulever des problèmes technologiques extrêmement complexes et variés, donc de conduire à des coûts d'investissement extrêmement élevés. En contrepartie, on espère en tirer une amélioration des vitesses pratiques qui permettrait :
- d'attirer la partie de la clientèle qui est sensible à des gains de temps et est prête à payer un certain supplément de prix en contre-

partie;

- dans une certaine mesure, de compenser l'investissement élevé par une meilleure rotation du matériel, donc par des économies de coût d'exploitation.

- (iv) Il est difficile de conclure définitivement sur l'avenir de techniques qui, dans le cas le plus favorable (celui des aéroglisseurs), n'ont pas dépassé le stade des toutes premières tentatives d'exploitation commerciale. Cependant, les études multiples qui ont été faites ou qui sont en cours dans différents pays permettent de dégager certaines conclusions sur l'évolution prévisible au cours des prochaines années.

2 LES TRAINS DE PASSAGERS A GRANDE VITESSE

2.1 Généralités

- (i) Des études sur les trains de passagers circulant à grande vitesse (250 à 300 km/h selon les projets) sont en cours aussi bien en Grande-Bretagne qu'en France. Elles semblent d'ailleurs avoir atteint en France un stade plus avancé, qui a permis à la SNCF de réaliser des études préliminaires assez poussées sur la ligne Paris-Lyon et d'aborder l'étude des liaisons vers le Nord (Paris-Lille, Paris-Bruxelles, Paris-Calais).

- (ii) Les projets étudiés par la SNCF ont les caractéristiques suivantes :

- utilisation d'un matériel adapté à des vitesses de pointe de 300 km/h;
- nécessité, à ces vitesses, d'utiliser une ligne nouvelle en raison des caractéristiques à donner au tracé en plan et au profil en long, et de l'impossibilité de combiner la circulation de ces rames avec une forte densité de trains conventionnels;
- utilisation, dans les zones urbaines à proximité des extrémités de la ligne, des voies existantes; ceci conduit évidemment à limiter dans ces zones la vitesse à celle des trains classiques, mais sur des distances assez courtes.

La perte de temps ainsi occasionnée, sans être négligeable, n'empêche pas ce mode de transport de rester compétitif avec l'avion pour les temps de transport entre centres de villes. Si par exemple la distance en cause est de 30 kilomètres à chaque extrémité, à parcourir

à 120 km/h, la perte sera de l'ordre de 30 minutes pour une économie d'investissement extrêmement importante.

Grâce à cette dernière caractéristique, les coûts de cette infrastructure nouvelle restent assez modérés. Selon ces premières estimations de la S.N.C.F. pour la ligne Paris-Lyon, ils seraient pour cette ligne d'environ un milliard de francs, soit 2.500.000 francs/kilomètre.

- (iii) Les études d'exploitation et les études économiques qui ont été poussées par la S.N.C.F. à un stade assez avancé sur la liaison Paris-Lyon, lui ont permis de conclure qu'il était possible, dans l'état actuel de la technique, d'assurer la liaison en première et en seconde classe à des tarifs voisins des tarifs actuels, grâce à la rotation extrêmement élevée du matériel roulant qui pourra être obtenue.
- (iv) Du côté britannique, les études ont pris une orientation différente, axée sur l'utilisation quasi générale des voies existantes, sauf en ce qui concerne quelques aménagements de courbes. Il en résulte une vitesse limitée en général à environ 250 km/h.

2.2 LE PROJET DE LIAISON PARIS-LONDRES

- (i) Le projet Paris-Londres dont l'étude est actuellement menée par la S.N.C.F. en liaison avec les British Railways comporte l'établissement d'une ligne nouvelle en territoire français, et l'utilisation des voies existantes en territoire britannique.

Cette dernière disposition ne présente pas d'inconvénient majeur, car il se trouve que la ligne actuelle, entre la sortie de l'agglomération Londonnienne et le débouché projeté du tunnel, permet une vitesse de 300 km/h. Le temps de la liaison Paris-Londres, pour une distance de 450 km, est évalué à 2 heures 45 minutes, avec une hypothèse de vitesse de 160 km/h dans la traversée du tunnel.

- (ii) Le coût des infrastructures à créer en France est estimé par la S.N.C.F. à environ 600 millions de francs, dont la moitié (entre Paris et Arras) pour la construction d'un tronç commun également utilisable pour les liaisons vers Lille et Bruxelles.

- (iii) La S.N.C.F. estime par ailleurs, comme dans le cas de la liaison Paris-Lyon, être en mesure de pratiquer un prix de vente égal à celui actuellement pratiqué, à l'exclusion du péage pour l'utilisation du tunnel qui s'y ajouterait.
- (iv) Les seules considérations techniques et économiques conduisaient donc la S.N.C.F. à considérer cette liaison comme parfaitement réalisable, et susceptible le cas échéant d'entrer en service en même temps que le tunnel, les délais de réalisation devant être inférieurs pour la voie ferrée. Mais les contraintes financières risquent de repousser la réalisation de ce projet à une date qu'il est à l'heure actuelle impossible de situer même approximativement, puisqu'il faut en premier lieu que le gouvernement prenne la décision de principe de lancer la construction d'un réseau de voies pour trains rapides, et ensuite que soit défini l'ordre de priorité entre les différentes lignes.

En raison de ces incertitudes, notre client nous a demandé, de ne pas retenir dans cette étude l'hypothèse d'une liaison Paris-Londres par train rapide. Les hypothèses de temps de transport qui ont été retenues correspondent donc à des circulations de trains conventionnels et de rames du type TEE ne nécessitant pas d'infrastructure nouvelle.

3 LES AVIONS A DECOLLAGE ET ATERRISSAGE COURTS ET VERTICAUX

3.1 Généralités

La seule forme opérationnelle de ces appareils a, jusqu'à présent, été constituée par l'hélicoptère. Malgré ses applications extrêmement nombreuses dans le domaine militaire et dans celui de la sécurité civile, celui-ci n'a pu, en raison de son coût élevé et d'autres contraintes (bruit, sécurité), s'implanter comme moyen de transport commercial que dans des circonstances exceptionnelles. En particulier, la seule tentative d'exploitation à grande échelle sur des liaisons interurbaines, effectuée par la SABENA, a été abandonnée, le déficit dépassant la limite admissible pour ce qui était en fait, dans l'esprit de ses promoteurs, une opération publicitaire.

Dans ces conditions, l'espoir de voir apparaître des services réguliers sur des liaisons interurbaines courtes, dont Paris-Londres constitue l'exemple

type, est justifié par les progrès possibles dans le domaine des avions à décollage vertical ou court, qui, combinant certaines caractéristiques de l'avion et de l'hélicoptère, pourraient conduire à des coûts d'exploitation intermédiaires.

Nous avons fait, à l'occasion de la présente étude, le point de l'état actuel des recherches, grâce aux renseignements recueillis auprès du Secrétariat Général à l'Aviation Civile en France et du Ministère de la Technologie en Grande-Bretagne, ainsi qu'à différentes études sur la technologie et l'économie de ces appareils, réalisées aux Etats-Unis à l'initiative de la Federal Aviation Agency.

3.2 Estimation des coûts de transport

Les diverses évaluations que nous avons pu examiner convergent pour conclure que les appareils VTOL^(a) ou STOL^(b) devraient conduire, sur la distance de Paris à Londres (350 kilomètres environ), des coûts d'exploitation de l'ordre de 20 à 25 centimes par siège-kilomètre, soit, dans une hypothèse d'occupation de 50%, 40 à 50 centimes par passager-kilomètre. Ceci correspond, pour le trajet Paris-Londres, à un prix de revient de 140 à 175 francs, donc à un prix de vente qui serait peu supérieur au tarif actuel des avions classiques (148 francs en juillet 1969). (Mais le tarif de ceux-ci, exprimé en francs constants, doit décroître régulièrement, donc l'écart serait dans quelques années plus important).

Sur le plan économique, une liaison régulière serait donc susceptible d'attirer une partie de la clientèle actuelle de l'aviation classique et de l'acheminer dans des conditions acceptables de rentabilité. Cependant, cette clientèle serait celle qui accorde au temps la valeur la plus élevée, donc celle qui est peu susceptible d'être détournée par le tunnel (du moins dans l'hypothèse retenue dans cette étude selon laquelle la liaison Paris-Londres par train à grande vitesse ne serait pas réalisée).

(a) VTOL : vertical take off and landing

(b) STOL : short take off and landing

3.3 Autres problèmes

Les estimations de coût qui viennent d'être données, résultent de calculs théoriques effectués à partir d'études préliminaires, et ne correspondent pas à un appareil précis qui serait en mesure d'être commercialisé dans un avenir proche. Etant donné l'importance et le sérieux de ces études, on peut penser qu'un avion, susceptible de voler aux coûts indiqués, pourra effectivement être mis au point dans quelques années; mais, pour qu'il puisse rendre les services attendus sur les liaisons interurbaines, il faudrait également que soient résolus deux problèmes fondamentaux :

- celui du bruit, qui est dans l'état actuel des techniques inacceptable pour une exploitation dans le centre des villes;
- celui de la sécurité, pour laquelle il est indispensable d'atteindre un niveau équivalent à celui de l'aviation classique.

Ces deux problèmes sont loin d'être résolus, et il est pratiquement impossible de prévoir à quelle date ils pourraient l'être. Ils risquent donc de retarder pendant de nombreuses années la commercialisation de ces appareils.

Enfin, une fois résolu le problème des avions, il restera évidemment celui des plateformes. On considère que l'utilisation de tels appareils sur les aérodromes actuels permettrait d'en augmenter la capacité. Mais ceci ne modifierait pas sensiblement la nature du service, du point de vue de l'utilisateur, et ne nous intéresse donc pas directement dans cette étude. L'utilisation pour des liaisons entre centres de villes, qui seule constituerait un mode de transport véritablement nouveau, demande des plateformes spécialisées situées dans des zones très denses. La dimension de ces plateformes dépendra des caractéristiques des appareils (VTOL pur ou STOL), et du volume de trafic, mais elle sera certainement de l'ordre de plusieurs centaines de mètres de diamètre. La recherche de sites convenables s'avère extrêmement difficile aussi bien à Paris qu'à Londres, et aucune solution précise n'est en vue.

3.4 Conclusions

En raison de toutes les incertitudes qui viennent d'être évoquées, il nous paraît justifié de ne pas tenir compte de l'influence possible de ce mode de transport sur le trafic du tunnel sous la Manche. En tout cas, cette influence serait faible, puisqu'il n'y aurait concurrence sur une grande échelle que dans l'hypothèse où existerait une liaison à travers la Manche par train à grande vitesse, hypothèse que nous ne retenons pas ici.

4 LES AÉROGLISSEURS

Contrairement aux deux techniques précédentes qui n'ont pas dépassé le stade des études ou des essais, les aéroglisseurs sont déjà exploités de façon régulière dans différents pays, et en particulier pour la traversée de la Manche.

4.1 Historique :

Les premières études sur les aéroglisseurs marins ont débuté presque simultanément* en France et en Grande-Bretagne entre 1950 et 1955; les constructeurs britanniques lancèrent le premier prototype (SRN 1) il y a à peu près dix ans et, peu après, ce bâtiment franchit la Manche à la vitesse de 25 noeuds (25 juillet 1959).

Depuis, des services réguliers ont été mis en place sur les côtes de Grande-Bretagne (notamment SRN 5 sur le Solent)** et de France (N 300 à Nice).

A l'heure actuelle et depuis 1968, il existe deux liaisons à travers la Manche par aéroglisseur (type SRN 4) entre Boulogne et Douvres d'une part, Calais et Ramsgate d'autre part.

L'emploi des aéroglisseurs se généralise, par ailleurs, aux U.S.A. pour les liaisons côtières et le franchissement de bras de mer ou d'embouchures. Signalons enfin qu'il existe un projet de liaison transatlantique par aéroglisseur.

* - études "Bertin" en France et "Christopher Cockerell" en Grande-Bretagne

** - bras de mer séparant le littoral britannique de l'île de Wight.

4.2 Description des différents matériels

Deux techniques s'opposent nettement :

4.21 D'une part, la construction de bâtiments amphibies, c'est à dire susceptibles de se mouvoir aussi bien sur l'eau que sur le sol. Ces aéroglisseurs sont à jupes entièrement flexibles et à hélices et à gouvernes aériennes. Il faut en effet que le fond de ces bâtiments soit parfaitement plat.

La jauge maxima des aéroglisseurs amphibies est limitée à 200 tonnes environ; pour transporter des charges plus importantes il faut faire appel à des engins de conception différente.

4.22 Les aéroglisseurs à flancs rigides, reposent sur deux supports horizontaux; il leur est impossible donc de se mouvoir sur le sol, et ils doivent au contraire mouiller dans les ports; leur tirant d'eau est, en général, de l'ordre de 1 m.

Le système à flancs rigides permet de transporter des charges de quelques milliers de tonnes. Ainsi, le projet américain de traversée de l'Atlantique repose sur un engin dont la jauge maximum est de 5.000 tonnes.

Les hélices sont, en général, immergées, ainsi que l'appareil à gouverner. Il s'en suit une réduction appréciable de la consommation en carburant, mais des phénomènes de cavitation des hélices réduisent la vitesse de pointe.

4.23 Il existe enfin un matériel intermédiaire, semi-amphibie, qui s'efforce de concilier les avantages des deux types. La jupe est entièrement flexible, donc sans flancs rigides, mais les hélices et le gouvernail sont immergés très à l'arrière de l'engin, afin de lui permettre de monter sa proue sur le sol.

En fait, ce type d'appareil, peu répandu, a surtout réuni les inconvénients des deux conceptions, sa jauge et sa vitesse demeurant limitées et l'économie réalisée sur les installations portuaires par rapport aux systèmes à flancs rigides étant assez minime.

4.24 Le tableau ci-dessous dresse l'inventaire des matériels actuellement en service en France et en Grande-Bretagne. A la traversée de la Manche, effectuée à l'heure actuelle en SRN 4, sera également affecté dans l'avenir le matériel français N 500.

Caractéristiques des principaux types d'aéroglesseurs marins							
Type	Jauge maxima	Jauge brute	Capacité		Vitesse commerciale à l'heure	Coût	Conception
			Voyageurs	Voitures			
SRN 4	168 t	94 t	254	30	50 noeuds* (93 kmh)	1,7.10 ⁶ £	Amphibie britannique
SRN 6	9 t	6 t	33	-	40 noeuds (74 kmh)	0,15.10 ⁶ £	Amphibie britannique
HM 2	16 t	10 t	65	-	35 noeuds (65 kmh)	0,08.10 ⁶ £	Flancs rigides britanniques
VT 1	75 t	35 t	72	7	35 noeuds (65 kmh)	0,4.10 ⁶ £	Mixte britannique
N 500	Environ 180 t	Environ 95 t	Environ 260	Environ 30	50 noeuds (93 kmh)	23.10 ⁶ F	Amphibie britannique
* 1 Noeud = 1,852 kmh							

4.3 Performances des aéroglesseurs affectés au trafic Trans-Manche

4.31 Choix du matériel

La S.N.C.F. et les British Railways, ont choisi d'exploiter le SRN 4 et, à partir de 1972, de lui adjoindre le N 500.

4.32 Conception technique

Le SNR 4 est un engin amphibie; sa construction a été tributaire de trois techniques, celles de la construction navale, de la construction aéronautique, et des hélicoptères. Les aéroglesseurs sont, en effet trop récents pour qu'il en existe une technologie spécifique. Il semble d'ailleurs qu'une

rationalisation dans ce sens de la technique de construction doit entraîner une certaine réduction des coûts.

4.33 Résistance au mauvais temps

L'état de la mer rend parfois impossible le départ des aéroglisseurs et le facteur dominant à cet égard est l'amplitude des creux. Ainsi le SNR 4 ne peut affronter des creux d'amplitude supérieure à 1,80 m. Notons qu'en ce qui concerne le N 500, on prévoit des performances légèrement supérieures (de l'ordre de 2,00 m).

Certaines estimations font état d'un pourcentage de sorties annulées pour mauvais temps de 5%. Ce chiffre nous ayant paru faible, nous l'avons contrôlé à l'aide de certains résultats de l'étude menée en 1964 et 1965 au cours des "travaux de reconnaissance dans le Pas de Calais".

Ces résultats, repris dans le tableau ci-dessous, font apparaître un pourcentage probable de sorties annulées pour mauvais temps, de 6,60%, pour une tolérance d'amplitude de 2 mètres.

Cependant, ces mesures sont relatives à l'année entière et il faut se souvenir qu'en hiver, où le mauvais temps sévit particulièrement, le trafic est considérablement réduit. Le chiffre de 5% nous paraît légèrement optimiste dans les conditions actuelles, trafic très faible en hiver, mais peut par contre être retenu pour un calcul prévisionnel.

Catégorie d'amplitude (en mètres)	Pourcentage de la catégorie	Pourcentage cumulé
4,3	0,05	0,05
3,8	0,1	0,15
3,4	0,4	0,55
3,0	0,9	1,45
2,5	1,5	2,95
2,0	3,6	6,55
1,5	16,6	23,15
1,0	31,0	54,15
0,5	28,5	82,65
0,3	17,3	99,95

Nota : la moyenne a été établie sur 5 années.

4.34 Durées annuelles d'utilisation

Un certain nombre d'impératifs techniques (temps de chargement, déchargement, mazoutage, contrôle, recharges, etc...) interdisent une durée de fonctionnement supérieure à 10 heures par jour; en fait, les aéroglisseurs sont encore loin d'un tel taux, les durées annuelles d'utilisation étant comprises entre 1.500 heures (seuil de rentabilité commerciale) et 2.000 heures, qui constitue encore un objectif. Ces durées s'entendant non compris les temps d'immobilisation pour chargement et déchargement*. En accord avec l'Armement Naval de la SNCF, on a retenu une durée annuelle d'utilisation de 1.700 heures.

x - Ces temps peuvent être estimés à 20 minutes à Douvres et à 16 minutes à Boulogne-le-Portel.

- Ces temps comprennent
- le débarquement des passagers et des véhicules
 - l'embarquement
 - le "mazoutage" qui est effectué à Douvres.

16 minutes, paraît un optimum en-dessous duquel il sera difficile de descendre dans l'état actuel des installations et des règlements de sécurité.

4.4 Estimation des dépenses annuelles

4.41 Récapitulation des dépenses annuelles

Le tableau ci-dessous récapitule, l'estimation des dépenses annuelles d'exploitation d'un aéroglisseur sur une liaison courte à travers la Manche (du type Douvres - Boulogne ou Calais - Ramsgate, soit sur une distance d'environ 30 milles ou 55,5 km). Cette estimation a été faite à partir des données fournies par la SNCF d'une part et par le Ministère des Transports Britanniques d'autre part. Dans la dernière rubrique, taxes diverses, on a rangé l'ensemble des taxes perçues par les administrations, à l'exclusion des redevances affectées à l'amortissement ou à l'entretien des installations portuaires qui constituent le poste "charges portuaires".

Les hypothèses ayant permis d'estimer chaque poste de dépense sont détaillées dans les paragraphes suivants.

Dépenses annuelles			
N°	Poste	Montant (F1969)	%
1	Charges fixes	4 550 000	38
11	Charges financières	3 350 000	28
12	Salaires	700 000	6
13	Assurances	500 000	4
2	Charges variables	5 950 000	50
21	Entretien	2 550 000	21,5
22	Energie	1 360 000	11,5
23	Charges portuaires	2 040 000	17
	Total (1) + (2)	10 500 000	88
3	Frais généraux : $10 \% \times ((1) + (2))$	1 050 000	9
4	Taxes diverses	355 000	3
5	Total	11 905 000	100

4.42 Charges financières

Le coût actuel du SRN 4 est d'environ 20 millions de francs et on retient, en général, des conditions d'amortissement prudentes pour tenir compte de l'obsolescence de ce matériel : 7 ans au taux de 8%.

Le coût du N 500 est un peu plus élevé (23 millions de francs environ) mais la S.N.C.F. estime, compte tenu des qualités avancées de ce matériel (notamment sur le plan technique), pouvoir pratiquer un amortissement sur 10 ans au taux annuel de 7,5%.^x

Nous avons donc retenu les hypothèses ci-dessous :

Coût d'achat	23 000 000 F
Durée d'amortissement	10 ans
Taux d'intérêt	7,5 %
Annuité	3 350 000 F

4.43 Salaires

L'équipage moyen d'un aéroglisseur comprend trois navigants officiers et cinq à sept garçons de cabine, stewarts et hôtesses. Ces derniers peuvent être temporaires, le personnel navigant étant toujours permanent. En période normale, chaque appareil demande deux équipages; en période de pointe, ce personnel devient insuffisant et on peut estimer, qu'en moyenne, 5 équipages équipent 2 appareils, le coût annuel correspondant s'élevant à 700.000 F par hovercraft.

^x Par ailleurs, ces conditions d'amortissements sont proches de celles retenues par la compagnie Hoverlloyd sur Calais - Ramsgate.

4.44 Assurances

Nous avons retenu le montant de 500.000 F/an, hors taxes et de 600.000 F y compris la taxe spéciale sur les assurances. La taxe spéciale sur les assurances a été prise en compte dans le poste "taxes diverses".

4.45 Frais d'entretien

Ils comportent notamment les frais occasionnés par le remplacement des jupes. Le montant retenu est de 1.500 F/heure de fonctionnement, et comprend les réparations et les révisions générales. Le montant total estimé des frais d'entretien est donc de $1500 \times 1700 = 2.550.000$ F/an.

4.46 Dépenses d'énergie

La consommation d'énergie est élevée comme dans le cas du transport aérien. Le carburant utilisé est le fuel léger qui est livré hors-taxes aux compagnies de navigation. La consommation est estimée à 272 grammes par heure et par cheval vapeur. Pour les 4 Moteurs de 3.400 chevaux du SRN 4, on aboutit à une dépense de 800 F/heure soit au total pour 1.700 heures de fonctionnement, de 1.360.000 F/an. Cette évaluation tient compte de la consommation supplémentaire due aux manoeuvres terminales.

4.47 Charges portuaires

Pour évaluer ce poste, on s'est fondé sur le montant des taxes sur la ligne Douvres - Boulogne, (les installations de Ramsgate étant propriété privée de la compagnie Hoverlloyd, il est difficile de savoir quelle est la part exacte des recettes de cette société qui finance l'amortissement et l'entretien de l'hoverport).

On distingue :

- (i) les droits sur le navire. Ils sont calculés sur la base de la jauge des bâtiments et s'élèvent à 150 F par traversée (90 F à l'escale de Boulogne, 60 F à l'escale de Douvres)

- (ii) les droits sur les passagers. Ils comprennent d'une part les taxes d'usage et de péage à Douvres et à Boulogne, dont le montant total est de 5,75 F par passager (4,15 F à Boulogne; 1,60 F à Douvres). Il faut ajouter d'autre part la taxe pour les invalides de la marine (1,00 F par passager), taxe qui a été incorporée au poste taxes diverses.
- (iii) les droits sur les véhicules. Ils s'élèvent à 3,90 F à Douvres et à 2,76 F à Boulogne, soit un total de 6,66 F.

Le calcul des charges annuelles fait intervenir les hypothèses, concernant le coefficient d'occupation des appareils, et le nombre annuel de traversées. Ces hypothèses conduisent à une occupation moyenne par traversée de 12 voitures et 102 passagers, et à un nombre annuel de traversées de 2.500. Le montant annuel des charges portuaires s'élève donc à :

$$2.500 \times (6,66 \times 12 + 5,75 \times 102 + 150) = 2.040.000 \text{ F}$$

4.48 *Frais généraux*

Ils ont été estimés à 10% de l'ensemble des postes ci-dessus,

soit $\frac{10}{100} \times 10.500.000 = 1.050.000 \text{ F}$

4.49 *Taxes diverses*

- (i) taxe spéciale sur les assurances : son montant annuel a été évalué à 100.000 F
- (ii) taxe pour les invalides de la marine: son montant s'élève, annuellement, à $1,00 \times 102 \times 2.500 = 255.000 \text{ F}$

4.5 Coût par unité de chargement transportée x mille et par unité de chargement transportée x km

- (i) Un intermédiaire de calcul utile, étant donnée la capacité des aéroglisseurs, est de conserver pour unité de chargement transportée

l'ensemble formé de 1 voiture et 8,5 passagers. Le SRN 4 transporte donc, à pleine charge, 30 unités.

- (ii) On a retenu un coefficient de remplissage de 40%; celui-ci n'a pas été atteint en 1968, mais semble devoir être atteint dès 1969 sur les lignes actuellement exploitées entre la France et la Grande-Bretagne.
- (iii) Nombre d'unités de chargement transportées x mille (et d'unités de chargement transportées x km) par an et par appareil.

On peut estimer que la vitesse commerciale de croisière des aéroglisseurs est de 50 noeuds (93km/h) et que le temps de manoeuvre pour l'arrivée et le départ correspond à un supplément de 4 minutes. Pour un trajet moyen de 30 milles, on obtient donc une vitesse moyenne de 45 noeuds (83,5 km/h); par ailleurs, les aéroglisseurs fonctionnent environ 1.700 heures par an. Un aéroglisseur peut donc transporter annuellement le nombre d'unités de chargement suivant :

$$30 \times \frac{40}{100} \times 45 \times 1700, \text{ soit } 900.000 \text{ unités transportées x mille;}$$

ou encore :

$$30 \times \frac{40}{100} \times 83,5 \times 1700, \text{ soit } 1.700.000 \text{ unités transportées x km}$$

- (iv) On déduit, du tableau des dépenses annuelles, le détail des coûts de transport à l'unité x mille et à l'unité x km.

Dépenses à l'unité de chargement (F 1969)		
Poste de dépenses	Par unité mille	Par unité km
1. Charges fixes	5,06	2,68
2. Charges variables	6,61	3,50
3. Frais généraux	1,17	0,62
Total (1) + (2) + (3)	12,84	6,80
4. Taxes diverses	0,39	0,21
5. Total général	13,23	7,01

5. CONCLUSIONS

5.1 Remarque préliminaire

- (i) Contrairement aux deux moyens de transport précédemment décrits, les aéroglisseurs fonctionnent effectivement, à l'heure actuelle, sur les lignes régulières du détroit. C'est pourquoi il a été possible d'estimer avec une bonne précision la valeur des coûts et des temps de transport qui leur sont relatifs.
- (ii) Ce que nous devons vérifier dans le cadre de notre contrat était la possibilité d'un détournement éventuel de trafic du tunnel au profit des aéroglisseurs, et non la répartition du trafic maritime restant entre car-ferries et aéroglisseurs.

5.2 Concurrence possible des aéroglisseurs

5.21 Coûts de transport

Le tableau ci-dessous rappelle les tarifs de transport actuels sur la Manche ainsi que ceux envisagés pour le tunnel.

Tarifs de transport pour 1 voiture avec son chargement moyen de 3,2 personnes (en F 1969)			
	Car-ferries	Aéroglisseurs	Tunnel
Lignes du détroit	181,20	206,25	105,00
Dieppe - Newhaven	215,00	-	-
Le Havre - Southampton	243,50	-	-

Or nous avons vu que le péage du tunnel avait été estimé en supposant que les car-ferries puissent pratiquer une tarification proche du prix de revient ne leur laissant qu'une marge bénéficiaire très réduite. Le problème se pose donc de savoir si l'aéroglisseur peut baisser ses tarifs plus que ne le pourraient les car-ferries. La comparaison des coûts de transport montre (cf tableau ci-dessous) qu'actuellement les coûts de transport par aéroglisseur sont d'environ 30% supérieurs aux coûts par car-ferry et qu'en conséquence, cette éventualité ne peut raisonnablement être retenue.

Coût de transport par unité de chargement x km (1 voiture + 8,5 passagers) en F 1969		
Car-ferries (1)	Aéroglesseurs (2)	Ecart relatif (2 - 1)
5.19	6.80	30 %

5.22 Temps de traversée

Ils sont rappelés dans le tableau ci-dessous.

Lignes	Temps de traversée		
	Car-ferries	Aéroglesseurs	Tunnel
Lignes françaises du détroit	1 h 25 mn	0 h 40 mn	0 h 35 mn
Dieppe - Newhaven et lignes belges du détroit	3 h 25 mn	1 h 20 mn	
Le Havre - Southampton et autres lignes longues	7 h 15 mn	2 h 10 mn	

Sur les lignes françaises du détroit la rapidité des aéroglesseurs ne saurait être un facteur déterminant du choix de ce mode de transport puisque le transit par le tunnel sera encore plus rapide.

Sur les autres lignes la comparaison entre tunnel et aéroglesseurs est plus difficile, puisqu'il faut ajouter au temps de transport par le tunnel celui du détour éventuellement nécessaire pour gagner ses accès.

- Sur Dieppe - Newhaven ou sur les lignes belges du détroit on peut penser que le gain de temps qu'on peut théoriquement réaliser dans certains cas en utilisant les véhicules à coussin d'air de préférence au tunnel doit être largement compensé ou parfois même complètement annulé par la fréquence très élevée des rames navettes. Les usagers du tunnel ne seront pas contraints en effet de prévoir le moment de leur arrivée en fonction des horaires.

- Sur le Havre - Southampton et les lignes hollandaises de la mer du Nord, il est certain par contre que des services d'aéroglesseurs, s'ils s'avèrent techniquement possibles et financièrement rentables, permettront à certains usagers de réaliser des gains de temps non négligeables par rapport au transit par le tunnel.

5.23 Afin d'apprécier la concurrence possible que les aéroglesseurs pourraient faire au tunnel et avant de comparer la qualité du service, il est bon de rappeler que le volume du trafic de voitures sur les lignes maritimes se répartit comme suit :

Type de ligne	Trafic sans tunnel en 1975		Trafic détourné vers le tunnel en 1975	
	Nombre en milliers de véhicules	%	Nombre en milliers de véhicules	%
Lignes françaises du détroit	840	43	793	46
Dieppe - Newhaven et lignes belges du détroit	805	41	736	42
Le Havre - Southampton et autres lignes longues	315	16	203	12
Trafic total trans-Manche	1 960	100	1 732	100

Comme on l'a vu au paragraphe 5.22, ce n'est que sur les lignes longues que l'avantage des aéroglesseurs par rapport au tunnel en ce qui concerne les temps de transport peut être relativement important; il sera compensé toutefois par des coûts de transport nettement plus élevés. Mais le tableau précédent montre que la part de ces lignes dans l'ensemble du trafic détourné vers le tunnel n'est que de 12% et de 8% seulement par rapport à l'ensemble du trafic détourné et engendré.

Mais si des services réguliers par aéroglesseurs étaient créés sur ces relations ils ne parviendraient à détourner qu'une partie relativement

faible de ces relations qui elles-mêmes ne représentent que 8% du trafic potentiel du tunnel. De plus la qualité du service (cf ci-dessous) sera d'autant moins bonne que les lignes d'aéroglesseurs seront plus longues.

5.24 *Comparaison de la qualité des services rendus par les aéroglesseurs et le tunnel*

(i) Confort

La comparaison est très nettement à l'avantage du tunnel. En effet, sans préjuger des améliorations qui leur seraient apportées dans l'avenir, les aéroglesseurs sont actuellement très peu confortables en raison notamment de vibrations verticales importantes et d'un niveau de bruit très élevé.

(ii) Agrément

Les aéroglesseurs peuvent jouir d'un avantage attractif en raison de leur nouveauté et de l'agrément que peut présenter pour certains passagers une traversée maritime. Il est possible que, pour cette raison, la traversée par aéroglesseur paraisse plus agréable à certains vacanciers que le transit par le tunnel.

(iii) Régularité

L'exploitation des aéroglesseurs, en hiver, soulève de nombreuses difficultés, et si un service régulier était établi pendant cette période de l'année les retards et les annulations de certaines traversées dus au mauvais temps, seraient fréquents. En été les arrêts, bien qu'ils soient plus rares (5% environ des départs prévus) perturbent notablement le rythme d'exploitation et diminuent sensiblement la confiance que les usagers peuvent avoir dans ce mode de transport.

Bien que l'exploitation des aéroglesseurs n'ait pas totalement dépassé le stade expérimental, il est difficile de penser que des progrès importants pourront être réalisés en ce qui concerne la régularité des services : il faudrait en effet que la tolérance des appareils au mauvais temps soit très fortement améliorée; or les performances des appareils futurs (N 500 par exemple) paraissent ne devoir être, à cet égard, que légèrement supérieures à celles des appareils actuels.

5.3 Conclusions générales

Au terme de cette étude il apparaît que les aéroglisseurs ne peuvent faire au tunnel qu'une concurrence très limitée.

- (i) Il faudrait en effet une flotte très importante pour absorber les pointes de trafic et cette flotte serait largement sous-employée en temps ordinaire, les véhicules à coussin d'air n'étant pas rentables pour le transport des marchandises. Le coût du parc de rames nécessaire pour assurer le trafic de pointe du tunnel sera beaucoup moins élevé, le transport des voitures particulières pouvant être effectué dans des wagons à deux étages ayant une grande capacité.
- (ii) La comparaison des temps de transport par les aéroglisseurs d'une part, le tunnel d'autre part, montre que les aéroglisseurs ne présentent un certain avantage que sur les lignes longues dont la contribution au trafic total du tunnel n'est que de 8%.
- (iii) Il paraît très vraisemblable que les coûts de transport des passagers et véhicules accompagnés par aéroglisseur resteront supérieurs aux coûts de transport par les moyens maritimes classiques qui ont servi à élaborer les perspectives de trafic du tunnel et très nettement supérieurs au coût de traversée par le tunnel. Ces perspectives ne sauraient donc être remises en cause par le développement des aéroglisseurs.
- (iv) Le défaut de régularité des aéroglisseurs en fait un mode de transport de caractère aléatoire, ce qui nuit à sa diffusion. Même si l'on peut prévoir quelques améliorations dans ce domaine, il est vraisemblable que les services d'aéroglisseurs n'atteindront pas à la régularité des services de car-ferries et ceci limitera nécessairement la part du marché qu'ils pourront acquérir.