

MINISTERE DES TRANSPORTS

TUNNEL SOUS LA MANCHE

MISE A JOUR DES ETUDES DE TRAFIC ET DE RENTABILITE

TOME 3 – MARCHANDISES

CHAPITRES 4 – 5 – 6 - 7

1969

SETEC ECONOMIE – 15, Quai Paul Doumer – 92 - COURBEVOIE

TOME 3 : MARCHANDISES +

1. Structure du commerce entre la Grande-Bretagne et le continent
 - 1.1 Pays concernés par le tunnel
 - 1.2 Définitions, nomenclature et principales statistiques utilisées
 - 1.3 Commerce de la Grande-Bretagne avec la zone du tunnel
 - 1.4 Comparaison des prévisions de l'étude d'E.I.U. pour 1965 avec les échanges effectivement observés
 - 1.5 Choix des produits qui seront étudiés dans le détail

2. Prévisions du commerce extérieur britannique aux années "horizon" (1975 et 1985)
 - 2.1 Remarques générales
 - 2.2 Méthodologie des projections du commerce extérieur
 - 2.3 Description du modèle GEPEI conduisant aux projections à l'horizon 1975
 - 2.4 Elaboration des tableaux d'échanges interindustriels relatifs à l'horizon 1985 pour les pays intéressés par le tunnel
 - 2.5 Les échanges interzones par branche
 - 2.6 Prévisions détaillées

3. Itinéraires des marchandises pour l'année de base ; Evolution des courants de trafic au cours des dernières années
 - 3.1 Remarques générales sur le trafic trans-Manche
 - 3.2 Description des sources statistiques
 - 3.3 Données sur les origines et les destinations

- 3.4 Informations sur les liaisons de port à port
- 3.5 Détermination des routes
- 3.6 Evolution des trafics sur les lignes régulières à travers la Manche au cours des années récentes
- 3.7 Présentation des résultats

- 4. Etude des coûts de transport
 - 4.1 Hypothèses générales sur les modes de transport utilisés
 - 4.2 Les transports ferroviaires
 - 4.3 Les transports maritimes
 - 4.4 Les transports routiers en Grande-Bretagne
 - 4.5 Comparaison des coûts de transport par fer et par route
 - 4.6 Cas particulier des transports de voitures

- 5. Affectation du trafic entre le tunnel et les autres modes de transport
 - 5.1 Notion de courbe d'affectation
 - 5.2 Méthodologie
 - 5.3 Description des enquêtes effectuées
 - 5.4 Résultats des enquêtes
 - 5.5 Hypothèses retenues pour la détermination des courbes d'affectation
 - 5.6 Présentation des courbes d'affectation obtenues

- 6. Estimation du trafic du tunnel pour les onze produits étudiés dans le détail. Péage optimum, recettes et détournement correspondants
 - 6.1 Méthodologie des calculs de détournement
 - 6.2 Détermination des tonnages sur chaque route aux années horizons
 - 6.3 Présentation des tableaux
 - 6.4 La recherche de l'optimum ; principaux résultats
 - 6.5 Analyse des résultats détaillés

- 7. Autres sources de recettes pour le tunnel. Récapitulation des principaux résultats de cette étude
 - 7.1 Détournement du trafic postal
 - 7.2 Détournement et recettes relatifs aux "autres produits" tunnelables

- 7.3 Détournement et recettes relatifs aux pays n'appartenant pas à la zone du tunnel
- 7.4 Synthèse des principaux résultats et conclusion

TOME 3 : MARCHANDISES

LISTE DES PLANCHES

- 3.1 Importations britanniques totales tunnelables et non tunnelables par pays d'origine - Années 1964, 1975 et 1985
- 3.2 Exportations britanniques totales tunnelables et non tunnelables par pays de destination - Années 1964, 1975 et 1985
- 3.3 Importations britanniques tunnelables par produit et pays d'origine Années 1964, 1975 et 1985
- 3.4 Importations britanniques tunnelables par produit et pays d'origine Années 1964, 1975 et 1985 (suite)
- 3.5 Exportations britanniques tunnelables par produit et pays de destination - Années 1964, 1975 et 1985
- 3.6 Exportations britanniques tunnelables par produit et pays de destination - Années 1964, 1975 et 1985 (suite)
- 3.7 Hinterland des principaux ports britanniques pour le commerce avec la zone du tunnel - Importations britanniques
- 3.8 Hinterland des principaux ports britanniques pour le commerce avec la zone du tunnel - Exportations britanniques

- 5
- 3. 9 Hinterland des principaux ports d'Allemagne et du Bénélux pour le commerce avec la Grande-Bretagne - Importations britanniques
 - 3.10 Hinterland des principaux ports de France, d'Italie, d'Espagne et du Portugal pour le commerce avec la Grande-Bretagne - Importations britanniques
 - 3.11 Hinterland des principaux ports d'Allemagne et du Bénélux pour le commerce avec la Grande-Bretagne - Exportations britanniques
 - 3.12 Hinterland des principaux ports de France, d'Italie, d'Espagne et du Portugal pour le commerce avec la Grande-Bretagne - Exportations britanniques
 - 3.13 Trafic détourné et coefficient de détournement en 1975 selon les régions britanniques d'origine ou de destination
 - 3.14 Trafic détourné et coefficient de détournement en 1975 selon les régions continentales d'origine ou de destination
 - 3.15 Trafic détourné et coefficient de détournement en 1975 selon les ports britanniques de transit
 - 3.16 Trafic détourné et coefficient de détournement en 1975 selon les ports continentaux de transit

6

PLAN DU CHAPITRE 4

LES COÛTS DE TRANSPORT

- 4.1 HYPOTHESES GENERALES SUR LES MODES DE TRANSPORT UTILISES
- 4.2 LES TRANSPORTS FERROVIAIRES
- 4.3 LES TRANSPORTS MARITIMES
- 4.4. LES TRANSPORTS ROUTIERS EN GRANDE-BRETAGNE
- 4.5 COMPARAISON DES COÛTS DE TRANSPORT PAR FER ET PAR ROUTE
- 4.6 CAS PARTICULIER DES TRANSPORTS DE VOITURES

CHAPITRE 4

LES COÛTS DE TRANSPORT

4.1 HYPOTHESES GENERALES SUR LES MODES DE TRANSPORT UTILISES

4.11 Les nouvelles techniques de transport.

Le passé récent est caractérisé par une évolution particulièrement rapide des modes de transport des marchandises

4.111 *Le transport roll on-roll off.*

- (i) Vers les années 1963, 1964, un nouveau moyen de transport s'est rapidement développé : le navire roll on-roll off. Il s'agit de bateaux munis de larges portes découpées dans la coque et qui permettent aux camions d'entrer dans le navire ou d'en sortir par leurs propres moyens. On évite ainsi la mise en cale du camion au moyen d'une grue, et partant tous les risques de détérioration encourus par le véhicule et les marchandises qu'il transporte au cours de ce type de manutention.
- (ii) En fait, pour éviter l'immobilisation du camion et de son chauffeur pendant quelques heures à chaque traversée, ce sont généralement les remorques qui embarquent, un tracteur les amenant à bord sur le continent et un autre les débarquant et les acheminant jusqu'à leur destination finale en Grande-Bretagne (ou vice-versa).

(iii) L'avantage essentiel de la technique roll on-roll off est de supprimer les manutentions portuaires et de réaliser un véritable "porte à porte" dans d'excellentes conditions de sécurité et de rapidité. Ce mode de transport a connu entre 1963 et 1967 un développement spectaculaire. En effet 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 ou de la mer du Nord est passé entre ces deux années de 19.000 à 94.000 unités.

4.112 *Le transport des marchandises en container*

4.1121 Origine du container

Le transport des marchandises en containers - "boîtes métalliques parallélipipédiques" - est très ancien. Mais la standardisation des containers est, par contre, toute récente. Les trois types de containers standards encore appelés containers I S O * ou trans-containers ont les dimensions suivantes ** :

- (i) section : 8 pieds x 8 pieds, longueur 20 pieds, soit en mètres :
2,44 m x 2,44 m , longueur 6,10 m
- (ii) section : 8 pieds x 8 pieds, longueur 30 pieds (soit 9,15 m)
- (iii) section : 8 pieds x 8 pieds, longueur 40 pieds (soit 12,20 m)

La généralisation de la technique du container a débuté par la construction des premiers bateaux porte-containers qui ont été construits aux Etats-Unis. Ces navires sont munis de cales spécialement conçues pour recevoir les containers qui peuvent être empilés les uns sur les autres. On obtient ainsi un excellent coefficient de remplissage de navire. Cependant,

* - I S O est un sigle signifiant "International Standard Organization"
 ** Les Américains utilisent aussi des containers de 8 pieds 6 pouces de hauteur

l'avantage déterminant réside dans la simplification des manutentions portuaires. Le container peut en principe être déchargé et placé directement sur un wagon ou une remorque routière. On peut ainsi assurer sans difficulté et d'un seul coup de portique la manutention de lots pouvant atteindre 20 à 30 tonnes et destinés à un même client.

Par ailleurs la rapidité de la manutention permet d'assurer une meilleure rotation du navire et lorsqu'on se rappelle que les dépenses d'immobilisation sont un des éléments essentiels du coût maritime, on conçoit que l'on puisse abaisser en conséquence les taux de fret.

4.1122 Développement du container en Europe

(i) La croissance du transport maritime des containers a entraîné une modification parallèle des transports terrestres. Les British Railways, dont l'activité dans le domaine des marchandises était très vivement concurrencée par la route, ont vu dans la technique nouvelle des containers le moyen de relever le défi. C'est ainsi qu'on a été créés en Grande-Bretagne les premiers "trains blocs" ("freightliner trains"). Ce sont des rames - en principe indéformables - constituées exclusivement de wagons porte-containers et qui relient les principaux centres britanniques dans de bonnes conditions de rapidité et de régularité.

Les British Railways ont, d'autre part, "prolongé" leurs services de trains-blocs par des bateaux porte-containers qui ont été mis en service sur les lignes Harwich-Zeebrugge et Harwich-Rotterdam. Les principaux centres britanniques ont été ainsi reliés aux principaux centres continentaux par un service de trains-blocs et de bateaux porte-cadres.

(ii) Les chemins de fer continentaux ont dû par conséquent s'équiper pour acheminer les containers en provenance de Grande-Bretagne (et des Etats-Unis) et les décharger dans les gares.

Le transport des containers et la constitution de trains-blocs pour leur acheminement terrestre apparaît ainsi comme un concurrent sérieux du roll on-roll off. Le transport routier conserve néanmoins un rôle important dans les transports terminaux de la gare ferroviaire à la destination finale (ou vice-versa). Les distances de ces transports

finals sont d'ailleurs assez considérables actuellement (plus de 100 km assez fréquemment). On peut penser néanmoins qu'au fur et à mesure que les gares continentales s'équiperont, la distance moyenne des transports terminaux diminuera.

4.1123 Résultats obtenus en 1968

On trouvera ci-dessous un tableau résumant les principaux trafics de containers observés en 1968. Certains chiffres ne sont pas connus avec certitude et sont en fait des estimations. Néanmoins les courants les plus importants ont été déterminés avec une bonne précision.

Principaux courants de trafic de containers au cours de l'année 1968		
Route maritime	Nombre total de containers transportés (y compris les containers vides)	Tonnage net correspondant*
Le Havre - Southampton	2.400	} 50.000
Dunkerque - Douvres	1.700	
Dunkerque - Tilbury	500	
Zeebrugge - Harwich	21.200	183.000
Ports anglais - Rotterdam	35.000	360.000
Total **	<u>60.800</u>	<u>593.000</u>

* Les tonnages - à l'exception de celui de Zeebrugge-Harwich - ont été estimés et peuvent être entachés d'une erreur assez importante.

** La charge moyenne utile par container de 20 pieds chargé s'établit à 12,5 tonnes.

Il est essentiel de remarquer que les bateaux porte-containers n'ont été mis en service sur la ligne Zeebrugge-Harwich qu'en mars 1968. Les résultats sur cette liaison correspondent donc à une année incomplète. Il convient par conséquent de noter le remarquable développement du transport de containers sur cette ligne. Il est probable que le trafic entre Rotterdam et les ports anglais connaîtra lui aussi un essor certain.

Le transport des containers transitant par les ports français a été faible en 1968. On peut penser cependant que la mise en service d'un bateau porte-cadres entre Dunkerque et Harwich au début de 1969 contribuera à accroître la compétitivité des transporteurs français et à enrayer "l'évasion de trafic" qu'on a pu observer depuis deux ou trois ans. Néanmoins, il est certain que le transit des containers par Dunkerque, et plus généralement par les ports français, ne connaîtra sa véritable expansion qu'à partir du moment où les trains-blocs seront suffisamment développés en France. Ceci suppose que les industriels français soient avertis des avantages du container pour certains types de transport - notamment les exportations ou importations par voie maritime - et qu'ils adoptent cette nouvelle technique sur une large échelle.

4.1124 Charge moyenne nette des containers selon le type de produit transporté

Nous avons effectué un certain nombre d'enquêtes auprès des industriels et des professionnels des transports. Il apparaît qu'actuellement, la charge moyenne nette des containers de 20 pieds (qui ont un volume utile de 36 m³) est de 12,5 tonnes. Ce chiffre se rapporte à l'ensemble des containers chargés reçus par la Grande-Bretagne ou expédiés de ce pays vers l'étranger. Pour les différents produits considérés cette charge moyenne varie entre 3,6 tonnes par container pour les calculateurs électroniques et les instruments scientifiques et 18 tonnes pour le fer et l'acier.

Charge moyenne nette des containers de 20 pieds chargés selon le produit	
Type de produit	Charge moyenne (en tonnes)
1. Fruits et légumes frais	10,0
2. Verre, verrerie et potteries	16,1
3. Fer et acier	18,0
4. Papier et carton	17,0
5. Machines (sauf appareils électriques et instruments scientifiques)	8,5
6. Appareils électroniques et instruments scientifiques	3,6
7. Réfrigérateurs, machines à laver et autres appareils à usage domestique	5,8
8. Pièces détachées pour véhicules automobiles	7,9
9. Produits chimiques organiques et inorganiques	16,5
10. Matières plastiques	14,0

4.12 Les moyens de transport classiques et les tarifs correspondants

4.121 *Les transports maritimes classiques*

- (i) Malgré le développement très rapide des transports en container, les moyens classiques de traversée par lignes régulières ou petits caboteurs spécialement affrétés conserveront une certaine part du trafic. En effet l'utilisation du container est économiquement justifiée pour des lots de dix à vingt tonnes. Pour des lots plus petits (de l'ordre de la tonne), le container ne peut être rempli de façon satisfaisante. Pour des lots atteignant quelques centaines de tonnes, il est plus économique d'utiliser des caboteurs.

- (ii) Cependant, il est très difficile de connaître les prix de revient des transports de lots de faible importance qui constituent la majorité du trafic non containérisable. En effet le tonnage n'est pas le seul élément à prendre en compte. Le volume du lot doit aussi intervenir. Cette complexité se traduit d'ailleurs dans les tarifications maritimes. Nous en avons consulté plusieurs. Toutes contiennent un grand nombre de rubriques différentes, parfois plusieurs centaines. De plus, les principes de tarification ne sont pas homogènes. Tantôt ils s'inspirent du volume spécifique des marchandises, tantôt de la valeur des produits par unité de poids, parfois encore du poids du lot sans considération de valeur ou d'encombrement. De plus, sur des relations d'inégales longueurs, les taux de fret relatifs à un même produit ne sont pas toujours décroissants quand la distance diminue.

- (iii) Le tableau ci-après illustre les caractères paradoxaux des tarifs maritimes.

Exemples de tarifs maritimes sur deux liaisons au départ d'un même port français

Unité : 1 shilling par tonne

Produit transporté	Première liaison : distance 225 miles	Deuxième liaison : distance 95 miles	
		Vers l'Angleterre	Vers le Continent
1. Bouteilles			
1.1 En caisses		88	77
1.2 Emballées dans de la paille	120	110	93
2. Fibre de verre (jusqu'à 360 pieds cubes par tonne)	220		
Par tranche de 40 pieds cubes au-delà de 360, ajouter :	25		
3. Produits chimiques non dangereux (1)			
3.1 Valeur/tonne ≤ 100 £	90	104 (2)	99 (2)
3.2 100 £ < Valeur/tonne ≤ 250 £	110		
3.3 250 £ < Valeur/tonne ≤ 500 £	130		
3.4 500 £ < Valeur/tonne ≤ 2 000 £	150		
3.5 2 000 £ ≤ Valeur/tonne	185		
4. Broyeur pour pierre, minerais			
4.1 Jusqu'à 10 tonnes	126		
4.2 Entre 10 et 20 tonnes	143		
4.3 Au-delà de 20 tonnes	160		
5. Tubes en acier Tarif à la tonne variable selon la longueur et le diamètre, moyenne :	135	82	77
6. Légumes en conserve	75	88	82
7. Fruits non périssables	140	104	99

(1) De très nombreuses exceptions au tarif ci-dessous sont prévues.

(2) Tarif valable quelle que soit la valeur du produit.

4.122 *Les transports ferroviaires en wagons ordinaires*

Les tarifications ferroviaires, comme les tarifications maritimes sont en général très complexes. On ne doit pas s'en étonner puisque le principe de taxation repose autant sur la valeur des marchandises que sur les prix de revient des transports. De plus, sous la pression de la concurrence des autres modes de transport, notamment les transports routiers, il semble que les tarifications "ad valorem" doivent être remplacées prochainement par des tarifications ayant un rapport beaucoup plus étroit avec les véritables coûts des transports.

Ajoutons en outre qu'en Grande-Bretagne, il n'existe pratiquement pas de tarif "marchandises" en ce qui concerne les transports en wagons ordinaires. Le prix pratiqué dépend des conditions de la concurrence routière sur le trajet considéré plus que des prix de revient.

Aussi était-il vain de se livrer à une étude des prix de transport à partir des barèmes actuels et convenait-il de faire les hypothèses les plus raisonnables pour notre problème. Les alinéas qui suivent montrent comment nous avons procédé.

4.123 *Comparaison des prix de transport ferroviaires en wagons ordinaires et en containers*

Cette comparaison est très délicate car les conditions des transports sont assez différentes. Ainsi on est amené à comparer un coût de transport à la tonne à un autre qui dépend surtout du volume. En effet dans le dernier cas, la taxation se fait en général "au container", en distinguant toutefois dans un certain nombre de tarifs deux ou trois tranches de poids.

4.1231 Considérons néanmoins, pour fixer les idées, le transport d'un lot de 10 tonnes de machines expédiées de Mil. à Londres. Le calcul du prix de transport à partir des tarifs en vigueur conduit aux résultats suivants :

Transport par wagon-ferry	:	231,0 F/tonne
Transport en container de 20 pieds	:	174,3 F/tonne

Ces résultats semblent donc indiquer que le transport en container est moins cher d'environ 25%. Néanmoins, il faut regarder ces premiers chiffres de plus près.

L'économie de 25% est surestimée pour les raisons suivantes :

- (i) Le container doit être rapatrié et il n'existe pas toujours de fret de retour. La proportion des retours à vide semble être actuellement de l'ordre de 10%. Rien ne permet d'affirmer néanmoins que ce pourcentage ne variera pas au cours des prochaines années. Il dépend fortement de la coopération entre les différents transitaires et des décisions que prendront les grandes entreprises quant à l'achat ou à la location des containers.
- (ii) Le coût précédent (174,3 F/tonne) ne comprend pas la location du container. Le prix de revient par journée d'un container de 20 pieds est d'environ 7 F (y compris l'entretien). La durée de mise à disposition du container pour le voyage considéré doit être de 4 à 5 jours au moins. En moyenne elle est certainement plus élevée, de l'ordre de 8 jours. Le coût de location correspondant est donc d'environ 56 F par voyage.
- (iii) La comparaison a été faite entre le transport en container et le transport par wagon-ferry. Ce dernier mode est naturellement plus onéreux que le transport par cargo ordinaire.
- (iv) En résumé et de façon approchée, la comparaison, lorsqu'on tient compte de tous les éléments devient :

Transport en container (tarif)	174,3
Retour à vide du container (dans 10% des cas)	6,0
Location du container	56,0
<hr/>	
Coût total du transport en container	236,3 F/tonne
Coût total du transport par wagon-ferry	231,0 F/tonne

- (v) Par contre il est clair que si le container peut être plus lourdement chargé, le transport des marchandises sous cette forme apparaîtra plus intéressant.

(vi) Enfin, cette comparaison est fondée sur les tarifs actuels. Elle ne préjuge pas l'intérêt du transport en containers sur certaines relations très fréquentées où l'on pourrait mettre en service des trains-blocs. De plus, cette comparaison faite sur un cas très particulier ne doit pas être généralisée sans précaution. Elle était surtout destinée à fixer des ordres de grandeur.

4.1232 Il est intéressant également de comparer les prix de transport en containers aux prix en wagons-ferry selon que le transport se fait sur le continent ou en Grande-Bretagne.

Si l'on reprend l'exemple du lot de 10 tonnes de machines déjà considéré, on obtient les résultats suivants :

Prix de transport selon le mode et la zone parcourue (en F/tonne)		
Itinéraire	Containers	Wagons-ferry
Milan - Dunkerque	136,4	143,4
Milan - Zeebrugge	149,4	143,4
Dunkerque ou Zeebrugge] - Londres	40,8	87,6

On voit donc que les tarifs en vigueur sur le continent "protègent" le wagon classique. En Grande-Bretagne au contraire, le tarif de transport appliqué aux envois "containerisés" est notablement inférieur à celui pratiqué pour les envois en wagon-ferry.

4.13 Les hypothèses retenues quant aux modes et aux conditions de transport

4.131 "Containerisation" des marchandises.

Les raisons exposées précédemment nous ont conduits à faire l'hypothèse suivante :

Parmi les onze produits étudiés en détail, dix d'entre eux seront, quel que soit l'itinéraire suivi, transportés en containers. Pour simplifier le calcul, nous avons admis en outre qu'il s'agirait toujours de containers I S O de 20 pieds de long (la largeur et la hauteur du container étant toutes deux égales à 8 pieds).

Les seuls biens faisant exception seront constitués par les voitures et les tracteurs pour des raisons évidentes. On notera toutefois que le transport des voitures en container est pratiqué à une petite échelle. Mais il s'agit surtout de voitures importées des Etats-Unis et elles ne sont pas complètement montées.

4.1311 Justifications de l'hypothèse précédente

Les deux motifs essentiels nous ayant conduits à faire cette hypothèse sont les suivants :

- (i) La croissance très rapide de ce type de transport qui doit connaître dans les prochaines années un développement considérable. Ses avantages ont été analysés en détail au paragraphe 4.112. A cet égard, il faut remarquer que le développement attendu du container pourrait même se faire au détriment des transports en camion et navires roll on-roll off. Ce point de vue est partagé par de nombreux professionnels des transports.
- (ii) Les tarifs appliqués au transport des marchandises en wagons ordinaires et en cargos classiques sont variés et complexes. Les principes de taxation n'ont pas toujours un fondement économique très solide. Enfin, dans le contexte de concurrence nationale et internationale très vive qui prévaut actuellement il est vraisemblable que les tarifs seront, dans quelques années - c'est à dire au moment de l'ouverture du tunnel - très différents de ce qu'ils sont actuellement, et probablement beaucoup plus proches des prix de revient.

Au contraire les tarifs des transports maritimes ou ferroviaires des containers sont dès maintenant affranchis de toute considération relative à la nature des marchandises et l'on peut penser qu'ils sont assez bien corrélés avec les prix de revient.

4.1312 Imperfection de l'hypothèse relative à la "containerisation" des marchandises.

Il est clair, que toutes les marchandises tunnelables ne seront pas nécessairement containerisées.

(i) Dans certains cas très particuliers ce sont des difficultés "physiques". Ainsi il est peu probable que les animaux vivants puissent être aisément transportés en container.

(ii) Dans d'autres cas, beaucoup plus nombreux, le transport en container apparaît possible mais économiquement peu souhaitable. En effet, il faut pouvoir remplir de façon satisfaisante un container pour que son emploi soit justifié. Or cela peut éventuellement s'avérer impossible pour deux raisons :

- ou bien parce que le lot destiné à un client donné est trop petit et qu'un groupage s'avère impossible.

- ou bien encore parce que la forme de l'objet ne permet pas de remplir convenablement le container. C'est le cas de certaines machines, les pompes par exemple.

(iii) Enfin, comme nous l'avons déjà vu, le transport de lots très importants entre la Grande-Bretagne et le continent (plusieurs centaines de tonnes) est souvent du ressort du caboteur.

Pour toutes ces raisons, il est vraisemblable que le transport en container ne dépassera pas 60% du trafic tunnelable au cours des quinze prochaines années.

4.1313 Incidence de l'hypothèse de "containerisation" sur les calculs ultérieurs

Comme nous le verrons aux chapitres 5 et 6, le détournement des marchandises vers le tunnel fait intervenir les différences des coûts de transport par le tunnel et les routes concurrentes (comportant une traversée maritime). Or les "différentielles de coûts" dépendent essentiellement des localisations des origines et destinations et des distances totales respectives des trajets empruntant le tunnel et la traversée maritime concurrente. On peut donc penser que le calcul de ces différentielles, dans l'hypothèse où nous nous plaçons (transport en container), donnera une approximation satisfaisante de celles-ci quels que soient le mode et les conditions de transport.

Nous verrons par ailleurs au chapitre 5, comment nous avons tenu compte - dans le tracé des courbes d'affectation - du fait qu'une certaine proportion des marchandises ne pouvait être containerisée.

4.132 *Les modes de transport des containers*

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

- (i) Il était tout à fait naturel de considérer que le transport des containers transitant par le tunnel serait assuré par le chemin de fer, non seulement dans le tunnel lui-même mais de l'origine sur le continent à la destination finale en Grande-Bretagne ou vice-versa.
- (ii) Le transport des containers de l'origine sur le continent jusqu'au port d'embarquement (ou de celui-ci à la destination finale sur le continent), dans le cas du recours aux moyens de transport concurrents du tunnel, est en général un transport à moyenne ou longue distance. Aussi avons-nous admis également que le transport des containers serait en général assuré par le chemin de fer dans ce cas-là. Néanmoins, pour les liaisons à courte distance nous avons considéré des transports par camion.
- (iii) Le transport maritime des containers doit naturellement être effectué dans un bateau porte-cadres dont les caractéristiques sont données au paragraphe 4.322.

(iv) Le transport des containers entre le port britannique de débarquement et la destination finale (ou vice-versa) est en général un transport à courte distance. En effet le port touché est souvent l'un des plus proches de la destination finale en Grande-Bretagne; de la forme "allongée" de la Grande-Bretagne jointe à son insularité, il résulte que le transport terrestre en Grande-Bretagne est souvent assez court.

Nous avons donc admis qu'en principe le transport terrestre en Grande-Bretagne se ferait par route.

Cependant, certaines liaisons portant sur des distances assez importantes et les chemins de fer britanniques étant très compétitifs dans certain cas grâce à leurs trains-blocs, il nous est apparu nécessaire de remédier à ce que notre hypothèse pouvait avoir d'imparfait. Nous avons donc comparé, lorsque ceci était possible, les tarifs de transport par trains-blocs aux prix de transport par camion et nous avons retenu le moyen le moins onéreux sur l'itinéraire considéré (qui en fait est toujours le train-bloc quand il existe).

Il est clair que ces hypothèses relatives aux modes de transport des containers, comme celle portant sur la containerisation des marchandises sont des outils de travail. Ainsi il est évident qu'un certain nombre de camions emprunteront les navettes assurant la traversée du tunnel. Le transport des marchandises sur le continent sera donc assuré par les routiers dans certains cas.

Néanmoins nous considérons que le cadre ainsi tracé doit permettre de déterminer avec une précision satisfaisante, les différentielles des coûts de transport entre le tunnel et les moyens concurrents, et partant, le détournement des marchandises vers le tunnel.

4.2 LES TRANSPORTS FERROVIAIRES

Le transport ferroviaire des containers a débuté assez récemment sur le continent. Les tarifs de transport sont pour cette raison en rapide évolution et les prix de revient eux-mêmes - qui dépendent notablement du volume du trafic - ne sont pas encore connus avec une très grande précision.

Néanmoins, de nombreuses études ont déjà été entreprises sur ce sujet; les estimations des coûts en fonction des principaux paramètres sont maintenant assez solidement fondées et ne sauraient être sérieusement démenties par les fait.

4.21 Les tarifs de transport des containers

La société "Intercontainer" est chargée de promouvoir sur le continent européen le transport ferroviaire international des containers. Les tarifs actuellement appliqués par cette société ont été élaborés en faisant la somme des prix de transport sur les différents tronçons nationaux composant l'itinéraire considéré. Il ne s'agit donc pas de tarif "de bout en bout" à proprement parler. Le terme constant, c'est à dire indépendant de la distance, intervenant dans toute formulation des prix ou des coûts est repris autant de fois qu'il y a de pays traversés. Les barèmes actuels de la société intercontainer sont donc artificiellement majorés et il a paru impossible, pour cette raison, de les prendre en compte dans cette étude.

De la même façon, les barèmes nationaux - que nous aurions dû appliquer pour calculer le prix de transport entre le port continental et la destination (ou l'origine) sur le continent - ont paru assez souvent inadéquats. Ils ont généralement été conçus comme le sont les tarifs de transports par wagon ordinaire, c'est à dire en fonction du poids des marchandises, alors que la notion essentielle dans le domaine des transports par container est celle de volume utile. Le coût à la tonne du transport des produits de forte densité est donc, toutes choses égales d'ailleurs, moins élevé que celui des produits de faible densité. En réalité le coût de transport par tonne n'est pas tout à fait inversement proportionnel à la densité, mais il devrait se rapprocher davantage de cette loi que ne l'indiquent un certain nombre de tarifs.

La façon la plus sûre d'estimer les prix des transports de containers est donc de déterminer les prix de revient correspondants. En effet, tout porte à croire que, dans la situation actuelle des transports terrestres de marchandises, caractérisée par une concurrence de plus en plus vive entre le fer et la route, les prix effectivement pratiqués seront à l'avenir assez proches des prix de revient.

4.22 Trafic diffus et trafic par train-bloc

- (1) Le trafic diffus des containers s'apparente au trafic des wagons ordinaires. Le wagon porte-cadres passe dans différents triages et est acheminé vers sa destination finale par un train de marchandises comportant aussi des wagons de type classique.

- (ii) Le trafic par train-bloc permet d'utiliser au mieux les avantages du container sur le plan des transports ferroviaires. En effet le train-bloc est un train composé d'un nombre fixe de wagons porte-cadres qui font l'aller et retour entre deux centres importants. On évite ainsi les coûts et délais liés au triage des wagons et à la constitution des trains ce qui permet d'assurer une bonne rotation du matériel.

En fait le trafic par train-bloc n'est pas soumis à des règles aussi rigides que celles que nous avons indiquées. On peut considérer encore comme relevant de la technique des trains-blocs des trains qui seraient scindés en deux ou trois tronçons à partir d'un embranchement donné de façon à desservir des centres d'importance comparable, ou encore un train dont une partie resterait dans une première gare A tandis que l'autre serait acheminée vers une autre gare plus éloignée B et qui serait reformé en A au retour.

4.221 *Conditions de rentabilité d'un train-bloc*

La création d'un train-bloc sur une certaine relation est économiquement rentable quand le volume du trafic sur celle-ci atteint un certain seuil. Actuellement, compte tenu de l'état des techniques et des prix de revient des transports routiers concurrents, on considère qu'un train-bloc peut-être créé entre deux centres (ou deux "zones") quand le trafic annuel global entre ceux-ci est au moins égal à 90.000 tonnes (deux sens réunis)*. Mais naturellement, ce seuil n'est pas fixé ne varietur. Il est probable qu'il évoluera dans les cinq prochaines années.

4.222 *Types de transport retenus sur les différentes relations*

La détermination du type de transport à retenir sur chaque relation (train-bloc ou trafic diffus) eût nécessité une étude particulièrement longue. Il aurait fallu étudier chaque route en détail ce qui n'était pas possible dans le cadre de ce contrat. Aussi avons nous cherché à diversifier autant que possible les règles de choix sans chercher à établir un critère au niveau de chaque route.

* Sous réserve toutefois que la distance entre les deux centres soit suffisante (au moins 250 km). En fait, le tonnage minimum justifiant la mise en service d'un train-bloc entre deux centres est fonction de la distance qui les sépare.

4.2221 Routes reliant les origines aux destinations par le tunnel.

Sur ces routes nous avons admis que le transport serait en général "diffus" à moins que le volume du trafic ne justifie la création d'un train-bloc*. Les routes sur lesquelles la création d'un train-bloc devrait être justifiée en 1975 sont les suivantes : Londres-Ruhr, Londres-Bruxelles, Londres-Paris et Londres-Milan. Sur toutes ces relations les tonnages prévus dépassent 100.000 tonnes. En 1985 un train reliant Londres à Lyon serait aussi économiquement justifié mais nous avons préféré ne pas en tenir compte.

4.2222 Routes reliant les origines (ou destinations) sur le continent aux ports continentaux

Par homogénéité avec ce qui précède nous avons supposé que de la Ruhr, Bruxelles, Paris et Milan vers les ports d'exportation (ou en provenance des ports d'importation) le trafic se ferait par train-bloc.

Pour les autres routes - où le trafic éventuel vers le tunnel serait de type diffus - nous avons admis que le trafic concurrent, de l'origine (ou de la destination) vers (ou en provenance) du port continental serait aussi de type diffus.

Tout ce qui vient d'être dit dans ce paragraphe s'entend naturellement sous réserve que le transport routier ne soit pas compétitif sur la relation considérée. Quand il n'en était pas ainsi, nous avons naturellement retenu les coûts routiers de préférence aux coûts ferroviaires. Ce dernier point sera d'ailleurs développé au paragraphe 4.5.

4.23 Etude des prix de revient des transports par train-bloc

4.231 Les études faites par des ingénieurs-conseils pour le compte de la société Intercontainer ont abouti à la formulation des prix de revient des transports de container par train-bloc exposée ci-dessous. Soient :

N le nombre de wagons porte-cadres (on peut charger 3 containers de 20 pieds par wagon)

L le coefficient de chargement moyen du train c'est à dire le quotient :
Nombre de containers chargés transportés par le train
Capacité du train en containers

* Dans une étude plus large, il faudrait peut-être envisager également le transport des containers par rame complète, solution intermédiaire entre les trafics diffus et par train-bloc (cf § 4.22 in fine).

D la distance entre les deux terminaux en kilomètres.

- (i) Le prix de revient (en francs) du transport de terminal à terminal (qui exclut par conséquent la livraison du container à domicile ou son enlèvement) s'écrit, pour un container de 20 pieds :

$$\text{si } N < 15, C = \frac{494}{N} + \frac{1}{L} (1,26 + 3,22 \frac{D}{N} + 0,0103 D)$$

$$\text{Si } 15 \leq N < 20, C = 32,9 + \frac{1}{L} (1,26 + 3,22 \frac{D}{N} + 0,0103 D)$$

- (ii) Pour toute traversée de frontière - qui entraîne nécessairement l'immobilisation du train pendant un certain temps, on doit ajouter une charge d'environ 10 F par container.
- (iii) Le coût du chargement d'un container sur un wagon (ou de son déchargement) - qui n'est pas inclus dans les formules précédentes - est estimé à 8,50 F pour les chantiers équipés de grues adéquates. L'arrimage des containers sur les wagons modernes est automatique et n'entraîne pas de frais supplémentaires.
- (iv) Il faut enfin ajouter aux coûts précédents celui de l'enlèvement ou de la livraison à domicile du container par route. Le coût de ces opérations (enlèvement ou livraison) dépend de nombreux facteurs : distance de livraison, vitesse moyenne du camion sur le parcours, poids du container. De façon sommaire on peut dire que le coût du transport terminal par camion est compris entre 80 F et 200 F (pour une opération). Etant donnée l'importance de ce paramètre nous étudierons en détail les différentes valeurs qu'il peut prendre au paragraphe 4.26

4.232 Prix de revient déterminés par la SNCF

La SNCF vient d'inaugurer certaines liaisons par train-bloc et les tarifs en vigueur sur ces liaisons sont très proches des prix de revient.

Ceux-ci ont été calculés dans l'hypothèse d'un coefficient moyen de chargement de 60% et d'un nombre moyen de 14 wagons par train.

La variation des coûts en fonction de la distance - résultant des études de la SNCF - est représentée sur le graphique 4.1. Trois tranches de poids ont été distinguées :

- (i) poids brut du container, $p < 10$ t
- (ii) 10 t \leq poids brut du container, $p < 16$ t
- (iii) poids brut du container, $p \geq 16$ t

Algébriquement les relations $C = f(D)$ s'écrivent dans les trois cas qui sont distingués :

si $p < 10$ t , $C = 0,357 D + 62$

si 10 t $\leq p < 16$ t , $C = 0,427 D + 65$

si $p \geq 16$ t , $C = 0,475 D + 72$

C étant toujours exprimé en francs et D étant la distance réelle en kilomètres.

En fait la relation $C = f(D)$ établie à partir des tarifs SNCF s'ajuste mieux sur les distances tarifaires que sur les distances réelles. Mais on doit tenir compte du fait que la France est le seul pays qui ait introduit la notion de distance tarifaire alors que nous cherchons une formulation des coûts indépendante du réseau. La distance réelle était donc le seul paramètre utilisable de façon générale.

4.233 Comparaison des deux expressions des prix de revient en fonction de la distance.

4.2331 Si l'on remplace dans la formule indiquée au paragraphe 4.231 N par 14 et L par 0,6 il vient :

$$C = 0,402 D + 36$$

Cette expression est à rapprocher de celles indiquées au paragraphe 4.232. On constate que le terme constant (36) est nettement plus faible que ceux déterminés par la SNCF. Par contre la pente (h) de la droite $C = f(D)$ (0,402) se situe bien dans la fourchette déterminée par la SNCF (0,357 - 0,475) et est assez proche de la valeur déterminée pour la tranche de poids intermédiaire (0,427).

Dans la mesure où seule la différence des coûts de transport par la tunnel et les moyens concurrents intervient dans la détermination du trafic détourné, le terme constant est sans importance *. Le coefficient qui influe sur cette différence est en fait h. Il est donc satisfaisant de constater que les deux estimations de h sont relativement concordantes.

4.2332 Le problème se pose néanmoins de savoir si les prix de revient dépendent effectivement de la charge des containers ou s'ils n'en dépendent pas.

A priori, on pourrait penser que seule l'énergie de traction augmente légèrement avec la charge des containers. Mais en fait le problème est plus complexe. En effet le tonnage des trains est limité. Ceci est vrai pour tout train de marchandises mais s'applique particulièrement aux trains-blocs dans la mesure où ceux-ci circuleront en général en régime accéléré. En effet le tonnage maximum autorisé diminue quand la vitesse augmente.

Ainsi en France, un train de 20 wagons, d'une capacité totale de 60 containers, circulant en régime accéléré ne peut dépasser 1.100 tonnes brutes ce qui, compte tenu de la tare des wagons et des containers correspond à 600 tonnes de marchandises environ. Si les containers sont chargés à plus de 10 tonnes on ne pourra donc pas les transporter tous sur ce train.

De façon analogue, en Grande-Bretagne, la charge maximum des wagons porte-cadres est de 51 tonnes (pour les wagons actuellement en service). Compte tenu de la tare des containers on ne peut donc charger plus de 45 tonnes. Si les containers devant composer le train sont tous lourdement chargés, on ne pourra donc en placer que deux par wagon au lieu de trois.

* Dans le cas général où l'itinéraire concurrent du tunnel se compose d'un tronçon parcouru par fer sur le continent, d'une traversée maritime et enfin d'un tronçon parcouru par camion en Grande-Bretagne, les termes constants des coûts ferroviaires disparaissent dans la différence : coût origine destination via tunnel - coût origine destination par l'itinéraire concurrent.

En résumé il semble bien que le poids total du container intervienne dans les prix de revient des transports par fer dans la mesure où il limite la capacité des trains. Ainsi en Grande-Bretagne, la taxation "au container", indépendamment de toute notion de poids, a été adoptée sur le réseau intérieur de trains-blocs car la charge moyenne nette des containers constituant ce trafic est de l'ordre de 8 tonnes, les containers lourdement chargés étant assez peu nombreux. Au contraire les tarifs de transport sur les lignes de chemin de fer britanniques au départ de Harwich (trafic international) distinguent trois classes de poids comme les tarifs intérieurs français. La raison en est simple : le poids moyen des containers constituant ce trafic international est élevé (de l'ordre de 12,5 tonnes) et les limitations de capacité dont nous avons parlé ont pour conséquence une majoration des coûts de transport pour les containers les plus lourds.

Dans la suite des calculs nous retiendrons donc les trois formules $C = f(D)$ indiquées au paragraphe 4.232 et dont les champs d'application dépendent du poids du container.

4.24 Etude des prix de revient des transports ferroviaires diffus de containers

4.241 Nous les avons déduits des barèmes appliqués au transport diffus des containers en provenance ou à destination des ports français. Sur les barèmes officiels la SNCF consent une réduction de 15% à la CNC (Compagnie Nouvelle de Cadres qui joue le rôle de groupeur). Le prix consenti par la SNCF à la CNC est proche de son prix de revient. Or l'activité de groupage de la CNC correspond évidemment à certaines dépenses. Elle a donc un coût. Si l'on fait abstraction de celui-ci, on peut considérer que le tarif officiel minoré de 15% représente avec une bonne approximation le coût des transports diffus de containers.

4.242 D'ailleurs le problème le plus important en ce qui concerne le trafic diffus n'est pas de connaître les prix de revient du transport d'un container isolé avec une absolue précision mais plutôt de savoir le nombre moyen de containers qui seront groupés sur un même wagon en 1975 ou dans un avenir plus éloigné. Actuellement dans le trafic vers la Grande-Bretagne au départ des villes de province les groupages de containers ne sont pas très fréquents (30% des containers font l'objet d'envois groupés). Mais naturellement lorsque la "containerisation" se sera développé, les groupages seront plus nombreux. Après avoir pris l'avis des responsables de la SNCF et de la CNC nous avons admis que le nombre moyen de containers par wagon en trafic diffus serait de 2

B

(rappelons que les wagons sont conçus pour pouvoir transporter 3 containers de 20 pieds). Cette hypothèse semble très vraisemblable; si le nombre moyen de containers groupés était plus élevé* les prix de revient seraient inférieurs à ceux que nous indiquons ci-dessous.

Comme la distance origine-destination par le tunnel est presque toujours supérieure à celle du tronçon origine-port continental (par la route concurrente) la rentabilité du tunnel augmente quand les prix de revient de transport par fer diminuent. Il en résulte qu'en admettant qu'il y aura en moyenne deux containers par wagon à l'horizon 1975, nous adoptons une hypothèse vraisemblablement pessimiste en ce qui concerne le taux de rentabilité du tunnel.

4.243 En utilisant les hypothèses précédentes on aboutit aux formules de coût indiquées ci-dessous, où C est le coût du transport d'un container de 20 pieds en francs et D la distance réelle parcourue en kilomètres :

poids brut du
container inférieur à 10 tonnes $C = 107 + 0,488 D$

poids brut du
container compris entre 10 et 16 tonnes $C = 109 + 0,514 D$

poids brut du
container supérieur à 16 tonnes $C = 115 + 0,542 D$

Aux coûts ci-dessus il faut naturellement rajouter 10 francs par frontière traversée - pour tenir compte de l'immobilisation des wagons notamment - comme nous l'avons fait également pour les coûts de transport par train-bloc.

* Il est évident qu'il y a un optimum à trouver faisant intervenir à la fois la taille des wagons, leur coefficient de remplissage et la taille des containers utilisés. Les responsables de la CNC pensent être en mesure, dans quelques années, de grouper plus de deux containers en moyenne sur un wagon de 60 pieds en trafic intérieur.

4.244 Si l'on compare les formules retenues pour les transports en trafic diffus d'une part, en train-bloc d'autre part, on peut faire les remarques suivantes :

Le coefficient de D relatif au transport diffus qui compte davantage que le terme constant pour les distances relativement longues est - par rapport au coefficient de D associé au transport par train-bloc - supérieur de

- 36% pour des containers pesant moins de 10 tonnes
- 20% pour des containers dont le poids est compris entre 10 et 16 tonnes
- 14% pour des containers de plus de 16 tonnes.

Cette dégressivité s'explique bien dans la mesure où les dépenses supplémentaires correspondant au transport diffus sont essentiellement :

- les tris répétés des wagons le long du parcours
- le coût plus élevé des wagons (les trains-blocs utilisent des "wagons squelettes" sans plancher)
- certaines dépenses administratives (lettres de voiture)

Or ces dépenses augmentent bien avec la distance mais ne varient pas beaucoup selon le poids du container.

4.25 Formules de coûts retenues pour les routes reliant la Grande-Bretagne à l'Espagne ou l'Italie.

(1) Il est apparu que les formules données précédemment pour les transports diffus ou par train-bloc ne pouvaient pas être appliquées sans modification aux routes reliant l'Espagne ou l'Italie à la Grande-Bretagne. En effet, si l'on peut admettre que les formules relatives au transport diffus sont applicables sur les tronçons britanniques et espagnols ou italiens, elles paraissent par contre inadaptées au transport ferroviaire entre le tunnel et les frontières espagnoles ou italienne. Le nombre peu élevé de points frontières (principalement Hendaye pour l'Espagne et Chiasso ou Modane pour l'Italie) ainsi que l'importance vraisemblable du trafic en provenance ou à destination du tunnel devrait permettre en effet de constituer des trains complets. Or le prix de revient du transport par train complet, sans être aussi bas que celui du transport par train-bloc en est néanmoins très proche.

- (ii) En accord avec la SNCF nous avons donc retenu la formulation suivante pour les coûts de transport ferroviaire par le tunnel au départ d'Espagne ou d'Italie :

Soient D_1 la distance ferroviaire parcourue en Grande-Bretagne
 D_2 la distance^{*} ferroviaire de transit (à travers la France ou la Suisse)
 D_3 la distance ferroviaire en Espagne ou en Italie
 D la distance ferroviaire totale^{**}
 n' le nombre des frontières traversées sur le parcours en transit (correspondant à la distance D_2)
 C le coût en francs du transport ferroviaire (à l'exclusion des transports terminaux)
 p le poids brut du container

Poids brut du container	Formule de coût utilisée
$p < 10$ t	$C = 169 + 0,357 D_2 + 0,488 (D_1 + D_3) + n' \times 10$
10 t $< p < 16$ t	$C = 174 + 0,427 D_2 + 0,514 (D_1 + D_3) + n' \times 10$
$p > 16$ t	$C = 187 + 0,475 D_2 + 0,542 (D_1 + D_3) + n' \times 10$

* Les distances sont exprimées en kilomètres; D_2 inclut aussi le passage dans le tunnel.

** Naturellement $D = D_1 + D_2 + D_3$

(iii) Si l'on considère un transport sur une route d'environ 2.000 kilomètres comportant 1.100 kilomètres de transit à travers la France (distance D_2) l'économie qui résulte de l'application des formules précédentes par rapport aux formules relatives au transport diffus est respectivement de :

100 F pour les containers dont le poids est inférieur à 10 tonnes

50 F pour les containers dont le poids est compris entre
10 et 16 tonnes

20 F pour les containers dont le poids est supérieur à 16 tonnes

On notera que cette différence de 20 F pour les containers chargés de plus de 16 tonnes, qui peut paraître faible, n'est pas sans incidence sur le détournement car les produits correspondants (fer et acier, papier et carton, chimie) sont caractérisés - comme nous le verrons au chapitre 5 - par des courbes d'affectation dont "les pentes sont fortes".

(iv) Sur les tronçons continentaux des routes concurrentes du tunnel (Milan-Gênes par exemple), nous avons admis que le transport était effectué par fer selon le mode diffus, à moins naturellement que le transport routier ne soit plus économique.

4.26 Transports terminaux

4.261 *Transports terminaux sur le continent*

Il faut enfin ajouter aux coûts précédents celui de l'enlèvement ou de la livraison à domicile des containers par la route. Le coût de ces opérations dépend essentiellement de la distance de l'usine ou du dépôt au terminal le plus proche; il est aussi fonction du poids du container.

Selon les informations qui nous ont été fournies par la SNCF, le coût de la livraison par route d'un container de 20 pieds dans un rayon de dix kilomètres 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.

* La tare d'un container de 20 pieds est approximativement de 2 tonnes.

Entre 10 et 16 tonnes de poids brut, le coût moyen est d'environ 100 F. La comparaison entre coûts de transport routiers et ferroviaires illustrée par les graphiques 4.3 et 4.4 a été établie sur ces bases. Néanmoins si le terminal est situé dans un centre très important, le rayon de livraison (ou enlèvement) est souvent supérieur à 10 km. Ainsi, pour la livraison à Paris, la SNCF estime qu'il convient de majorer uniformément les coûts précédents de 30 F. On remarquera d'ailleurs que :

- les coûts précédents sont homogènes avec les coûts routiers calculés dans ce chapitre si l'on admet que la vitesse moyenne d'un camion en ville est de l'ordre de 10 km/heure.
- la valeur retenue pour ces frais de camionnage entre le terminal ferroviaire et la destination (ou l'origine) sur le continent intervient peu dans la suite des calculs. En effet elle disparaît dans la différence entre coût de transport par le tunnel et par la voie maritime. Le seul cas - peu fréquent comme on le verra au paragraphe 4.5 - où cette valeur intervient, est celui où l'on conduit les calculs en supposant que le mode de transport entre port et destination sur le continent est la route.

4.262 *Transports terminaux en Grande-Bretagne*

Les camionnages terminaux en Grande-Bretagne interviennent plus directement dans la suite des calculs, sauf dans deux cas importants :

- Le transport en Grande-Bretagne par la route concurrente du tunnel est assuré par train-bloc.
- Le port de transit britannique est aussi l'origine ou la destination des marchandises.

Dans une étude très complète il serait sans doute souhaitable de considérer des coûts terminaux de camionnage variables avec l'importance de la ville origine ou destination. Ces coûts devraient résulter d'une étude détaillée des valeurs moyennes des distances et des temps de livraison.

3

Si l'on se réfère aux tarifs des chemins de fer britanniques, on constate que le transport terminal d'un container de 10 à 16 tonnes dans un rayon de 5 à 10 miles autour du terminal est facturé 12 £, soit approximativement 140 F. Ce montant est d'ailleurs un prix plancher pour Londres et Birmingham, quelle que soit la distance de livraison. Nous avons retenu cette somme de 140 F. comme coût moyen des transports terminaux en Grande-Bretagne (pour les containers de 10 à 16 tonnes de poids brut).

4.263 Centres directement reliés au continent par le tunnel

Les British Railways nous ont fourni la liste des villes* qu'ils envisagent de relier au continent par service direct via le tunnel. Ce sont, dans l'ordre alphabétique : Birmingham, Bristol, Cardiff, Glasgow, Leeds, Liverpool, Londres, Manchester, Newcastle, Nottingham, Plymouth, Swansea. Nous avons retenu pour ces différents centres les coûts moyens de camionnage actuellement observés soit :

- 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

4.264 Centres non directement reliés au continent par le tunnel

Pour ceux-ci, le problème du camionnage terminal est assez différent. En effet, le container devra être transporté du dépôt au terminal le plus proche et la distance à parcourir par route sera nettement plus élevée. Par rapport aux coûts cités au paragraphe précédent la charge additionnelle a été estimée à 50 F (quel que soit le tonnage du container). Cette évaluation est fondée sur des renseignements fournis par les British Railways. Ainsi les suppléments de coût qu'il faudrait acquitter pour Coventry (par rapport à Birmingham), Newport (par rapport à Cardiff), Hull (par rapport à Leeds) sont tous de 4 livres. Dans le dernier cas d'ailleurs, la distance de Hull à Leeds étant relativement élevée

* Voir la localisation des ces différents centres sur la planche 3.7

(80 km environ) le transport de Leeds à Hull pourrait être effectué par chemin de fer; on pourrait aussi envisager que le train se scinde en deux à Doncaster, une rame continuant sur Leeds et l'autre sur Hull.

4.27 Remarques d'ordre général

4.271. *Système de péage adopté pour le tunnel*

On notera que la structure des coûts de transport des containers ne préjuge pas la politique des péages que nous proposerons pour le tunnel. En effet, la limitation de la capacité des trains, le fait que certains wagons ne soient chargés que de deux containers et non de trois ne limitent pas pour autant la capacité du tunnel dans la mesure où celui-ci ne sera pas saturé avant de longues années (à l'exception peut être de quelques périodes de pointe très brèves)*. Un péage unique par container, quelle que soit sa charge peut donc très bien être envisagé.

4.272 *Les parités tarifaires au départ de Bâle*

On remarquera aussi que les formules de prix de revient que nous avons employées entraînent l'abandon des parités tarifaires entre Bâle et les principaux ports de la mer du Nord : Dunkerque, Zeebrugge, Anvers, Rotterdam et Amsterdam. Ceci revient donc à modifier les tarifs pour tenir compte des distances réelles entre Bâle et ces cinq ports. On observera toutefois que le supplément de coût résultant du passage de frontières peut annuler le léger gain réalisé sur certaines relations (dont Bâle - Anvers) et résultant du fait que les distances sont moindres sur celles-ci que sur d'autres, Bâle - Dunkerque par exemple.

* Il ne devrait pas y avoir de saturation du tunnel avant l'an 2000. Rappelons que 15 trains par heure devraient pouvoir circuler dans chaque sens à l'intérieur du tunnel et que - pendant les périodes de pointe, à condition qu'elles ne durent pas plus de deux ou trois heures - la capacité du tunnel pourrait même être portée à 20 trains par heure et par sens.

D'après les perspectives de trafic que nous avons faites, le nombre de trains de marchandises par heure et par sens en l'an 2000 devrait être inférieur à deux. Comme ce trafic est en outre assez régulièrement réparti et sans doute légèrement plus faible en été que pendant le reste de l'année, le volume des marchandises transitant par le tunnel restera donc très en-deçà de la capacité de celui-ci. De plus, les trains de marchandises circuleront généralement la nuit, c'est à dire en dehors des périodes de pointe du trafic "passagers".

4.3 TRANSPORTS MARITIMES

4.31 Diversité des routes prises en compte

4.311 Nous avons indiqué au chapitre précédent la façon dont on a déterminé les divers itinéraires "origine - destination" suivis par les onze produits étudiés dans le détail. Ces itinéraires sont au nombre de 2.000 environ. Chacun d'eux comporte une section continentale, une traversée maritime et une section britannique.

Parmi les 2.000 itinéraires différents, on dénombre environ 230 traversées maritimes distinctes. La grande majorité de ces routes appartiennent à la Manche ou à la mer du Nord; les autres relient les ports britanniques à certains ports de la Méditerranée et de l'océan Atlantique.

4.312 Il n'entrait pas dans le cadre de la présente étude de rechercher les taux de fret sur un si grand nombre de routes.

Par ailleurs, si l'on peut penser que le trafic de bateaux porte-containers se développera sur de nouvelles lignes régulières, et même peut-être au tramping, il n'existe pas actuellement de transport de containers sur la plupart des liaisons maritimes recensées. En fait il semble probable que la généralisation des formes modernes de transport maritime s'accompagnera d'une structure nouvelle, beaucoup moins diversifiée, des routes reliant la Grande-Bretagne au continent.

4.313 Pour toutes ces raisons, il nous a paru nécessaire de reprendre le problème des coûts de transport par mer à son début et d'estimer les prix de revient sur chaque liaison. Cette méthode présente différents avantages :

- (i) Elle permet, en se plaçant dans des conditions analogues quant à l'importance des lots de containers, d'éliminer l'effet des ristournes qui peuvent parfois fausser les comparaisons entre les divers tarifs connus.
- (ii) Elle permet surtout de s'affranchir des marges bénéficiaires qui sont assez variables d'une ligne à l'autre et de connaître la limite au-dessous de laquelle les taux de fret ne sauraient théoriquement descendre.
En effet il est vraisemblable que la mise en service du tunnel s'accompagnera d'une modification de la structure des frets et que des baisses - quand elles seront possibles - seront consenties par les armateurs pour faire face à la concurrence du tunnel.

4.32 Méthodologie des calculs de prix de revient

4.321 Il existe deux types principaux de bateaux pouvant transporter des containers sur la Manche ou la mer du Nord :

- (i) des bateaux porte-cadres spécialement conçus pour ce genre de transport
- (ii) des bateaux mixtes pouvant transporter simultanément des passagers d'une part, et des camions ou des remorques sur lesquelles on place des containers d'autre part (bateau roll on-roll off).

Il est particulièrement difficile de calculer le prix de revient du transport des containers dans un bateau mixte. En effet, on se heurte au problème de la ventilation des charges communes entre passagers et marchandises.

Dans la pratique il semble d'ailleurs qu'actuellement les bénéfices réalisés dans le trafic "passagers" servent dans une certaine mesure de compensation au bas niveau des frets marchandises. Rien ne prouve cependant que cette situation se perpétuera quand le tunnel sera ouvert, car la concurrence s'exercera aussi bien sur le transport des passagers que sur le transport des marchandises.

4.322 Description du navire de référence

Nous avons considéré un bateau construit pour le seul transport des marchandises, et plus spécialement des containers. De façon plus précise, le bateau que nous avons considéré comporte deux cales spécialement conçues pour recevoir des containers de 20 pieds et deux ponts sur lesquels on peut soit entreposer des containers, soit garer des camions ou des remorques. Sur le pont supérieur enfin il est également possible de stocker des containers.

Le gréement intérieur du navire comporte deux ponts roulants de 35 t permettant, le chargement des containers dans les cales, leur déchargement, et de façon plus générale, toutes les manutentions intérieures.

La capacité totale du bateau est de 194 containers de 20 pieds, ou encore de 36 containers de 20 pieds et de 70 remorques de 9 mètres de long.

4.323 Liste des paramètres à prendre en compte

4.3231 Caractéristiques techniques du bateau considéré

Les différents éléments intervenant dans le calcul des charges portuaires ou dans celui du prix de revient des traversées sont les suivants :

Caractéristique	Symbole	Valeur
1.1 Port en lourd total (t.d.w.)	T	2.100 t.d.w.
1.2 Port en lourd utile	TU	1.900 t.d.w.
1.3 Jauge brute	GRT	2.700 t.j.b.
1.4 Jauge nette	NRT	880 t.j.n.
1.5 Longueur	l	104 m
1.6 Tirant d'eau en charge	tc	4,70 m
1.7 Tirant d'eau à vide	tv	4,10 m
1.8 Vitesse de croisière	V	15 noeuds
1.9 Capacité totale	Ct	194 containers de 20'

4.3232 Coûts à prendre en compte pour le calcul des charges fixes

Ils sont recensés dans le tableau ci-dessous :

Caractéristique	Symbole
2.1 Taux d'intérêt	i
2.2 Durée d'amortissement	D
2.3 Annuité d'amortissement	Am
2.4 Salaires, repas, charges sociales (par jour)	S
2.5 Réparations (par jour)	R
2.6 Assurances (par jour)	A
2.7 Frais de gérance et divers (par jour)	G

4.3233 Eléments à considérer dans le calcul des dépenses variables

Ces éléments sont de trois ordres :

Caractéristique	Symbole
1	2
3.1 Consommation de fuel en mer (1)	C_2
3.2 Consommation de diesel à quai (1)	C_3
3.3 Prix de la tonne de fuel	Fu
3.4 Prix de la tonne de diesel	Di
3.5 Droits et charges portuaires	P
3.6 Nombre annuel de jours pendant lesquels le bateau est en service	N_1
3.7 Nombre annuel de jours passés en mer	N_2
3.8 Nombre annuel de jours passés à quai (2)	N_3
3.9 Distance entre le port d'origine et le port de destination	d
3.10 Nombre annuel de voyages aller-retour	n
3.11 Nombre de jours passés dans les ports au cours d'un voyage aller-retour	n_1
3.12 Retard dû au mauvais temps au cours d'un voyage aller-retour (exprimé en jours)	n_2
3.13 Durée (en jours) d'un voyage aller-retour	t
3.14 Coefficient de charge moyen	z
<p>(1) C_2 et C_3 par homogénéité avec N_2 et N_3.</p> <p>(2) Naturellement $N_1 = N_2 + N_3$.</p>	

- (i) Des données relatives aux consommations (volumes ou prix unitaires)
- (ii) Des données permettant de calculer le nombre annuel de traversées dans l'hypothèse (que nous faisons) où le navire voyage toute l'année sur le même itinéraire
- (iii) Des données sur le nombre moyen de containers transportés à chaque voyage.

L'ensemble de ces éléments figure sur le tableau ci-après :

4.324 Description du calcul des prix de revient

Si l'on désigne par C le coût de transport d'un container de 20 pieds, on a, en utilisant les notations précédentes :

$$C = \frac{A_m + (S + R + A + E) \times 365 + C_2 N_2 Fu + C_3 N_3 Di + P \times n}{2 \times Ct \times z \times n}$$

Naturellement, le coût de transport C s'entend de bord à bord. Les frais de manutention dans les ports seront pris en compte ultérieurement.

La formule précédente suppose que l'on ait préalablement déterminé n, N₂ et N₃.

Rappelons que :

n₁ est le nombre de jours passés dans les deux ports au cours d'un voyage aller-retour pour le chargement, le déchargement et les attentes éventuelles avant accostage ou appareillage.

n₂ est le temps supplémentaire passé en mer en raison de mauvais temps au cours d'un voyage aller-retour. Ce temps dépend naturellement de la traversée considérée.

Avec des unités appropriées, on peut donc écrire, t étant la durée d'un voyage aller-retour :

$$t = \frac{2d}{V} + n_1 + n_2$$

$$n = \frac{N_1}{t}$$

$$N_3 = n \times n_1$$

$$N_2 = N_1 - N_3$$

4.33 Valeur des paramètres

4.331 Valeur des paramètres relatifs au navire

4.3311 Amortissement du navire

Le navire que nous avons décrit coûte approximativement 18 millions de francs. Les conditions d'amortissement que nous avons retenues en accord avec les armateurs sont les suivantes :

(i) Durée d'amortissement D : 15 ans

(ii) Taux d'intérêt 6%

En fait la durée de vie de ce type de navire est probablement plus grande mais on doit tenir compte du fait que les armateurs cherchent à amortir rapidement leurs bateaux en raison de l'ouverture probable du tunnel à moyen terme.

Dans ces conditions, le coefficient d'amortissement est 0,103 et l'annuité correspondante :

18 X 0,103 = 1,854 millions de francs

4.3312 Autres dépenses fixes

Il s'agit de la somme S + R + A + G des salaires, réparations, assurances et frais de gérance. Cette somme est estimée à 6.030 F par jour, soit annuellement 2,2 millions de francs dans le cas d'un armement français. Elle pourrait être légèrement inférieure dans le cas d'un armement étranger. La répartition de ce montant entre les différents postes est approximativement la suivante :

Rubrique	Part relative en %
1. Salaires, charges sociales S	45
2. Réparations R	25
3. Assurances A	16
4. Frais de gérance G	14
Total (1 à 4), S + R + A + G	<u>100</u>

4.332 Paramètres relatifs aux dépenses variables (à l'exclusion des charges portuaires)

4.3321 Prix du fuel et du diesel dans les différents pays et consommations unitaires.

(1) Les prix suivants sont exprimés en francs par tonne longue, comme il est d'usage. Le prix du fuel en Grande-Bretagne étant supérieur à celui pratiqué dans les autres pays, nous ne l'avons pas mentionné ici*.

Pays d'escale	Fuel	Diesel
1. Allemagne	60,7	112,7
2. Hollande	57,1	109,1
3. Belgique	58,6	110,6
4. France : ports de la Manche, de la mer du Nord ou de l'Atlantique	77,5	140,0
5. France : ports de la Méditerranée	76,2	139,0
6. Espagne	76,2	139,0
7. Italie	66,3	128,0

(ii) Les consommations de fuel et de diesel du navire considéré sont approximativement les suivantes :

$C_2 = 12,6$ tonnes/jour en mer

$C_3 = 0,6$ tonne/jour à quai

* Dans le cas d'un navire de ligne régulière faisant l'aller et retour sur une même route on doit en effet considérer que le bateau fait le plein de fuel et de diesel dans le port d'escale où ces carburants sont les moins chers.

4.3322 Paramètres relatifs au nombre annuel de traversées

- (i) Nombre annuel de jours au cours desquels le bateau est disponible (les jours restants étant utilisés à la révision périodique du navire) :
 $N_1 = 350^*$
- (ii) Nombre de jours passés dans les ports au cours d'un voyage aller-retour :
 $n_1 = 0,55$ jours soit approximativement 13 heures pour l'ensemble des opérations de chargement et de déchargement.
- (iii) Retards dus au mauvais temps au cours d'un voyage aller-retour (n_2).
 Dans les zones considérées, Manche, mer du Nord, golfe de Gascogne, où les tempêtes sont assez fréquentes, l'échelle suivante qui est fonction de la distance d , semble pouvoir être retenue :

distance aller (d) en mille marin	n_2 (en jours)
1. $d \leq 100$	0,05
2. $100 < d \leq 400$	0,10
3. $400 < d \leq 700$	0,20
4. $700 < d \leq 1000$	0,30
5. $1000 < d \leq 1500$	0,40
6. $1500 < d$	0,50

(iv) Les distances entre ports (d) figurent pour la plupart dans les tables spécialisées. Nous n'avons pas cru devoir les reprendre ici.

* En fait ceci suppose que le bateau navigue aussi le dimanche. Cette hypothèse est assez bien justifiée pour les lignes longues et l'est moins pour les lignes courtes. Dans le cas où le "repos dominical" serait observé, les prix de revient que nous avons déterminés seraient en fait des estimations par défaut. L'hypothèse que nous avons faite peut donc dans certains cas apparaître pessimiste, c'est à dire moins favorable au tunnel que ne le sera la réalité.

4.3323 Coefficient de charge moyen

Nous avons vu que le bateau considéré pouvait transporter 194 containers de 20 pieds à chaque voyage, ou encore 36 containers de 20 pieds et 70 remorques de 9 mètres de long. Mais il est clair que ce bateau - quelle que soit la traversée - naviguera très rarement à pleine charge. Les raisons sont les suivantes :

- (i) Les bateaux porte-containers actuellement en service entre la Grande Bretagne et le continent offrent une capacité de transport très supérieure à la demande. Sur les lignes actuellement les plus florissantes, le coefficient moyen de remplissage des bateaux est de l'ordre de 33%
- (ii) Le trafic des containers devant se développer, il est très vraisemblable que de nouveaux bateaux seront mis en service. En effet, le succès des containers est dû, entre autres choses, à la rapidité de leur acheminement. Il est donc nécessaire de disposer sur chaque ligne d'une capacité suffisante pour absorber les pointes du trafic sans augmentation notable des durées de transport.

Ce qui vient d'être dit s'applique d'ailleurs avec plus d'acuité encore au transport roll on-roll off car l'attente prolongée des remorques ou des camions ferait perdre à ce mode de transport toute sa souplesse.

Tenant compte des remarques précédentes nous avons considéré que le nombre moyen de containers transportés par traversée serait égal à 60, ce qui correspond à un coefficient de charge $z = \frac{60}{194} = 0,31$

4.333 *Manutentions et charges portuaires*

4.3331 Les manutentions

4.33311 Description des différents modes de manutention

La manutention des containers peut se faire de deux façons différentes :

- (1) Par la technique du "lift on-lift off". Le container est chargé ou déchargé au moyen d'une grosse grue installée sur le quai. Ces engins de manutention - qui doivent pouvoir lever des containers pesant jus-

qu'à 30 ou 40 tonnes - sont assez onéreux; les charges d'amortissement qui en résultent sont importantes. Par contre, les charges d'exploitation sont assez faibles.

- (ii) Par la technique du "roll on-roll off". Les containers sont chargés sur des remorques au moyen de grues mobiles montées sur roues et appelées "cavaliers". Ces engins de manutention sont beaucoup moins coûteux que ceux évoqués en (i).

Les remorques sont ensuite embarquées sur le navire à l'aide d'un tracteur qui fait la navette entre le quai et le bateau. Elles sont débarquées de la même façon.

Cette technique nécessite une main d'oeuvre plus importante que celle décrite en (i).

4.33312 Coût des manutentions

Il est particulièrement difficile d'effectuer des calculs de prix de revient des manutentions sans préciser dans quelles conditions se fait le déchargement ou le chargement. En effet on doit faire intervenir, le port d'escale et le coût de la main-d'oeuvre dans ce port, le nombre de containers à charger ou décharger en moyenne par escale, la régularité du trafic ...

D'autre part il était à peu près impossible de connaître les tarifs des manutentions dans les cinquante ports retenus; d'ailleurs, quelques-uns ne sont pas encore équipés pour la manutention des containers.

Aussi n'avons nous retenu que deux taux différents pour les manutentions :

- (i) Dans les ports français, où la main-d'oeuvre est généralement assez chère; le prix de revient du chargement ou du déchargement d'un container est d'environ 54 F (4 £ 10 sh) dans l'hypothèse où il y a environ une cinquantaine de containers à manutentionner lors de chaque escale.
- (ii) Dans les ports anglais ou dans les autres ports d'Europe continentale le coût des manutentions est beaucoup moins élevé. Dans les conditions analogues à celles retenues en (i) - à peu près cinquante containers par escale - le prix de revient de la manutention est de l'ordre de 42 F (3 £ 10 sh), inférieur d'une livre (soit 12 F) au coût des manutentions dans les ports français.

4.3332 Les charges portuaires

4.33321 Différents éléments constituant les charges portuaires

Les composantes des charges portuaires sont les suivantes :

- (i) Droits sur le navire ou sur la cargaison
- (ii) Remorquage
- (iii) Pilotage
- (iv) Lamanage
- (v) Droits d'agence
- (vi) Droits divers

Les principales caractéristiques des navires sur lesquelles les droits et charges portuaires sont calculés, par ordre d'importance :

- (i) Jauges brute et nette
- (ii) Tonnage de la cargaison ou nombre de containers
- (iii) Tirant d'eau
- (iv) Longueur du navire (plus rarement)

Nous avons admis que le bateau pourrait en fait se passer de remorqueurs grâce à ses propulseurs latéraux, sauf dans le cas où il doit franchir des écluses avant d'accoster. Dans ce dernier cas nous avons supposé que le bateau emploierait en moyenne un remorqueur par escale, ce qui revient à dire qu'il sera remorqué une fois sur quatre puisque les remorqueurs sont en général utilisés par paire*.

En ce qui concerne les ports français, nous avons tenu compte de la réforme des droits de ports qui doit intervenir prochainement et selon laquelle les anciens droits généraux sur la cargaison prélevés par l'Etat seront supprimés pour les exportations, et remplacés par une taxe de 6 F par container pour les importations (quelle que soit la nature de la marchandise). Cette taxe serait d'ailleurs restituée au port**.

* Cela revient à dire que le bateau se fera remorquer (à l'accostage ou à l'appareillage) non pas à toutes les escales mais une fois sur deux.

** Il en résulte pour les ports français, une baisse assez notable des droits et charges par rapport à ce qu'ils sont actuellement.

4.33322 Résultats des calculs de charges portuaires

Le tableau de la page suivante indique, pour chaque port pris en compte, le total des droits et charges par escale, dans l'hypothèse où le bateau transporte 60 containers à chaque traversée.

Il est intéressant de noter que :

- (i) Les charges portuaires varient notablement selon les pays.
- (ii) Elles sont aussi assez dispersées pour les différents ports d'un même pays.
- (iii) Les ports pour lesquels les charges sont les plus élevées sont en général ceux qui sont situés sur des fleuves, assez loin de leur embouchure. Dans ce cas en effet, le navire doit acquitter des charges élevées de pilotage correspondant à la navigation sur le fleuve. Ainsi en est-il pour Manchester, Londres, Rouen, Nantes et même Anvers si l'on prend Zeebrugge pour terme de comparaison.
- (iv) Les charges portuaires sont faibles dans les ports italiens et surtout dans les ports espagnols.

4.334 Evolution future des prix de transport maritime des containers.

4.3341 Evolution des différents éléments du prix de revient des transports maritimes

Les éléments constituant le prix de revient des transports maritimes peuvent être décomposés de la façon suivante :

- (i) Les amortissements représentant en 1969, pour un bateau qui vient d'être mis en service, 20% du coût total du transport. Nous les avons fait croître de 1,5% par an. Ce taux d'accroissement est inférieur à celui du prix des bateaux. En effet il s'agit d'un matériel dont la durée de vie est grande (15 à 20 ans). Aussi la fréquence du renouvellement de ce matériel est faible; il en résulte un accroissement des amortissements lui même assez faible.
- (ii) La somme S + R + A + G des salaires, réparations, assurances et frais de gérance (23,8 % du coût total). Les parts respectives de ces quatre postes sont données au paragraphe 4.3312. Nous avons estimé à 75% du total

Droits et charges portuaires par escale selon les ports (en Francs)

Port	Montant des droits et charges	Port	Montant des droits et charges
1. Ports britanniques		2. Ports français	
Aberdeen	2 030	Marseille	2 070
Grangemouth	1 780	Bordeaux	2 020
Leith	1 880	Nantes	2 770
Newcastle	1 420	Saint-Brieuc	1 930
Hartlepool	2 200	Cherbourg	1 420
		Caen	2 110
		Le Havre	2 320
		Rouen	3 630
Hull	2 570	Dieppe	1 770
Goole	2 310	Le Tréport	1 680
Grimsby	2 400	Boulogne	1 890
Boston	2 380	Calais	1 690
King's Lynn	3 230	Dunkerque	2 420
		3. Ports belges	
Yarmouth	1 470	Zeebrugge	1 150
Felixstowe	1 850	Anvers	1 975
Ipswich	1 530	4. Ports hollandais	
Harwich	1 320	Rotterdam	2 200
Londres	3 010	Ijmuiden	1 630
		Amsterdam	2 200
Rochester	1 090	5. Ports allemands	
Douvres	990	Brême	2 520
Southampton	2 550	Hambourg	2 800
Newhaven	1 500	6. Port portugais	
Plymouth	1 810	Lisbonne	1 500
Bristol	3 310	7. Ports espagnols	
Newport	3 040	Valence	530
Cardiff	2 960	Santander	530
Port Talbot	2 470	Malaga	500
Swansea	2 510	Cartagène	500
		Barcelone	490
Liverpool	3 740	8. Ports italiens	
Manchester	4 730	Naples	1 310
Glasgow	2 830	Gênes	1 280
		Catane	1 360

S + R + A + G le pourcentage des salaires directs (S) ou indirects (c'est à dire inclus dans R + A + G). Le reste est constitué principalement par des fournitures (pièces détachées pour les réparations par exemple). Nous fondant sur les accroissements observés dans le passé nous avons fait croître les salaires de 7,5% par an en valeur nominale le reste de 2,2% (taux de croissance moyen annuel des prix de gros).

- (iii) Les dépenses de fuel et de diesel (1,8% des dépenses totales)*. Leur montant a décru de 1% en valeur nominale au cours des dernières années. Nous avons retenu ce taux pour nos prévisions.
- (iv) Les charges portuaires (11,6% du coût total pour la ligne considérée). Nous fondant sur les évolutions passées nous avons retenu une croissance nominale de 5% par an.
- (v) Les manutentions (42,8% du coût total). Leur coût incorpore une part importante d'amortissements, variable d'ailleurs selon la technique utilisée (Cf paragraphe 4.3331). Nous avons retenu le pourcentage intermédiaire de 55% comme part des amortissements dans le coût des manutentions.

Les 45% restants représentent des salaires, mais aussi le coût de l'énergie et de diverses fournitures. Nous avons admis que cette part croîtrait en valeur nominale de 4,9% par an.

*x Ce pourcentage s'applique aux lignes courtes du détroit. Pour les lignes plus longues il serait naturellement supérieur.

Les hypothèses précédentes permettent donc de dresser le tableau suivant :

Evolution des éléments constituant le coût des transports maritimes de 1969 à 1985

Unité : Franc courant

Eléments du coût	Valeur 1969		Taux d'accroissement annuel en valeur nominale	Valeur 1985	
	Montant	%		Montant	%
1. Amortissement	1.854.000	20,0	1,5	2.352.000	13,5
2. S + R + A + G					
2.1 Salaires	1.650.000	17,8	7,5	5.250.000	30,2
2.2 Part restante	550.000	6,0	2,2	779.000	4,5
3. Fuel et diesel	170.000	1,8	- 1,0	150.000	0,9
4. Charges portuaires	1.070.000	11,6	5,0	2.230.000	12,9
5. Manutention					
5.1 Amortissement	2.180.000	23,6	1,5	2.766.000	15,9
5.2 Part restante	1.780.000	19,2	4,9	3.837.000	22,1
6. Total (1 à 5)	9.254.000	100,0	3,9	17.364.000	100,0

En valeur nominale le coût d'exploitation et d'amortissement d'un bateau transportant un nombre donné de containers devrait donc croître de 3,9% par an.

4.3342 Evolution du coût des transports maritimes des containers si l'on tient compte d'une augmentation des coefficients de remplissage des bateaux dans le temps.

(i) Selon les armateurs, l'accroissement important du trafic à travers la Manche et la mer du Nord dans les prochaines années devrait permettre d'attendre des coefficients de remplissage plus élevés que ceux qu'on observe actuellement. Un coefficient de charge de 0,50 en 1985 leur paraît vraisemblable. Peut-être sera-t-il même dépassé, des coefficients de l'ordre de 0,60 n'étant pas à exclure a priori. Néanmoins, la valeur la plus probable pour l'ensemble des lignes semble être de 0,50 et c'est celle que nous avons retenue.*

(ii) L'augmentation du coût des transports maritimes entre 1969 et 1985 a été estimée à 3,9% dans le cas où le coefficient de charge des bateaux ne varierait pas (0,31). Si ce coefficient augmente il en résultera un léger accroissement des charges globales annuelles et une diminution des coûts de transport par container.

Conformément à ce qui précède, nous faisons l'hypothèse que le coefficient de remplissage passe de 0,31 à 0,50 entre 1969 et 1985, soit une augmentation d'environ 60%. Les seuls éléments des charges globales qui augmentent sont :

- les charges portuaires (droits sur les containers) qui s'accroissent de 324.000 Francs en valeur nominale (entre 1969 et 1985). Cette estimation a été faite pour la relation Dunkerque-Harwich à partir des charges portuaires spécifiques de ces deux ports.
- les frais de manutention. En fait la part relative à l'amortissement n'augmentera pas de 60%, car en 6 heures et demie, durée d'une escale, il est effectivement possible de décharger une centaine de containers avec un portique (la cadence de déchargement est en effet de 20 containers à l'heure environ) et actuellement les portiques sont très largement sous-employés. Néanmoins, pour tenir compte de certains risques futurs d'engorgement des ports dus à l'insuffisance des portiques, nous avons considéré que la capacité de chargement ou de déchargement devrait être augmentée et nous avons accru les amortissements des portiques de 30% (soit 660 000 Francs) en 1985.

Quant à la part restante (salaires, énergie, réparations) elle croîtra moyennement (nous admettons que l'augmentation correspondante sera également de 30% soit 1.350.000 Francs en valeur nominale). Elle n'augmentera pas de 60% en effet car les salaires représentent de loin l'élément le plus important de ces charges restantes. Or dans un certain nombre de ports - notamment les ports français - les équipes de dockers doivent

* Au delà de 1985 nous sommes restés résolument prudents en admettant que le coefficient de chargement resterait pratiquement constant. Les charges continueraient en effet à augmenter, améliorant la position concurrentielle du tunnel pour lequel l'essentiel des charges est constitué par des amortissements non indexés, donc constants en valeur nominale.

être commandées par un "shift" complet, quel que soit le nombre de containers à décharger. D'autre part, en un "shift", il est effectivement possible de décharger une centaine de containers.

- (iii) En résumé, les charges annuelles globales d'un bateau porte-containers transportant en moyenne une centaine de containers à chaque traversée seront en 1985 de $17.364.000 + 324.000 + 660.000 + 1.350.000 = 19.698.000$ F en valeur nominale. Passant de 9.254.000 F à 19.698.000 F entre 1969 et 1985 elles augmenteront donc nominalement de 4,8% par an.
- (iv) Une augmentation de 4,8% en valeur nominale correspond approximativement à une augmentation de 2,6% en valeur réelle si l'on mesure l'inflation par l'indice des prix de gros ce qui nous paraît naturel puisqu'il s'agit du coût de transport de produits industriels. En effet, au cours des dernières années l'indice des prix de gros a progressé en moyenne de 2,2% par an.

Comme nous avons supposé qu'entre 1969 et 1985 le coefficient de charge des bateaux augmenterait de 60%, soit 3,1% par an, la variation annuelle du prix du transport d'un container est donc de -0,5% par an en valeur réelle (2,6 - 3,1 %).

On voit donc en résumé qu'on doit attendre une légère baisse du prix réel du transport maritime d'un container (- 0,5% annuellement).*

4.34 Comparaison des prix de revient aux tarifs pratiqués

Il nous a paru indispensable de comparer les prix de revient par nous calculés aux taux de fret pratiqués sur les lignes régulières lorsque nous les connaissons. Pour que cette comparaison prenne tout son sens, il faut savoir que des ristournes sur les tarifs officiels sont systématiquement appliquées sur ces différentes routes. Les taux des rabais consentis varient selon l'importance des clients. Sur la ligne Zeebrugge-Harwich, le rabais moyen serait de l'ordre de 25%, mais il s'agit sans doute là d'un cas extrême.

* Si, même pour l'étude des coûts de transport des marchandises, le taux d'inflation doit être mesuré par l'évolution des prix de détail, il faudrait adopter 3,8% au lieu de 2,2% par an. Dans ce cas la baisse du prix réel du transport maritime d'un container serait de -2,1% par an.

En effet, le transport de pièces détachées pour la construction de voitures automobiles représente une part assez importante du trafic de cette ligne et le client correspondant a certainement obtenu des conditions très avantageuses.

Le tableau ci-dessous indique pour différentes relations les taux de fret officiels, les taux de fret après déduction d'un rabais de 20 % (qui doivent être proches des prix réellement payés), et les prix de revient que nous avons calculés.

Ligne maritime	Taux de fret		Prix de revient estimé	Ecart entre le taux de fret pratiqué et le prix de revient	
	Officiel	Pratiqué		Montant	Ecart relatif (en %)
1	2	3	4	5	6
Le Havre - Southampton	522	417	262	155	59,2
Dunkerque - Douvres	300	240	206	34	16,5
Dunkerque - Harwich	300	240	229	11	4,8
Zeebrugge - Harwich	300	240	212	28	13,2
Rotterdam - Great Yarmouth	312	250	242	8	3,3
Rotterdam - Felixstone *	300	240	253	- 13	- 5,1
Rotterdam - Londres	360	288	282	6	2,1
Rotterdam - Hull *	324	259	304	- 45	-14,8
Rotterdam - Portsmouth	447	358	333	25	7,5
Rotterdam - Glasgow	900	720	681	39	5,7
Naples - Londres *	1.812	1.450	1.535	- 85	- 5,5

* Nous avons admis qu'un rabais de 20 % était appliqué sur toutes les lignes mais il est vraisemblable qu'il est moindre sur les lignes où la différence entre le taux de fret pratiqué et le prix de revient apparaît négative. Sur les lignes partant de Rotterdam on peut aussi penser que le bénéfice retiré du trafic "passagers" comble le déficit résultant du transport des marchandises.

Les taux de fret au départ du Havre, de Dunkerque, Zeebrugge et Rotterdam sont bien relatifs au transport des containers. Sur la liaison Naples-Londres au contraire, nous sommes partis des taux de fret à la tonne pour des marchandises transportées par cargo dans les conditions ordinaires. En effet il n'existe pas actuellement de transport régulier de containers entre l'Italie et la Grande-Bretagne. Les marchandises transportées étaient des agrumes et nous avons admis qu'un container chargé de ce type de produit pourrait contenir 13 tonnes utiles.

On constatera que les prix de revient que nous avons déterminés sont en général légèrement inférieurs aux taux de fret compte tenu du rabais moyen de 20%. Ceci signifie que les marges bénéficiaires des armateurs sont probablement assez faibles. Une étude du détournement vers le tunnel fondée sur les taux de fret pratiqués plutôt que les prix de revient conduirait donc à des résultats peu différents des nôtres.

4.35 Résultats obtenus

Les résultats obtenus montrent que les coûts de transport varient relativement peu selon la distance pour les différentes routes traversant la Manche ou la mer du Nord. Ainsi sur la liaison la plus courte (Calais-Douvres, 21 milles) le coût du transport de quai à quai pour un container de 20 pieds est de 189 F; sur Le Havre-Southampton (105 milles) et Rotterdam-Hull (204 milles) les coûts correspondants sont respectivement de 262 F et 304 F. Ceci s'explique d'ailleurs très bien car sur ces distances relativement courtes, les droits portuaires, les manutentions et le temps passé par le navire dans les ports sont largement prépondérants par rapport aux charges résultant de la traversée proprement dite.

4.4 TRANSPORTS ROUTIERS EN GRANDE-BRETAGNE

4.41 Remarques générales

4.411 La route occupe en Grande-Bretagne une place importante dans l'ensemble des moyens de transport de marchandises. Le rail est beaucoup moins utilisé que sur le continent et les transports routiers demeureront sans doute prépondérants même après l'ouverture du tunnel. Toutefois, les trains-blocs (freightliner trains) ont connu un grand succès sur certaines relations; le volume du

trafic acheminé par ce mode de transport s'est fortement accru et a permis aux chemins de fer britanniques d'améliorer leur position compétitive par rapport à la route.

4.412 Le plus souvent la longueur de la section britannique des itinéraires "origine-destination" suivis par les onze produits est assez faible. En effet à distances égales les coûts maritimes sont beaucoup moins élevés que les coûts des transports routiers ou ferroviaires et généralement, les marchandises sont acheminées jusqu'au port le plus proche de la zone correspondant à leur production ou à leur consommation.

4.413 Par souci d'homogénéité avec le paragraphe 4.3 et pour des raisons analogues, il nous a paru préférable d'estimer les prix de revient sur chaque relation plutôt que d'analyser les tarifs pratiqués. Cette méthode élimine notamment l'effet des ristournes qui sont souvent mal connues, ou d'une baisse des tarifs consécutive à l'ouverture du tunnel.

4.42 Méthodologie du calcul des prix de revient

4.421 Description du matériel utilisé : le moyen le plus fréquemment utilisé est composé d'un tracteur associé à une semi-remorque. Nous nous sommes intéressés à ce matériel qui a de plus l'intérêt d'être adapté au trafic trans-Manche, et nous n'avons pas tenu compte des transports sur camion à plateau d'une part - leur emploi pour ce genre de transport étant assez réduit -, ni d'autre part, de l'adjonction éventuelle d'une seconde remorque qui entraînerait, étant donnée la puissance des engins de traction, une limitation trop restrictive du remplissage des trans-containers.

Il existe actuellement deux types de tracteurs et de semi-remorques en Grande-Bretagne; le premier est adapté au chargement d'un transcontainer de 20 pieds, de poids total inférieur ou égal à 16 tonnes; ce véhicule transporte donc au plus 14 tonnes de marchandises. Le second type peut être utilisé pour le transport de deux trans-containers de 20 pieds, ou d'un transcontainer de 40 pieds, de poids total inférieur ou égal à 22 tonnes. Ces tracteurs, nettement plus puissants, sont bien adaptés au transport des transcontainers de 20 pieds contenant de 14 à 20 tonnes de marchandises.

Nous désignerons par la suite ces deux types de camions semi-remorques par A (moins de 14 tonnes de marchandises) et B (de 14 à 20 tonnes de marchandises).

Enfin, parmi les différentes marques commercialisées en Grande-Bretagne, on s'est intéressé de préférence aux camions "Leyland". Ceux-ci sont largement répandus malgré un prix d'achat assez élevé car ils sont particulièrement résistants.

4.422 Liste des paramètres à prendre en compte

4.4221 Coûts à prendre en compte pour le calcul des charges fixes : ils sont recensés dans le tableau ci-dessous; nous supposerons dans la suite des calculs qu'ils sont exprimés en francs par minute ouvrable.

Caractéristique	Symbole
1	2
1.1 Amortissement	Am
1.2 Licences	L
1.3 Assurances	A
1.4 Personnel	P

4.4222 Eléments à considérer pour le calcul des dépenses variables : l'ensemble de ces éléments figure dans le tableau ci-dessous ; nous les supposerons exprimés en francs par mile parcouru.

Caractéristique	Symbole
1	2
2.1 Pneumatiques	p
2.2 Carburant	c
2.3 Lubrifiants	l
2.4 Réparations	r

4.4223 Autres éléments à considérer

- (i) Durée annuelle des immobilisations des camions ou des chauffeurs
- (ii) Fréquence des retours à vide
- (iii) Majoration des temps de transport pour tenir compte des temps de chargement, de déchargement et des temps morts dus aux arrêts du chauffeur
- (iv) Frais généraux, (K)

4.423 Description du calcul des prix de revient.

- (i) Supposons provisoirement que le camion voyage toujours avec un container chargé. Soit t la durée totale du parcours (en minutes) qu'on décompose en t_1 (temps pendant lequel le véhicule a effectivement roulé) et t_2 ($t_2 = t - t_1$) qui groupe l'ensemble des temps de chargement, de déchargement et des autres temps morts.

Soit m la distance parcourue en charge et C_t le prix de revient correspondant relatif à un trans-container de 20 pieds.

Puisque nous supposons qu'il n'y a pas de retour à vide, on a :

$$C_t = \gamma_1 t + \gamma_2 m + K$$

$$\text{avec : } \gamma_1 = A_m + L + A + P$$

$$\gamma_2 = p + c + l + r$$

$$t = t_1 + t_2$$

Le montant des frais généraux est, en première approximation, proportionnel au coût brut. On peut donc écrire :

$$C_t = (\gamma_1 t + \gamma_2 m) (1 + k)$$

- (ii) Introduisons maintenant les parcours à vide (c'est à dire avec un container vide ou sans container)

Soit α un paramètre caractérisant les parcours à vide et défini de la façon suivante :

Pour transporter un container chargé sur m miles; un camion parcourt en moyenne $m(1 + \alpha)$ miles. Le coefficient α est compris entre 0 (retour en charge) et 1 (retour à vide).

Ce coefficient doit être appliqué à la distance parcourue m et au temps de parcours t_1 , mais évidemment pas aux temps de chargement et de déchargement.

On a constaté (voir plus loin) que ces temps représentaient environ 90% de la quantité t_2 . C'est pourquoi il a paru acceptable de ne pas appliquer le coefficient α à t_2 .

La formule retenue pour le calcul des prix de revient est donc la suivante :

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

4.43 Valeur des paramètres

4.431 Durée annuelle des immobilisations des camions ou des chauffeurs : il nous a paru convenable d'évaluer à trois semaines la durée totale des immobilisations. On considère donc qu'il y a 49 semaines ouvrables par an, soit, à raison de 55 heures par semaine, un total de 161.700 "minutes ouvrables". Cette donnée est essentielle pour les calculs qui vont suivre; elle suppose une bonne gestion de l'entreprise qui immobilisera son matériel pour réparations pendant les congés annuels de son personnel.

4.432 Eléments des charges fixes; en accord avec les professionnels, on a retenu les évaluations suivantes :

(i) Amortissement du véhicule : on a considéré une durée d'amortissement de 7 ans et un taux d'intérêt de 6%. Les éléments conduisant à l'annuité d'amortissement pour chaque type de matériel sont repris dans le tableau ci-dessus.

Amortissement du matériel	type A		type B	
	en Francs	en Livres	en Francs	en Livres
Prix d'achat brut du tracteur et de la remorque	53.460	4.500	71.280	6.000
Rabais pour commandes importantes	5.346	450	7.128	600
Prix d'achat net du tracteur et de la remorque	48.114	4.050	64.152	5.400
Annuité d'amortissement	8.772,2	738,4	11.697,0	984,6

- (ii) Licences : elles s'établissent à 350 £ par an, soit 4.158 F.
- (iii) Assurances : l'ensemble de l'assurance pour responsabilité civile aux tiers, de l'assurance du véhicule et des marchandises atteint les montants annuels respectifs de 296,1 £ et 345,0 £ pour les types A et B, soit 3.518 F et 4.140 F.
- (iv) Personnel : actuellement la durée hebdomadaire de travail est en principe de 50 heures, cependant il est prévu que, fin 1969, cette durée sera ramenée par voie législative, à 45 heures. En fait les chauffeurs travaillent 55 heures par semaine et on a donc retenu 10 heures supplémentaires.
- Les heures normales sont payées 0,48 £, les heures supplémentaires 0,60 £ soit une augmentation de 25%.
- Enfin les charges sociales s'élèvent à 5 £ par semaine.
- On en déduit que le montant annuel des charges de personnel de l'entreprise pour un chauffeur atteint 1.683,2 £, soit 20.000 F.
- (v) Dans les tableaux ci-dessous, ces données ont été ramenées à la "minute ouvrable". (c.f.4.431).

Frais fixes		Montant pour le type A	
Catégorie	Symbole	en F/minute	en £ /minute
1	2	3	4
1.1 Amortissement	Am	0,0542	0,0046
1.2 Licences	L	0,0257	0,0022
1.3 Assurances	A	0,0218	0,0018
1.4 Personnel	P	0,1237	0,0104
1.5 Total	γ_1	0,2254	0,0190

Frais fixes		Montant pour le type B	
Catégorie	Symbole	en F/minute	en £/minute
1	2	3	4
1.1 Amortissement	Am	0,0723	0,0060
1.2 Licences	L	0,0257	0,0022
1.3 Assurances	A	0,0256	0,0021
1.4 Personnel	P	0,1237	0,0104
1.5 Total	σ_1	0,2473	0,0207

4.433 Eléments des dépenses variables

- (1) pneumatiques : les véhicules de type A et B sont notablement différents en ce qui concerne le coût de l'équipement en pneumatiques et on a retenu les données ci-dessous :

Coût des pneumatiques	Valeur	
	Type A	Type B
nombre de pneus	10	14
prix unitaire	40 £	45 £
durée de vie	40.000 miles	50.000 miles
prix de revient par mile en £	0,0100 £	0,0126 £
prix de revient par mile en F.	0,1188 F	0,1500 F

(ii) Carburant

Coût du carburant	Valeur	
	Type A	Type B
Distance parcourue avec 1 gallon	11 miles	9,8 miles
Prix de 1 gallon	5,8 shillings	5,8 shillings
prix de revient par mile en £	0,0251 £	0,0296 £
prix de revient par mile en F.	0,2982 F	0,3520 F

On a tenu compte ici de la récente élévation du prix du carburant qui est passé de 5,5 à 5,8 shillings.

(iii) Lubrifiants : les dépenses relatives aux lubrifiants ont été évaluées proportionnellement aux dépenses de carburant et s'élèvent respectivement à 0,0008 £ /mile et 0,0010 £/mile pour les véhicules de type A et B, soit 0,0095 F/mile et 0,0119 F/mile.

(iv) Réparations : les transporteurs routiers ramènent l'ensemble des réparations effectuées pendant la vie du camion à l'année et évaluent le coût de celles-ci respectivement à 900 £ et 1.050 £ . Cette charge couvre, en dehors des réparations courantes, le coût de deux échanges de moteur pendant la vie du camion.

Le coût par mile des réparations s'élève à 0,0180 £ pour les camions de type A et 0,0210 £ pour ceux de type B, soit, respectivement, 0,2135 F et 0,2500 F.

(v) Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des éléments des dépenses variables ramenées au mile parcouru.

Dépenses variables		Montant pour le type A	
Catégorie	Symbole	en F/mile	en £ /mile
2.1 Pneumatiques	P	0,1188	0,0100
2.2 Carburant	c	0,2982	0,0251
2.3 Lubrifiants	l	0,0095	0,0008
2.4 Réparations	r	0,2135	0,0180
2.5 Total	γ_2	0,6400	0,0539

Dépenses variables		Montant pour le type B	
Catégorie	Symbole	en F/mile	en £ /mile
1	2	3	4
2.1 Pneumatiques	p	0,1500	0,0126
2.2 Carburant	c	0,3520	0,0296
2.3 Lubrifiants	l	0,0119	0,0010
2.4 Réparations	r	0,2500	0,0210
2.5 Total	t_2	0,7639	0,0642

4.434 Autres paramètres :

- (i) Frais généraux (k). L'importance des frais généraux dépend naturellement de la taille de l'entreprise de transport. Dans les entreprises moyennes on les estime en général à 20% des autres charges, alors qu'ils peuvent atteindre 25% ou même davantage pour des entreprises très importantes.

Par ailleurs cette augmentation des frais généraux correspond, dans certains cas, à une amélioration de la gestion et à la réalisation d'économies non négligeables; ainsi les entreprises, possédant un nombre suffisant de dépôts, éliminent en partie les frais d'hôtel des chauffeurs par permutation des camions et des chauffeurs à mi-trajet. Ceci permet de maintenir ces derniers à proximité de leur domicile. De même une entreprise, dont le réseau commercial est assez étendu, aura la possibilité d'équilibrer son trafic pour réduire le nombre des retours à vide et assurer une plus grande fiabilité du matériel.

Comme il était difficile de tenir compte de façon précise de ces éléments on a jugé préférable de retenir l'estimation des entreprises moyennes, soit $k = 20\%$

- (ii) Majoration des temps de transport : le montant total t_2 de ces temps s'élève en moyenne à 230 minutes pour un aller-retour entre le port et l'usine. La décomposition de t_2 est indiquée ci-dessous :

Type d'immobilisation du véhicule	Durée
1. Chargement ou déchargement à l'usine ;	130 minutes
2. Chargement ou déchargement au port ;	60 minutes
3. Temps morts : arrêts du chauffeur ...	40 minutes
4. Total t_2 (1 à 3)	230 minutes

(iii) Distances et temps de transport

L'évaluation des distances entre origine (ou destination) en Grande-Bretagne et port britannique ne pose guère de problème.

Les temps de transport par contre ne sont pas nécessairement proportionnels à la distance. Ils nous ont été fournis, sur chacun des itinéraires que nous devons prendre en compte, par le ministère anglais des transports.

(iv) Coefficient de retour à vide

Sur de faibles distances, de l'ordre de 50 miles ou inférieures, le transport de retour se fait presque toujours avec le container vide. Il est en effet très rare que l'on puisse recharger le container à l'usine même ou à proximité, et en général on le ramène vide au terminal portuaire.

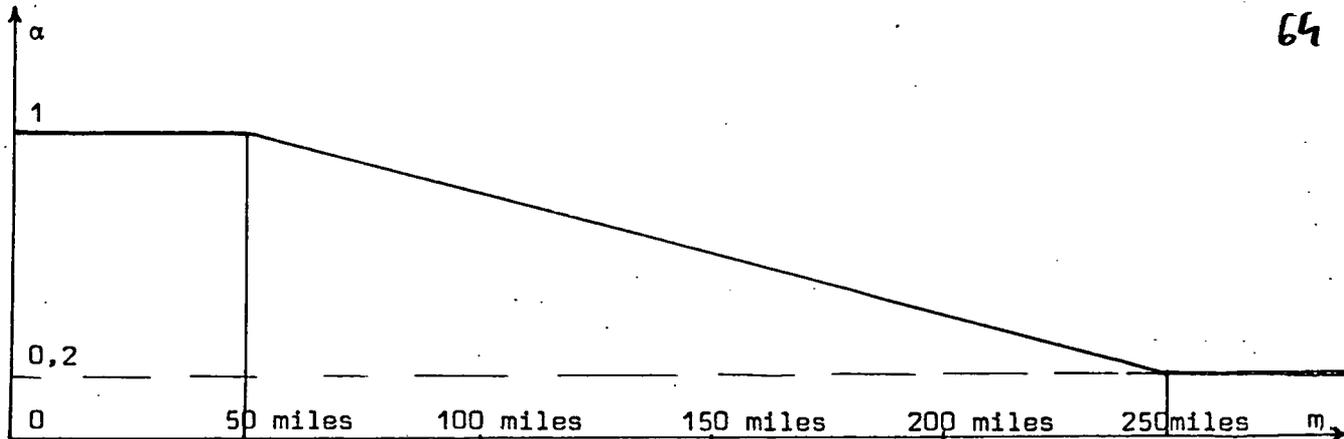
A l'inverse, quand la distance parcourue est très élevée, supérieure à 250 miles pour fixer les idées, il serait fort peu économique de revenir avec le container vide au point de départ. La procédure généralement suivie consiste à se rendre au terminal ferroviaire ou portuaire le plus proche pour y déposer le container vide et à y chercher un fret de retour. La proportion des parcours à vide est donc beaucoup plus faible que précédemment. Les professionnels l'évaluent à 20% des parcours en charge.

Entre ces deux situations extrêmes il y a naturellement une grande variété de situations intermédiaires qui dépendent de la distance entre l'usine et le terminal le plus proche. En fait, il est exclu, dans cette étude, d'examiner un par un tous les cas particuliers. Nous avons admis qu'entre 50 et 250 miles, le coefficient α variait linéairement entre 1 et 0,2.

La formulation à laquelle on aboutit est donc la suivante :

$m \leq 50$ miles	,	$\alpha = 1$
$50 \text{ miles} \leq m \leq 250$ miles	,	$\alpha = - 0,004 m + 1,2$
$250 \text{ miles} \leq m$,	$\alpha = 0,2$

Graphiquement, le coefficient α varie comme il est indiqué ci-dessous :



4.44 Comparaison des prix de revient aux tarifs pratiqués en Grande-Bretagne

4.441 Cette comparaison nous a paru essentielle. Sur la base d'informations recueillies en Grande-Bretagne, on a été amené à tenir compte d'une ristourne moyenne de 10% sur les tarifs relatifs aux transports de type A (containers de moins de 16 t de poids brut). En effet, pour ceux-ci, les marges bénéficiaires sont plus élevées et de telles réductions sont consenties de façon à peu près systématiques pour un groupage, même faible, des trans-containers.

Au contraire, pour les transports lourds (de type B), la concurrence du chemin de fer est plus vive et les marges bénéficiaires sont moins élevées. Les ristournes sont accordées moins fréquemment.

4.442 Les tarifications en vigueur sont indépendantes de la nature des marchandises et distinguent les trans-containers de 20 pieds selon que leur poids brut est inférieur ou supérieur à 16 tonnes, ce qui correspond bien aux transports de types A et B tels que nous les avons définis précédemment.

4.443 La comparaison entre tarifs et prix de revient a nécessité la mise en évidence d'une corrélation entre les distances et les temps de parcours; on a retenu la formulation approchée ci-dessous, composée de deux regressions linéaires :

$$m \leq 85 \text{ miles} \quad t_1 = 2,16 m$$

$$m \geq 85 \text{ miles} \quad t_1 = 1,28 m + 75$$

t étant exprimé en minutes et m en miles.

La corrélation présente donc un certain caractère parabolique qui a évidemment une influence dégressive sur les prix de revient quand la distance de transport augmente.

Coût de transport d'un container - type A (poids de marchandises < 14 t)

	50 miles		100 miles		150 miles		200 miles		250 miles		300 miles	
(1) Coefficient moyen de retour à vide	1,00		0,80		0,60		0,40		0,20		0,20	
(2) Nombre de semaines de travail par an	49 semaines											
(3) Nombre d'heures de travail par semaine	55 heures											
(4) Vitesse moyenne de parcours	27,8 miles/heure		29,6 miles/heure		33,7 miles/heure		36,3 miles/heure		38,0 miles/heure		39,2 miles/heure	
(5) Temps moyen de parcours	108 minutes		203 minutes		267 minutes		331 minutes		395 minutes		459 minutes	
(6) Temps moyen pour effectuer un aller et retour, y compris les délais terminaux	338 minutes		433 minutes		497 minutes		561 minutes		625 minutes		689 minutes	
(7) Nombre de containers transportés par an	478 containers		373 containers		325 containers		288 containers		259 containers		235 containers	
(8) Dépenses annuelles	En Franc/ container- mile	%										
(8.1) Charges fixes												
8.11 Amortissement	0,367	15	0,235	13	0,180	11	0,152	10	0,135	10	0,124	9
8.12 Licences, assurances	0,321	13	0,205	11	0,157	10	0,133	9	0,118	8	0,109	8
8.13 Personnel	0,704	29	0,451	15	0,345	22	0,292	20	0,259	19	0,238	18
Total charges fixes (8.11 à 8.13)	1,392	57	0,891	49	0,682	43	0,577	39	0,512	37	0,471	35
(8.2) Charges variables												
8.21 Pneumatiques	0,119	5	0,119	6	0,119	8	0,119	8	0,119	9	0,119	9
8.22 Carburants et lubrifiants	0,308	12	0,308	17	0,308	19	0,308	21	0,308	22	0,308	23
8.23 Réparations	0,213	9	0,213	11	0,213	13	0,213	15	0,213	15	0,213	16
Total charges variables (8.21 à 8.23)	0,640	26	0,640	34	0,640	40	0,640	44	0,640	46	0,640	48
8.3 Frais généraux	0,406	17	0,306	17	0,264	17	0,243	17	0,230	17	0,222	17
(9) Coût total (en Francs)												
9.1 Par container-mile	2,438		1,837		1,586		1,460		1,382		1,333	
9.2 Par tonne-mile (pour un container de lot)	2,244		0,184		0,159		0,146		0,138		0,133	
9.3 Par tonne-km	0,152		0,114		0,099		0,091		0,086		0,083	

Coût de transport d'un container - type B (poids de marchandises > 14 tonnes)

	50 miles		100 miles		150 miles		200 miles		250 miles		300 miles	
(1) Coefficient moyen de retour à vide	1,00		0,80		0,60		0,40		0,20		0,20	
(2) Nombre de semaines de travail par an	49 semaines											
(3) Nombre d'heures de travail par semaine	55 heures											
(4) Vitesse moyenne de parcours	27,8 miles/heure		29,6 miles/heure		33,7 miles/heure		36,3 miles/heure		38,0 miles/heure		39,2 miles/heure	
(5) Temps moyen de parcours	108 minutes		203 minutes		267 minutes		331 minutes		395 minutes		459 minutes	
(6) Temps moyen pour effectuer un aller et retour, y compris les délais terminaux	338 minutes		433 minutes		497 minutes		561 minutes		625 minutes		689 minutes	
(7) Nombre de containers transportés par an	478 containers		373 containers		325 containers		288 containers		259 containers		235 containers	
(8) Dépenses annuelles	En Franc/ container- mile											
		%		%		%		%		%		%
(8.1) Charges fixes												
8.11 Amortissement	0,489	18	0,314	15	0,240	13	0,203	12	0,181	11	0,166	11
8.12 Licences, assurances	0,347	13	0,222	11	0,167	9	0,144	9	0,128	8	0,107	7
8.13 Personnel	0,704	25	0,451	21	0,345	19	0,292	17	0,259	16	0,238	15
Total charges fixes (8.11 à 8.13)	1,540	56	0,987	47	0,752	41	0,639	38	0,568	35	0,511	33
(8.2) Charges variables												
8.21 Pneumatiques	0,150	5	0,150	7	0,150	8	0,150	9	0,150	9	0,150	10
8.22 Carburants et lubrifiants	0,364	13	0,364	17	0,364	20	0,364	21	0,364	23	0,364	24
8.23 Réparations	0,250	9	0,250	12	0,250	14	0,250	15	0,250	16	0,250	16
Total charges variables (8.21 à 8.23)	0,764	27	0,764	36	0,764	42	0,764	45	0,764	48	0,764	50
8.3 Frais généraux	0,461	17	0,350	17	0,303	17	0,281	17	0,266	17	0,255	17
(9) Coût total (en Francs)												
9.1 Par container-mile	2,765		2,101		1,819		1,684		1,598		1,530	
9.2 Par tonne-mile (pour un container de 14 t)	0,198		0,150		0,130		0,120		0,114		0,109	
9.3 Par tonne-km	0,123		0,093		0,081		0,075		0,071		0,063	

Nous avons utilisé, pour obtenir cette formulation, un échantillon des estimations de temps de parcours sur les relations que nous avons considérées en Grande-Bretagne et dont il a déjà fait mention au paragraphe 4.434.

Le "nuage de points" et les droites de régression sont représentées sur le graphique 4.2

4.444 La comparaison entre tarifs et prix de revient, dont on a repris certains éléments dans le tableau qui figure à la page suivante appelle les commentaires ci-dessous :

- (i) Les prix de revient sont en général inférieurs de 15 à 20% aux tarifs pratiqués.
- (ii) La marge bénéficiaire est nettement plus importante pour les faibles distances ce qu'on peut expliquer par l'absence de concurrence ferroviaire sur ce type de relation.
- (iii) Par contre, pour les distances intermédiaires (120 à 200 miles), le bénéfice réalisé n'est que de 5% environ.
- (iv) Le fait que la marge bénéficiaire varie en fonction de la distance ne doit pas surprendre. En effet les conditions d'exploitation des camions sont assez variables d'une entreprise à l'autre et la tarification à laquelle nous nous sommes référés était celle d'une entreprise particulière. Il ne s'agissait pas d'un tarif recommandé par un syndicat par exemple, et qui eût fait la synthèse des divers prix pratiqués par ses adhérents.

4.5 COMPARAISON DES COÛTS DE TRANSPORT PAR FER ET PAR ROUTE

La distance totale origine et destination via le tunnel est généralement suffisante pour qu'un transport par fer soit économiquement justifié. Ceci ne signifie pas naturellement que les navettes faisant l'aller et retour dans le tunnel ne seront pas utilisées comme moyen de transport "roll on-roll off" par les routiers.

Par contre, comme nous l'avons dit, la distance entre port continental et origine sur le Continent est parfois assez faible et le transport des conteneurs par route est alors plus économique que le transport par fer. A l'inverse, en Grande-Bretagne, le transport entre le port et la destination finale pourrait être plus économique par train-bloc que par route (sur les relations où ces trains-blocs existent). Aussi a-t-il paru nécessaire de rechercher le mode de transport le plus économique sur chaque relation.

Comparaison des tarifs et des prix de revient des transports routiers

Unité : 1 Franc

Distance parcourue en charge	Transports de type A : containers de poids brut inférieur à 16 tonnes					Transport de type B : containers de poids brut supérieur à 16 tonnes			
	Tarif officiel	Tarif pratiqué	Prix de revient estimé	Ecart entre le tarif pratiqué et le prix de revient		Tarif officiel (et pratiqué)	Prix de revient estimé	Ecart entre le tarif pratiqué et le prix de revient	
				Montant	Ecart relatif (en %)			Montant	Ecart relatif (en %)
25 miles	243	219	130	89	68,5	291	145	146	100,7
50 miles	298	268	197	71	36,0	328	223	105	47,1
80 miles	339	305	265	40	15,1	362	301	61	20,3
120 miles	380	342	327	15	4,6	407	388	19	4,9
160 miles	425	382	373	9	2,4	461	454	7	1,5
200 miles	475	428	404	24	5,9	523	488	35	7,2
250 miles	570	513	421	92	21,9	606	532	74	13,9
300 miles	695	625	508	117	23,0	754	625	129	20,6
350 miles	754	679	548	131	23,9	832	719	113	15,7

4.51 Transports sur le continent

4.511 Comparaison des transports par route aux transports par train-bloc.

4.5111 Recherche de la distance pour laquelle coûts ferroviaires par train-bloc et coûts routiers sont égaux.

Le graphique 4.3 montre la variation du coût de transport des containers de 20 pieds selon la distance, le mode de transport (camion ou train-bloc) et le poids brut du container.

- (i) On observera que les transports routiers sont moins onéreux que les transports ferroviaires pour des distances inférieures à 80 ou 90 kilomètres selon les cas. Pour des distances supérieures, le train-bloc apparaît au contraire plus économique que le camion. Ces résultats ont été obtenus dans l'hypothèse où le container est transporté par camion de l'usine au terminal ferroviaire et, ensuite, acheminé par fer jusqu'au port, le wagon porte-cadre se rangeant directement à côté de la grue. Il n'y a donc pas à tenir compte d'un second transport par camion dans le port; ceci explique que la distance pour laquelle coûts routiers et ferroviaires sont égaux ne soit que de 80 kilomètres environ.
- (ii) Au contraire, dans l'hypothèse d'un transport de container "de porte à porte", impliquant à la fois un enlèvement et une livraison par camion, le coût ferroviaire se trouve majoré en raison du second transport terminal par camion. La "distance d'équilibre" pour laquelle coûts ferroviaires et coûts routiers sont égaux est dans ce cas beaucoup plus élevée. Le graphique 4.3 montre que, pour un container dont le poids brut est compris entre 10 t et 16 t, cette distance est d'environ 250 km. C'est la raison pour laquelle les chemins de fer n'ont pas encore mis en service de trains-blocs sur des relations telles que Paris-Lille ou Londres-Birmingham* bien que le volume du trafic entre ces villes semble a priori justifier la création de ce type de train.

Le transport de porte à porte par camion n'intervient pas dans notre étude en raison des hypothèses que nous avons faites sur les modes de transport. Néanmoins, dans une étude plus complète où l'on considèrerait également

* La mise en service d'un train-bloc entre Londres et Birmingham est néanmoins prévue pour l'année 1970. On peut penser que les chemins de fer britanniques espèrent obtenir sur cette ligne des coefficients de remplissage supérieurs à ceux sur lesquels nos calculs sont fondés.

le transport routier de bout en bout par la technique roll on-roll off la comparaison précédente et la détermination de la distance d'équilibre prendrait une grande importance.

4.5112 Liste des relations continentales sur lesquelles le transport routier est plus économique que le transport ferroviaire par train-bloc.

Nous avons pris comme distance d'équilibre 80 km. Les liaisons d'origine sur le continent à port continental (ou vice-versa) dont la longueur par route est inférieure à 80 km ont été recensées; nous avons admis que le transport des containers sur celles-ci se ferait par route*.

En fait la seule relation sur laquelle le transport routier serait plus économique que le transport par train-bloc est Bruxelles - Anvers (rappelons que nous n'avons considéré le transport par train-bloc vers la Grande-Bretagne qu'au départ de Paris, Bruxelles, la Ruhr et Milan).

Sur cette relation le coût du transport routier d'un container de 20 pieds selon le poids du container est 128 F pour les containers de moins de 16 tonnes et 144 F pour les containers de poids supérieur.

4.512 Comparaison des transports par route au trafic ferroviaire diffus

Le graphique 4.4 reprend les courbes de coût des transports routiers en fonction de la distance et du type de camion, que nous avons déjà tracées sur le graphique 4.3. Par contre les coûts ferroviaires représentés en 4.4 se rapportent au trafic diffus. La distance pour laquelle coûts routiers et ferroviaires sont égaux est évidemment plus grande en 4.4 qu'en 4.3

Les distances d'équilibre sont approximativement de :

- (i) 120 kilomètres dans le cas d'un container pesant moins de 10 tonnes
- (ii) 160 kilomètres dans le cas d'un container dont le poids est compris entre 10 et 16 tonnes.
- (iii) 140 kilomètres dans le cas d'un container de plus de 16 tonnes.

* Les formules de coûts de transport routier en Grande-Bretagne ont été utilisées également pour les tronçons continentaux. On peut penser en effet que les coûts ne sont pas très différents de part et d'autre de la Manche. Toutefois ils sont sans doute légèrement plus élevés en France que dans les autres pays européens car la main-d'oeuvre y est plus chère.

71

Pour simplifier, nous avons admis que la distance d'équilibre était dans tous les cas de 140 kilomètres*.

Nous avons donc recensé les tronçons origine-port continental dont les longueurs étaient inférieures à 140 kilomètres et remplacé sur ceux-ci les coûts ferroviaires par les coûts routiers.

Outre le tronçon Bruxelles - Anvers qui a été cité au paragraphe précédent, vingt-deux relations origine-port continental dont les distances sont inférieures à 140 kilomètres ont été dénombrées. Ces relations et les coûts de transport par route correspondants sont indiqués dans le tableau de la page suivante.

4.52 Transports en Grande-Bretagne

Les transports sur le continent peuvent être moins onéreux par route que par fer comme nous venons de le voir; pour cette raison nous avons tenu compte lorsque ceci s'avérait nécessaire de l'avantage que présente la route pour les transports à courte distance.

De façon analogue l'hypothèse selon laquelle les transports entre origine (ou destination) et port britanniques sont effectués par camion est un peu restrictive. En effet sur certaines relations très fréquentées les chemins de fer britanniques ont mis en service des trains-blocs qui permettent d'acheminer les containers à des prix nettement inférieurs à ceux en vigueur pour les transports routiers. Aussi était-il naturel de supposer que le rail serait utilisé de préférence à la route sur ces relations.

Les calculs ont été effectués à partir des tarifs qui nous ont été communiqués par les British Railways et nous avons admis que la distance moyenne du camionnage terminal était de 15 miles.

Le nombre des relations sur lesquelles des trains-blocs sont en service en Grande-Bretagne est de 46, dont 9 au départ de Harwich où existent des "correspondances maritimes" (bateaux porte-cadres) vers la Belgique, la Hollande et la France. Parmi les 37 autres relations desservies par train-bloc, 13 partent de Londres, les autres reliant le centre de la Grande-Bretagne au pays de Galles ou à l'Ecosse.

* Le fait que les distances d'équilibre ne varient pas de façon monotone résulte des différences de tarification selon le poids du container adoptées pour la route et pour le fer. En effet, dans le premier cas (la route) nous n'avons distingué que deux tranches de poids alors que dans le second nous avons retenu trois barèmes différents selon la charge utile du container.

Coût du transport routier d'un container de 20 pieds
selon le poids du container et la relation

Parcours	Container de poids brut inférieur à 16 tonnes	Container de poids brut supérieur à 16 tonnes
1. Avignon - Marseille	220	250
2. Périgueux - Bordeaux	254	290
3. Rouen - Le Havre	204	231
4. Paris - Rouen	257	291
5. Dieppe - Rouen	143	163
6. Douai - Dunkerque	225	256
7. Lille - Dunkerque	170	194
8. Valenciennes - Dunkerque	271	309
9. Lille - Zeebrugge	213	243
10. Charleroi - Anvers	225	256
11. Liège - Anvers	254	290
12. Bruxelles - Zeebrugge	247	282
13. Bruxelles - Anvers	128	144
14. Gand - Zeebrugge	130	147
15. Gand - Anvers	139	157
16. Anvers - Zeebrugge	236	269
17. Rotterdam - Anvers	225	256
18. Utrecht - Rotterdam	143	163
19. Amsterdam - Rotterdam	166	189
20. Alkmaar - Rotterdam	216	245
21. Eindhoven - Rotterdam	236	269
22. Minden - Brême	227	259
23. Murcie - Carthagène	130	147

4.6 CAS PARTICULIER DES TRANSPORTS DE VOITURES

Les voitures, camions et tracteurs forment l'un des groupes de produits dont nous avons entrepris l'étude détaillée. En fait, la part des voitures dans ce groupe est largement prépondérante en tonnage et à fortiori en nombre d'unités. De plus les techniques de transport des voitures, camions et tracteurs sont très voisines. Aussi nous sommes-nous limités au cas des transports de voitures.

Pour apprécier les prix de revient de ces transports sans entreprendre une étude très détaillée, nous avons procédé à une comparaison des tarifs de transport de containers et de voitures dans des conditions aussi semblables que possible.

4.61 Recherche de la "voiture moyenne" échangée entre la Grande-Bretagne et le continent (ou vice-versa)

Les principaux paramètres intervenant dans la suite du paragraphe sont le poids P et la longueur L du véhicule. Nous les avons recensés pour les différentes catégories de voitures échangées, en pondérant par les nombres de voitures de chaque catégorie nous avons ainsi défini le poids et la longueur de la "voiture moyenne" (en 1968). Les résultats trouvés sont les suivants :

$$P = 820 \text{ kg} \quad ; \quad L = 4,04 \text{ m}$$

4.62 Passage des tonnages de véhicules au nombre "d'équivalents-containers"

Pour les produits étudiés en détail, à l'exclusion des voitures, nous avons défini le poids moyen chargé dans un container de 20 pieds.

Dans le cas des voitures nous avons cherché à définir un ratio analogue.

(i) A partir du poids du véhicule moyen défini en 4.61 on peut passer des tonnages T au nombre de véhicules échangés $N = \frac{T}{0,82}$

(ii) D'après les informations reçues de la S.T.V.A. (Société de transport de voitures automobiles), on peut charger sur un wagon de 60 pieds de long près de 10 voitures du type "moyen" défini précédemment. En fait il semble que la largeur du véhicule intervienne aussi dans une faible mesure. En effet si la voiture n'est pas trop large on peut dans certains cas réaliser un "doublement", c'est à dire en charger deux de front. Le nombre moyen de véhicules chargés dans un wagon de 60 pieds que nous avons finalement retenu est 9,7.

- (iii) Sur le même wagon de 60 pieds on peut naturellement charger trois containers de 20 pieds. Donc, sur un wagon de 60 pieds on peut charger en moyenne 9,7 voitures ou 3 containers.
- (iv) Le poids moyen à affecter à un "équivalent-container" dans le cas du transport de voitures est donc, $0,820 \times \frac{9,7}{3} = 2,6$ tonnes.

4.63 Passage des coûts de transport des containers au coût de transport des voitures.

Comme nous l'avons dit, nous avons fait cette comparaison à partir des tarifs en nous plaçant dans des conditions aussi semblables que possible en ce qui concerne à la fois la dimension des wagons et leur coefficient de remplissage. La comparaison a porté sur douze relations internationales.

Il résulte de ces comparaisons que le mouvement d'un wagon de 60 pieds conçu pour transporter des voitures est "tarifé" 8% de plus que le mouvement d'un wagon de même longueur conçu pour transporter des containers (la comparaison portant sur la même relation naturellement). Ce supplément de prix s'explique notamment par les différences de coût des wagons; les wagons à deux niveaux conçus pour le transport des voitures sont beaucoup plus onéreux que les "wagons-squelettes" conçus pour le transport des containers.

Dans la suite de l'étude nous avons donc admis que le coût de transport des voitures par "équivalent-container" était de 8% supérieur au coût du transport des containers ordinaires (chargés de moins de 10 tonnes).