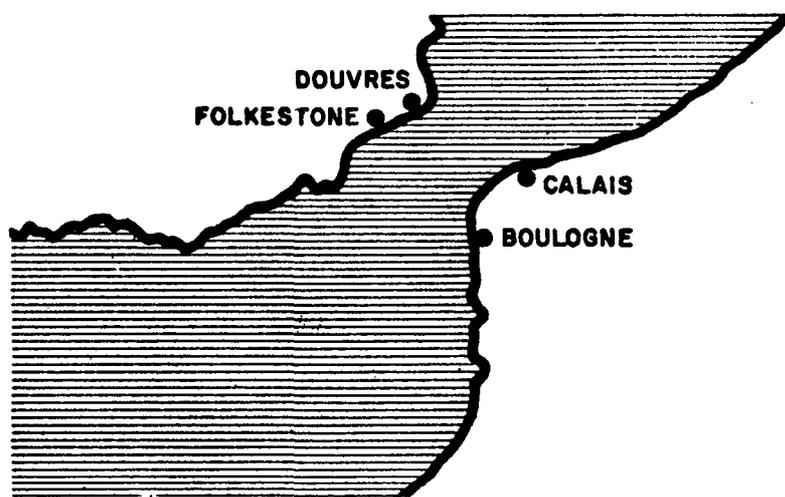


# TUNNEL SOUS LA MANCHE

## Etude de trafic et de rentabilité



### PARTIE B

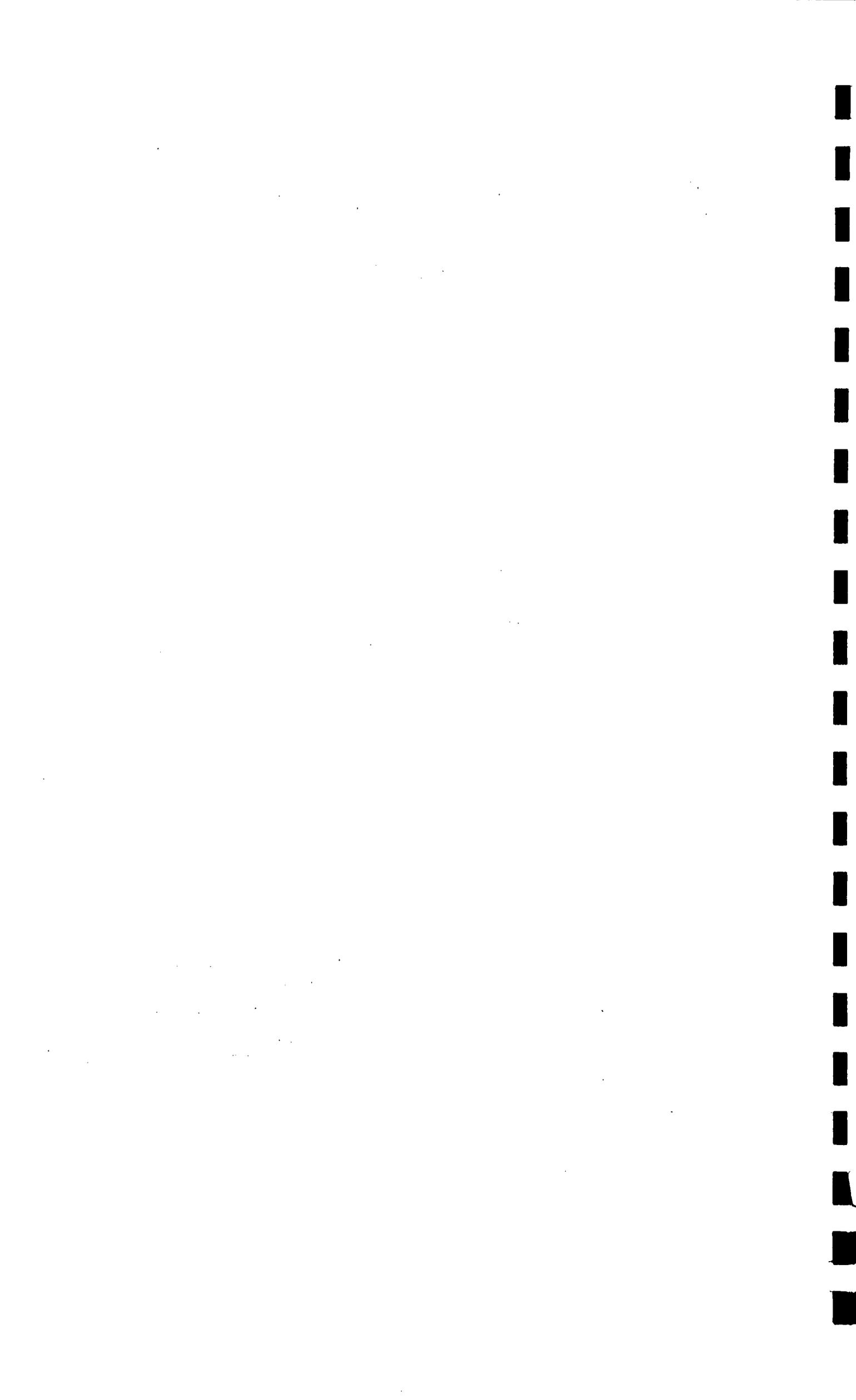
Service des Affaires Économiques  
DOCUMENTATION

Réf. n°

The Economist Intelligence Unit Ltd.  
22 Ryder Street,  
London, S.W. 1

Société d'Études Techniques et Économiques  
34 Avenue de Messine,  
Paris, 8

De Leuw, Cather & Company,  
150 North Wacker Drive,  
Chicago. 6. Illinois.



TUNNEL SOUS LA MANCHE  
ETUDE DE TRAFIC ET DE RENTABILITE

PARTIE B

Novembre, 1959

1917  
1918



## TABLE DES MATIERES

### PARTIE B - PASSAGERS ET VOITURES ACCOMPAGNEES

|  | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| <u>TERMINOLOGIE UTILISEE</u>   | 1           |
| 1. MOYENS DE TRANSPORT EXISTANT A TRAVERS LA MANCHE                                      | 4           |
| 1.1 Volumes transportés en 1957  | 4           |
| 1.10 Véhicules accompagnés   | 4           |
| 1.11 Passagers   | 4           |
| 1.2 Moyens de transport  | 4           |
| 1.20 Transport maritime  | 4           |
| 1.21 Transport aérien  | 4           |
| 1.22 Volumes journaliers pouvant être<br>présentement transportés à travers<br>la Manche | 5           |
| 2. COUTS ET TEMPS DE TRANSPORT A TRAVERS LA MANCHE                                       | 7           |
| 2.1 Véhicules accompagnés  | 7           |
| 2.10 Temps de transport  | 7           |
| 2.11 Tarifs de transport   | 7           |
| 2.2 Passagers  | 9           |
| 2.20 Temps de transport  | 9           |
| 2.21 Tarifs de transport   | 10          |
| 3. DEVELOPPEMENT DU TRAFIC A TRAVERS LA MANCHE   | 11          |
| 3.1 Sources d'information  | 11          |
| 3.2 Routes actuelles et projetées entre le<br>Royaume Uni et le Continent                | 11          |
| 3.3 Développement du trafic de véhicules<br>accompagnés à travers la Manche              | 11          |
| 3.30 Nationalité des véhicules   | 11          |
| 3.31 Lignes utilisées  | 12          |
| 3.32 Véhicules autres que voitures particulières   | 15          |
| 3.33 Trains-autos  | 15          |

|  | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| 3.4 Développement du trafic des passagers à travers la Manche                          | 16          |
| 3.40 Lignes maritimes  | 16          |
| 3.41 Lignes aériennes  | 17          |
| 3.42 Trafic total de passagers à travers la Manche                                     | 20          |
| 3.43 Volumes annuels de passagers transportés par air et trains entre Paris et Londres | 21          |
| 3.44 Nationalités des passagers  | 21          |
| 4. CARACTERISTIQUES DU TRAFIC EXISTANT   | 22          |
| 4.1 Volumes mensuels à travers la Manche   | 22          |
| 4.10 Véhicules accompagnés   | 22          |
| 4.11 Passagers   | 22          |
| 4.2 Structures hebdomadaires   | 23          |
| 4.20 Voitures particulières  | 23          |
| 4.21 Passagers   | 23          |
| 4.3 Caractéristiques journalières  | 24          |
| 4.30 Véhicules accompagnés   | 24          |
| 4.31 Passagers   | 25          |
| 4.4 Caractéristiques horaires  | 25          |
| 4.40 Véhicules accompagnés   | 25          |
| 4.41 Passagers   | 25          |
| 5. METHODE D'ETUDE   | 26          |
| 5.1 Généralités  | 26          |
| 5.2 Base de l'analyse  | 26          |
| 5.3 Courbes d'affectation et trafic détourné   | 27          |
| 5.4 Trafic engendré  | 27          |
| 5.5 Extrapolation des volumes de trafic  | 28          |

|  | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| 6. ENQUETES DE TRAFIC ET RASSEMBLEMENT DES DONNEES DE BASE   | 27          |
| 6.1 Enquêtes d'origine et de destination                     | 29          |
| 6.10 Objet   | 29          |
| 6.11 Détermination de la période et de la durée de l'enquête | 29          |
| 6.12 Les enquêtes  | 30          |
| 6.13 Les cartes d'interviews                                 | 32          |
| 6.2 Comptages  | 32          |
| 6.3 Mesures des délais d'attente                             | 33          |
| 6.4 Mesures de temps de parcours                             | 34          |
| 6.5 Coûts d'exploitation des véhicules et valeur du temps    | 35          |
| 6.6 Coût moyen pour traverser la Manche                      | 35          |
| 6.60 Véhicules accompagnés                                   | 36          |
| 6.61 Passagers   | 37          |
| 6.7 Zoning   | 37          |
| 6.70 Nombre de zones   | 37          |
| 6.71 Centre de gravité de la population des zones            | 38          |
| 6.72 Principales villes                                      | 38          |
| 6.8 Tableaux de temps et de distance                         | 38          |
| 6.9 Population et degré de motorisation                      | 39          |
| 7. UTILISATION DES RENSEIGNEMENTS DE L'ENQUETE               | 40          |
| 7.1 Coding et Mécanographie                                  | 40          |
| 7.1 Analyse  | 40          |
| 8. PREVISIONS DES VOLUMES DE TRAFIC                          | 42          |
| 8.1 Généralités  | 42          |
| 8.2 Détournement du trafic au profit du Tunnel               | 42          |
| 8.20 Véhicules accompagnés                                   | 42          |
| 8.21 Passagers   | 45          |

|   | <u>Page</u> |
|---|-------------|
| 8.3 Croissance du trafic  | 57          |
| 8.30 Véhicules accompagnés  | 57          |
| 8.300 Méthode suivie  | 57          |
| 8.301 La Croissance normale du trafic des voitures particulières à travers la Manche      | 57          |
| 8.302 Trafic engendré pour les voitures particulières                                     | 64          |
| 8.303 Accroissement normal du trafic pour les autocars, les motos et les autres véhicules | 67          |
| 8.304 Coefficients d'accroissement : résumé   | 68          |
| 8.31 Passagers  |             |
| 8.310 Méthode utilisée  | 69          |
| 8.311 Accroissement du trafic passagers à travers le Tunnel                               | 69          |
| 9. ESTIMATION DU TRAFIC ET DES RECETTES   | 71          |
| 9.1 Tunnel Ferroviaire  | 71          |
| 9.10 Tracés et coupe en travers du Tunnel Ferroviaire                                     | 71          |
| 9.11 Capacité d'un Tunnel Ferroviaire   | 71          |
| 9.12 Temps de transport à travers le Tunnel   | 72          |
| 9.13 Estimation du trafic et des recettes   | 73          |
| 9.130 Véhicules accompagnés   | 73          |
| 9.131 Passagers   | 78          |
| 9.132 Trafic total et recettes  | 80          |
| 9.2 Tunnel Routier  | 84          |
| 9.20 Hypothèse de base  | 84          |
| 9.21 Tracés et coupe en travers   | 84          |
| 9.22 Détournement du trafic comparé à celui d'un Tunnel Ferroviaire                       | 84          |
| 9.220 Véhicules accompagnés   | 84          |
| 9.221 Passagers   | 85          |
| 9.23 Capacité du Tunnel Routier   | 86          |
| 9.24 Estimation du trafic et des recettes   | 87          |

- 17 -

LISTE DES TABLEAUX

| <u>N°</u> | <u>TITRE</u>  |
|-----------|---|
| 1         | Véhicules accompagnés et Passagers. Capacité des moyens de transport maritime à travers la Manche (1958)              |
| 2         | Véhicules accompagnés. Temps de transport à travers la Manche   |
| 3         | Véhicules accompagnés. Tarifs de transport sur les routes maritimes   |
| 4         | Véhicules accompagnés. Tarifs de transport sur les lignes aériennes   |
| 5         | Passagers. Temps de transport sur quelques grandes relations par les routes maritimes                                 |
| 6         | Passagers. Temps de transport sur quelques grandes relations par les routes aériennes                                 |
| 7         | Passagers. Tarifs de transport sur quelques grandes relations par les routes maritimes                                |
| 8         | Passagers. Tarifs de transport sur quelques grandes relations par les routes aériennes au 1er Août 1958               |
| 9         | Véhicules accompagnés. Nationalité des véhicules accompagnés par ligne en 1958.                                       |
| 10        | Véhicules accompagnés. Trafic en 1957 par nature de véhicule et par port et aéroport Anglais                          |
| 11        | Véhicules accompagnés. Volumes annuels de véhicules accompagnés transportés par lignes maritimes                      |
| 12        | Véhicules accompagnés. Volumes annuels de véhicules accompagnés transportés par lignes aériennes                      |
| 13        | Véhicules accompagnés. Volumes annuels totaux transportés à travers la Manche   |
| 14        | Véhicules accompagnés. Trafic des véhicules autres que voitures particulières sur les lignes maritimes de 1952 à 1957 |
| 15        | Passagers. Volumes annuels transportés sur les lignes maritimes   |
| 16        | Passagers. Volumes annuels transportés sur les lignes aériennes   |
| 17        | Passagers. Volumes annuels transportés à travers la Manche  |
| 18        | Passagers. Volumes annuels transportés entre Paris et Londres par train et par avion                                  |
| 19        | Passagers. Nationalité des passagers par ligne en 1958  |
| 20        | Carte d'interview pour les véhicules accompagnés utilisant les routes maritimes et quittant le Royaume-Uni.           |
| 21        | Véhicules accompagnés. Professions des conducteurs par lignes - Eté   |

- 22 Véhicules accompagnés. Nombre de véhicules et de voitures particulières par 1000 habitants et produit national par habitant pour divers pays, de 1952 à 1957
- 23 Véhicules accompagnés. Nombre de véhicules et de voitures particulières par 1000 habitants et produit national par habitant pour différents pays de 1950 à 1957

LISTE DES GRAPHIQUES

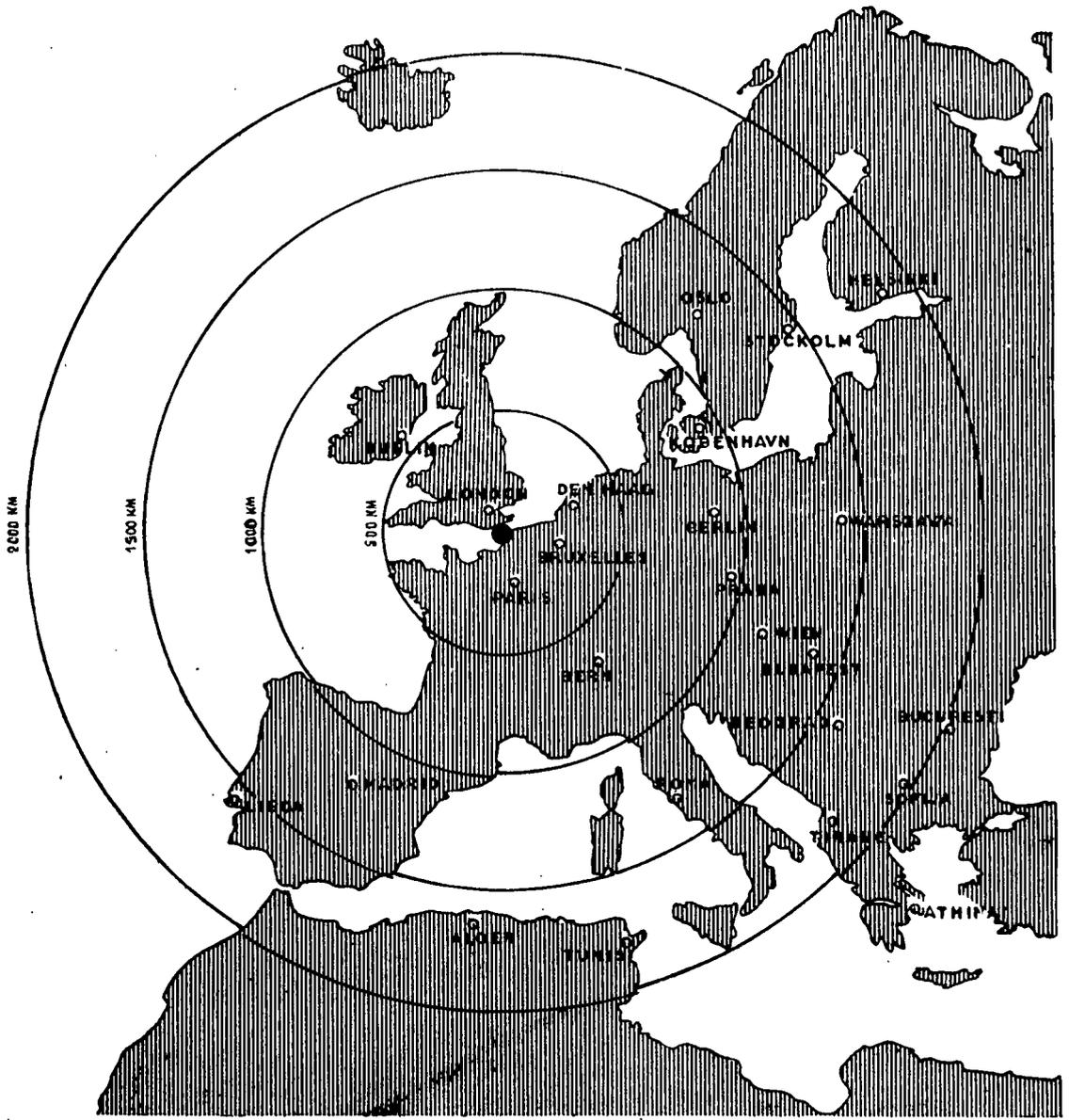
| <u>N°</u> | <u>TITRE</u>  |
|-----------|---|
| 1         | Transport des voitures particulières à travers la Manche. Lignes maritimes  |
| 2         | Transport des voitures particulières à travers la Manche. Lignes aériennes  |
| 3         | Transport des voitures particulières à travers la Manche. Lignes maritimes + lignes aériennes (échelle arithmétique)  |
| 4         | Transport des voitures particulières à travers la Manche. Lignes maritimes + lignes aériennes (échelle logarithmique) |
| 5         | Trafic de véhicules accompagnés autres que voitures particulières à travers la Manche. Lignes maritimes               |
| 6         | Transport des passagers à travers la Manche. Lignes maritimes depuis 1946   |
| 7         | Evolution du trafic maritime passager depuis 1850   |
| 8         | Transport des passagers à travers la Manche. Lignes aériennes   |
| 9         | Volumes annuels totaux de passagers transportés à travers la Manche Lignes maritimes + lignes aériennes               |
| 10        | Volumes mensuels de voitures particulières traversant la Manche en 1957. Lignes maritimes                             |
| 11        | Volumes mensuels de voitures particulières traversant la Manche en 1957. Lignes aériennes                             |
| 12        | Volumes mensuels de voitures particulières traversant la Manche en 1957. Lignes maritimes + lignes aériennes          |
| 13        | Evolution des volumes mensuels de voitures particulières traversant la Manche depuis 1952. Lignes maritimes           |
| 14        | Volumes mensuels de passagers traversant la Manche en 1957. Lignes maritimes  |
| 15        | Evolution des volumes mensuels de passagers traversant la Manche depuis 1952. Lignes maritimes                        |
| 16        | Volumes mensuels de passagers aériens sur la relation Paris-Londres en 1957. Lignes régulières, Skyways, Silver Arrow |
| 17        | Variation hebdomadaire du trafic de voitures particulières à travers la Manche en 1957                                |
| 18        | Courbe des débits classés en 1957 - véhicules et voitures particulières accompagnés - Sens Continent - Royaume Uni    |
| 19        | Courbe des débits classés en 1957 - véhicules et voitures particulières accompagnés - Sens Royaume Uni - Continent    |
| 20        | Courbe des débits classés en 1957 - véhicules et voitures particulières accompagnés - deux sens groupés               |
| 21        | Courbe des débits classés en 1957 - passagers maritimes - Sens Royaume Uni - Continent.                               |

- 22 Courbe des débits classés en 1957 - Passagers maritimes - Sens Continent - Royaume Uni
- 23 Courbe des débits classés en 1957 - Passagers maritimes - 2 sens groupés
- 24 Nombre de bateaux par heure et coefficient de remplissage des bateaux en voitures particulières. Lignes maritimes spécialisées - jour de semaine - période d'Eté
- 25 Nombre de bateaux par heure et coefficient de remplissage des bateaux en voitures particulières. Lignes maritimes spécialisées - jour de week-end - période d'Eté
- 26 Nombre d'avions par heure et coefficient d'occupation des avions sur la ligne Paris-Londres - Lignes régulières - jour de semaine - période d'Eté
- 27 Nombre d'avions par heure et coefficient d'occupation des avions sur la ligne Paris-Londres - Lignes régulières - week end - période d'Eté
- 28 Véhicules accompagnés. Courbe d'affectation Douvres-Boulogne/Douvres-Ostende
- 29 Véhicules accompagnés. Courbe d'affectation Douvres-Boulogne/Harwich-Hook van Holland
- 30 Véhicules accompagnés. Courbe d'affectation Douvres-Boulogne/Ferryfield-Le Touquet
- 31 Passagers. Courbe d'affectation Douvres-Calais, Douvres-Ostende
- 32 Passagers. Courbe d'affectation Douvres-Calais/Harwich-Hook van Holland
- 33 Passagers. Courbe d'affectation Douvres-Calais/Lympne-Beauvais
- 34 Evolution relative du trafic passager maritime et aérien (total Royaume Uni et quelques grandes relations)
- 35 Relation entre le nombre de voitures particulières d'une nationalité donnée traversant la Manche et le parc de voitures particulières de cette nationalité
- 36 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national en 1952
- 37 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national en 1953
- 38 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national en 1954
- 39 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national en 1955
- 40 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national en 1956
- 41 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national en 1957

- 42 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national. France et Royaume Uni
- 43 Corrélation entre le nombre de voitures particulières par 1000 habitants et le produit national. Allemagne et Belgique
- 44 Prévision des parcs de voitures particulières de Grande-Bretagne, France, Allemagne et Belgique
- 45 Relation entre le nombre de passagers d'une nationalité donnée traversant la Manche et le produit national.

LISTE DES PLANCHES

| <u>N°</u> | <u>TITRE</u>   |
|-----------|--|
| 1         | Moyens de transport des véhicules accompagnés à travers la Manche et réseau routier Européen en 1965 |
| 2         | Moyens maritimes de transport de passagers à travers la Manche et réseau ferroviaire Européen        |
| 3         | Principales routes européennes à travers la Manche   |
| 4         | Tunnels routiers - Plan de situation   |
| 5         | Tunnels ferroviaires - Plan de situation   |
| 6         | Tunnels routiers - Plan d'implantation   |
| 7         | Tunnels ferroviaires - Plan d'implantation   |
| 8         | Coupe en travers des Tunnels routiers et ferroviaires  |
| 9         | Volumes des véhicules accompagnés transportés par ligne à travers la Manche en 1957                  |
| 10        | Volumes des véhicules accompagnés transportés par ligne dans la zone du Tunnel en 1957               |
| 11        | Volumes des passagers maritimes transportés par ligne à travers la Manche en 1957                    |
| 12        | Volumes des passagers maritimes transportés par ligne dans la zone du Tunnel en 1957                 |
| 13        | Volumes des passagers aériens transportés à travers la Manche en 1957                                |
| 14        | Mesures de temps de parcours - Vitesses moyennes   |
| 15        | Lignes de désir des véhicules accompagnés (Eté)  |
| 16        | Lignes de désir des passagers (Eté)  |
| 17        | Lignes de désir des véhicules accompagnés (Hiver)  |
| 18        | Lignes de désir des passagers (Hiver)  |
| 19        | Distances à terre équivalentes aux traversées de la Manche par les diverses routes                   |
| 20        | Population en Europe - 1957 - 1965 - 1980  |
| 21        | Effectif de voitures particulières en Europe - 1957 - 1965 - 1980                                    |



**TEXTE**



## PARTIE B

### TERMINOLOGIE UTILISEE

Pour rendre la lecture du rapport plus aisée la définition de la terminologie la plus fréquemment utilisée est donnée ci-dessous :

#### 1. TRAFIC DE VEHICULES ACCOMPAGNES A TRAVERS LA MANCHE

1.1 Car-Ferry. Bateau spécialement conçu pour le transport des véhicules et construit de telle manière que les conducteurs puissent y garer eux-mêmes leurs véhicules.

1.2 Train-Ferry. Bateau pouvant transporter soit des passagers, soit des marchandises en wagon, soit des voitures accompagnées.

1.3 Bateau-Cargo. Sur la ligne Dieppe-Newhaven les véhicules accompagnés sont transportés sur des bateaux cargos différents du paquebot qui transporte les passagers correspondants.

1.4 Paquebots. Bateaux transportant des passagers, mais pouvant accessoirement transporter quelques véhicules accompagnés.

1.5 Air-Ferries. Avions spéciaux (Cargos ou super-cargos Bristol) transportant des véhicules accompagnés à travers la Manche.

Quand dans le texte il est question de "véhicules accompagnés" il faut entendre, sauf précision contraire, le véhicule et les passagers qui l'accompagnent.

1.6 Trains-autos. Trains équipés de wagons spéciaux pour le transport des voitures particulières.

#### 2. TRAFIC DE PASSAGERS A TRAVERS LA MANCHE

Dans le texte, sauf stipulation contraire, il faut entendre par "passagers", les passagers traversant la Manche par les moyens de transport ordinaires (bateaux ou avions) à l'exclusion des passagers accompagnant leurs véhicules.

2.1 Passagers maritimes. Passagers traversant la Manche à bord de bateau et atteignant les ports soit par train, autobus, taxis, etc...

Les passagers des trains-paquebots sont ceux atteignant les ports par trains-paquebots. Ils représentent la plus grande partie des passagers maritimes.

Les passagers maritimes comprennent :

2.10 Les excursionnistes. Passagers voyageant avec un ticket spécial établi pour un séjour de moins de 24 heures en pays étranger. Ils utilisent généralement des itinéraires spéciaux pour les excursions mais certains d'entre eux sont transportés sur les lignes normales par des bateaux spéciaux. Ils représentent une très petite partie du trafic de passagers maritimes (7% en 1957).

2.11 Passagers ordinaires. Tous les passagers autres qu'excursionnistes. Ils représentaient 93% du trafic total en 1957.

2.2 Passagers aériens. Passagers traversant la Manche par la voie aérienne. En pratique ils ne comprennent pas d'excursionnistes.

### 3. DETOURNEMENT ET ENGENDREMENT DE TRAFIC

La terminologie suivante est utilisée dans le texte.

3.1 Trafic détourné. Partie du trafic changeant de route utilisée sans changement d'origine et de destination.

3.2 Courbes d'affectation. Courbes utilisées pour estimer le trafic détourné et obtenues à partir des enquêtes d'origine et de destination.

3.3 Trafic engendré. Un trafic nouveau n'existant pas antérieurement mais qui prend naissance quand un moyen de franchissement nouveau est mis en service.

3.4 Coefficient de stimulation. Le rapport du trafic engendré au trafic existant initialement.

3.5 Distance virtuelle. La distance virtuelle d'un voyage (par exemple la traversée de la Manche par bateau) est la distance équivalente qu'une voiture moyenne aurait à parcourir sur route à une vitesse de base donnée. Le coût total du parcours équivalent sur route est donc égal au coût de la traversée réelle. Dans ce but, le coût d'exploitation au kilomètre de la voiture et le temps sont convertis en une valeur monétaire. La notion de distance virtuelle est équivalente à celle du coût total, mais elle est plus parlante.

---

TAUX DE CHANGE DU FRANC FRANCAIS. Le taux de change utilisé dans ce rapport pour convertir les francs français en dollars U.S. (et Livres Sterling) est le taux en vigueur en 1957. En décembre 1958 le Franc a été dévalué de 17,55%. Pour tenir compte de cette dévaluation il convient d'augmenter de 17,55% tous les montants exprimés en francs français.

PRECISION DES PREVISIONS. La précision avec laquelle le trafic et les recettes sont établis est due au fait qu'ils résultent de nombreux calculs. Les prévisions ne doivent être interprétées que comme donnant des ordres de grandeur.

1. MOYENS DE TRANSPORT EXISTANT A TRAVERS LA MANCHE

1.1 Volumes transportés en 1957:

Les volumes ci-après ont été transportés à travers la Manche en 1957 par les moyens de transports existants.

1.10 Véhicules accompagnés

| <u>Catégorie de trafic</u>           | <u>Total</u> | <u>Par mer</u> | <u>Par air</u> |
|--------------------------------------|--------------|----------------|----------------|
| Véhicules accompagnés                | 285.900      | 233.254        | 52.646         |
| Passagers accompagnant les véhicules | 836.000      | 696.000        | 140.000        |
| Voitures particulières accompagnées  | 253.962      | 209.367        | 44.595         |

1.11 Passagers

| <u>Catégorie de trafic</u>  | <u>Total</u> | <u>Par mer</u> | <u>Par air</u> |
|---|--------------|----------------|----------------|
| Ensemble des passagers y compris les passagers accompagnant leur véhicule | 6.586.000    | 3.887.000      | 2.699.000      |
| dont:   |              |                |                |
| Passagers accompagnant les véhicules                                      | 836.000      | 696.000        | 140.000        |
| Passagers sans véhicules  | 5.750.000    | 3.191.000      | 2.559.000      |

1.2 Moyens de transport

1.20 Transport maritime

Pour transporter ce trafic à travers la Manche 37 bateaux sont utilisés comprenant 4 train-ferries, 27 paquebots et 6 car-ferries. Trois cargos sont utilisés sur la ligne Dieppe-Newhaven pour transporter les véhicules des passagers transportés à bord des paquebots.

La capacité possible de transport de la flotte décrite ci-dessus s'élève à 42.000 passagers et à 1.600 voitures accompagnées.

Le tableau n° 1 montre le nombre de chacune des catégories de navires utilisés sur les différentes lignes maritimes. L'ensemble des lignes est exploité durant toute l'année sauf la ligne du car-ferry Douvres-Calais qui n'est ouverte que de Juin à Octobre et la ligne Newhaven-Dieppe fermée de Novembre à Mars. Les lignes de paquebot Folkestone-Boulogne et Southampton-St-Malo sont ouvertes seulement pendant la période d'été, les passagers étant transportés par cargo pendant l'hiver.

### 1.21 Transport aérien

En plus des avions de transport de passagers utilisés sur les lignes régulières telles que Paris-Londres, ou sur quelques lignes de moindre importance telles que Lympe-Beauvais et Ferryfield-Le Touquet (utilisant très généralement des DC 3) une flotte d'environ 31 Bristol Freighters et Super Freighters transporte des voitures particulières à travers la Manche. Un Bristol Super Freighter peut transporter de 3 à 4 voitures et de 16 à 23 passagers.

La capacité de transport par air est donc de 90 à 120 voitures.

Le temps de rotation peut être estimé en ajoutant au temps de vol 20' pour chaque séjour à terre.

Les lignes aériennes les plus importantes transportant des véhicules et des passagers de côte à côte sont les suivantes :

Southend à Rotterdam, Ostende et Calais  
Ferryfield à Ostende, Calais et Le Touquet  
Southampton à Deauville et Cherbourg

Une ligne reliant Londres à Paris par l'Aéroport de Lympe (sur la côte Sud de l'Angleterre) et Beauvais (à environ 79 kilomètres de Paris) est exploitée par Skyways et transporte uniquement des passagers.

Toutes ces lignes sont ouvertes pendant l'année entière sauf Southampton-Deauville, qui est ouverte seulement entre Juin et Septembre et Southampton-Cherbourg, exploitée seulement de Mars à Octobre.

### 1.22 Volumes journaliers pouvant être transportés à travers la Manche

#### 1.220 Voitures particulières

Il est intéressant de calculer le nombre maximum de voitures particulières pouvant être transportées par les navires et avions actuellement en service.

#### 1.221 Lignes maritimes

Pour faire cette estimation les ingénieurs conseils se basèrent sur la fréquence maximum des services pendant l'été de 1958, où, selon les représentants des Chêmins de Fer Anglais et Français,

aussi bien les bateaux que les installations terminales du port de Douvres étaient utilisés à pleine capacité. Dans ces conditions le nombre maximum de voitures particulières pouvant être transportées journallement à travers la Manche en admettant un coefficient de chargement (1) moyen de 0,9 est de 3.400 dont 2.680 pour les car-ferries, 320 pour les train-ferries, 220 pour les cargos de la ligne Dieppe-Newhaven et 220 pour les paquebots.

1.222 Lignes aériennes

A partir de la fréquence maximum de vols pour chaque ligne et en utilisant un coefficient de chargement moyen de 0,8, les Ingénieurs Conseils obtinrent un volume journalier de l'ordre de 1.100 voitures.

Ainsi l'ensemble des moyens de transport peut transporter 4.450 voitures par jour.

Avec la mise en service en 1959 d'un nouveau car-ferry, le "Maid of Kent", pour remplacer le "Dinard" sur la ligne Douvres-Boulogne, la capacité sera augmentée de 107 voitures et le volume total journalier de 580. Le nouveau volume journalier pour l'ensemble des moyens de transport sera ainsi de 5.120 voitures.

1.223 Passagers maritimes

Le nombre journalier maximum de passagers pouvant être transporté à travers la Manche par les moyens de transport actuels comprenant les services spéciaux est le suivant:

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| Passagers de paquebot      | 63.430        |
| Passagers de train-ferries | 3.000         |
| Total                      | 66.430        |
| Passagers des car-ferries  | <u>19.000</u> |
| Total                      | <u>85.430</u> |

(1) Coefficient de chargement = nombre de voitures transportées, divisé par le nombre de places offertes.

## 2. COUTS ET TEMPS DE TRANSPORT A TRAVERS LA MANCHE

### 2.1 Véhicules accompagnés

#### 2.10 Temps de transport

Le tableau n° 2 indique les temps de transport à travers la Manche par différentes routes possibles pour les véhicules accompagnés. La plupart des voitures sont transportées par les car-ferries français et belges et le reste par les air-ferries des lignes Ferryfield-Le-Touquet et Southend-Calais.

Le temps de transport comprend le temps d'attente avant le départ des car-ferries ou des air-ferries, y compris le "temps de précaution" (délai avant l'heure de convocation que le conducteur se réserve comme marge de sécurité), les formalités douanières et de police, le chargement sur le navire ou l'avion, le déchargement, les formalités douanières et de police de l'autre côté, plus le temps réel de traversée de la Manche. Il est expliqué au chapitre 6 comment les différents éléments du temps de transport ont été mesurés.

Les lignes de car-ferries les plus courtes sont les lignes françaises avec un temps de transport de 3 h 47' pour Douvres-Boulogne, et 3 h 31' pour Douvres-Calais (y compris les temps de traversée maritime de 1 h 45' et 1 h 30' respectivement) pour un temps total de traversée de 1 h 19' pour Ferryfield-Le Touquet (temps de vol de 20').

Les temps de transport ainsi connus par les enquêtes ne varient pas notablement pendant l'année.

#### 2.11 Tarifs de transport

##### 2.110 Lignes maritimes

Le tableau 3 montre les différents tarifs en vigueur au 1er Août 1958 pour le transport de véhicules accompagnés à travers la Manche. Les lignes les moins chères sont celles des car-ferries et les tarifs diffèrent considérablement selon la taille de la voiture, car la notion de volume occupé à bord est la base de la tarification.

Le coût moyen par véhicule accompagné calculé avec l'aide des services comptables de la SNCF et des Chemins de Fer Britanniques s'élève pour la ligne la plus économique c'est-à-dire Douvres-Boulogne, à 12.686 F.F. (£.10.16.0). Ce montant tient compte des prix de passage payés par le nombre de passagers accompagnant la voiture.

#### 2.111 Lignes aériennes

Le tableau n° 4 donne les mêmes renseignements pour les air-ferries. On notera que les tarifs sont différents pour les jours de morte-saison, les jours de saison d'été et les jours de pointe de la saison d'été.

Les tarifs moyens pondérés sont obtenus en utilisant la taille moyenne des véhicules et leur occupation moyen tirées des enquêtes.

Le tarif pour Ferryfield-Le Touquet, qui est la ligne aérienne la moins chère, s'élève en moyenne à 21.669 F.F. (£.18.8.10). Ce montant est supérieur de 8.983 F.F. (£.7.12.9) au tarif par la ligne de car-ferries la plus proche, Douvres-Boulogne, soit en d'autres termes 70% plus cher.

#### 2.112 Tarifs actuels par la route la plus compétitive par rapport au Tunnel

Le tableau suivant montre les différents tarifs de la ligne la plus compétitive par rapport au tunnel c'est-à-dire Douvres-Boulogne, pour les différentes catégories de véhicules transportés. Le nombre moyen d'occupants a été obtenu à partir des enquêtes.

| <u>Type de véhicules</u> | <u>Nb. moyen d'occupants par véhic.</u> | <u>Tarif par véhicule</u> |          | <u>Tarif par passagers accompagnant</u> |          | <u>Tarif moyen total</u> |           |
|--------------------------|---|---------------------------|----------|---|----------|--------------------------|-----------|
|                          |   | <u>F.F.</u>               | <u>£</u> | <u>F.F.</u>                             | <u>£</u> | <u>F.F.</u>              | <u>£</u>  |
| Motocycl.                | 1.68                                    | 1.410                     | 1.4.0.   | 2.174                                   | 1.17.0.  | 5.062                    | 4.6.2.    |
| Voit. part.<br>(4 m 42)  | 3.20                                    | 7.403                     | 6.6.0.   | 2.174                                   | 1.17.0.  | 14.360                   | 12.4.5.   |
| Autocars                 | 29.15                                   | 27.025                    | 23.0.0.  | 2.174                                   | 1.17.0.  | 90.397                   | 76.18.11. |

Les tarifs réellement payés par les voyageurs sont bien entendu plus faibles vu les différentes réductions en vigueur (voir chapitre 6).

## 2.2 Passagers

### 2.20 Temps de transport

#### 2.201 Lignes maritimes

Le tableau n° 5 montre les temps de transport pour certaines des plus importantes parmi les lignes maritimes. Le temps donné est la moyenne des temps mis par les trains réguliers entre 2 villes. La ligne la plus rapide de Londres à Paris est Douvres-Calais. Le temps mis est 7 h.51'. Ce temps est du même ordre d'importance que le temps mis de Londres à Bruxelles (8 h.9') tandis que le temps mis de Londres à Amsterdam est de 11 h.38'.

#### 2.202 Lignes aériennes

Le tableau n° 6 montre le temps actuel de transport de centre de ville à centre de ville pour les principales lignes intéressant cette étude, c'est-à-dire pour celles d'une distance supérieure à 400 kilomètres d'aéroport à aéroport. Ces lignes sont Londres-Paris, Londres-Bruxelles et Londres-Amsterdam.

La partie inférieure du tableau montre comment le temps de transport aérien entre 2 villes telles que Paris et Londres a été évalué en prenant en compte tous les éléments du temps de transport. Ceci met en évidence la réduction de temps qui pourrait résulter de différentes améliorations dans le futur. Parmi les principales améliorations, il est utile de mentionner :

- Amélioration des transports à terre entre Paris et Orly quand l'autoroute du Sud sera en exploitation en 1961, ce qui fera gagner 10'.

- Amélioration des transports à terre de Londres à l'Aéroport due à la prolongation de la "Cromwell Road", en cours actuellement, et à la construction du passage supérieur au carrefour de "Chiswick", ce qui fera gagner de 5 à 10'. Si le projet d'autoroute de Chiswick à l'aéroport de Londres même (première partie de la Radiale du Sud du Pays de Galles) est réalisé, le gain en temps pourrait atteindre 17'. D'autres améliorations telles que la liaison ferroviaire à la gare de Victoria ou une liaison par monorail pourrait conduire à un gain de 18 à 20'.

2.21 Tarifs de transport

2.210 Lignes maritimes

Le tableau n° 7 montre les tarifs actuels par différentes liaisons maritimes comprenant celles offrant des traversées maritimes différentes pour un même voyage. Pour chaque ligne le tarif moyen par passager, calculé avec l'aide des services des chemins de fer Français et Britanniques, est indiqué dans la dernière colonne et on peut constater que la ligne la meilleure marché de Londres à Paris est celle par Newhaven-Dieppe.

2.211 Lignes aériennes

Le tableau n° 8 indique les tarifs des principales lignes aériennes et on peut constater que les tarifs des nouvelles lignes mixtes Air-terre offertes entre Londres et Paris ne sont que 60% des tarifs des lignes régulières. Ceci est rendu possible par les frais généraux moindres que ces lignes ont à supporter et explique leur remarquable développement de ces dernières années.

### 3. DEVELOPPEMENT DU TRAFIC A TRAVERS LA MANCHE

#### 3.1 Sources d'information

Outre les statistiques publiées donnant les volumes annuels de passagers et de véhicules transportés par les différentes lignes, les Ingénieurs-Conseils devaient obtenir des chiffres plus détaillés afin de connaître les variations journalières, hebdomadaires et mensuelles, la nationalité des véhicules et des passagers, la répartition des passagers en différentes catégories etc ...

En plus des Chemins de Fer Britanniques et de la SNCF dont la coopération fut essentielle pour le rassemblement des statistiques, les ingénieurs-conseils bénéficièrent pour compléter leurs renseignements de l'aide des ports et aéroports français et britanniques, des ministères de l'intérieur français et britanniques, des douanes françaises, des ministères de Travaux Publics et de l'Aviation Civile française et britannique, des compagnies aériennes et maritimes, des clubs automobiles, etc...

Bien que certaines données ne pouvaient leur être communiquées pour des raisons commerciales ils ont pu obtenir tous les renseignements dont ils avaient besoin.

#### 3.2 Routes actuelles et projetées entre le Royaume Uni et le Continent

Pour calculer le trafic futur à travers un Tunnel il était nécessaire d'étudier les volumes totaux actuels de passagers et de voitures accompagnées traversant la Manche. Les planches 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7 montrent les réseaux routiers, ferroviaires et aériens actuels et en 1965, ainsi que les implantations des projets de tunnels routier et ferroviaire.

#### 3.3 Développement du trafic de véhicules accompagnés à travers la Manche

##### 3.30 Nationalité des véhicules

En 1957, 253.962 voitures particulières accompagnées ont traversé la Manche sur un total de 285.900 véhicules accompagnés de toutes catégories comprenant les motocyclettes, les voitures, les camions, les caravanes et les remorques. Les voitures de nationalité britannique représentent à elles-seules environ 76,3% du total ainsi que le montre le tableau n° 9. Ces chiffres furent tirés de l'enquête, car aucune statistique officielle de nationalité des véhicules n'avait jamais été tenue.

On peut voir qu'après les voitures britanniques, celles de la France, des U.S.A., de l'Allemagne, du Bénélux, ont environ la même importance dans le trafic total et représentent ensemble 14,9% du trafic, le reste étant composé de véhicules de diverses autres nationalités.

Chaque route a ses propres caractéristiques. Les britanniques utilisent davantage les car-ferries et les air-ferries. Douvres-Ostende, Harwich-Hook et Harwich-Esbjerg montrent respectivement un plus grand nombre de Belges, de Néerlandais et de Scandinaves utilisant ces routes pour entrer ou sortir de leur propre pays.

### 3.31 Lignes utilisées

Les planches n° 9 et 10 montrent le nombre de voitures particulières transportées à travers la Manche en 1957 par les différentes lignes maritimes et aériennes. Ces planches indiquent clairement l'importance prédominante des lignes maritimes courtes voisines de l'implantation du tunnel projeté.

Le tableau n° 10 montre, en ce qui concerne le trafic des voitures accompagnées transportées à travers la Manche en 1957, l'importance relative des ports et aéroports anglais.

| <u>Ports ou aéroports<br/>anglais</u> | <u>% du trafic total de voitures<br/>particulières accompagnées</u> |
|---------------------------------------|---|
| Douvres                               | 69,2  |
| Ferryfield                            | 12,2  |
| Harwich                               | 5,8   |
| Southend                              | 4,4   |
| Newhaven                              | 3,4   |
| Autres                                | 5,0   |

Il apparait clairement que Douvres est de loin le port anglais le plus important pour ce trafic.

Les tableaux n° 11, 12 et 13 indiquent les volumes de voitures particulières et de véhicules accompagnés transportés à travers la Manche, chaque année depuis 1946, les lignes étant classées par ordre d'importance décroissante. Les volumes des années antérieures n'étaient pratiquement pas disponibles.

3.310 Lignes maritimes

Le tableau n° 11 indique les volumes annuels transportés par les différentes lignes maritimes. En 1957 leur importance relative était la suivante :

| <u>Lignes</u>     | <u>% du total du trafic maritime (tous véhicules)</u> | <u>% du total du trafic aérien et maritime (tous véhicules)</u> |
|-------------------|---|---|
| Douvres-Boulogne  | 41,4  | 33,8  |
| Douvres-Ostende   | 17,9  | 14,6  |
| Douvres-Dunkerque | 15,2  | 12,4  |
| Douvres-Calais    | 10,3  | 8,4   |
| Harwich-Hook      | 5,2   | 4,2   |
| Newhaven-Dieppe   | 4,2   | 3,4   |
| Autres            | 5,8   | 4,8   |
|                   | <u>100,0</u>  | <u>81,6</u>   |

Ainsi, en 1957, 81,6 pour cent du trafic total de véhicules accompagnés à travers la Manche a été transporté par les lignes maritimes. Les lignes proches de la zone du tunnel (Douvres-Boulogne, Douvres-Ostende, et Douvres-Calais) ont transporté 54,6 pour cent du total de véhicules accompagnés. A elle seule, la ligne Douvres-Boulogne a transporté 33,8% du trafic total et 41,4% du trafic maritime total.

Le graphique n° 1 (échelle arithmétique) montre l'évolution du trafic maritime des véhicules accompagnés à travers la Manche depuis la deuxième guerre mondiale. En 9 ans entre 1948 et 1957 le nombre de voitures particulières s'est accru pratiquement de 4 fois avec un accroissement de 1,75 depuis 1952. Le graphique n° 3 (échelle arithmétique) et le graphique n° 4 (échelle logarithmique) montrent que depuis 1952, date à laquelle on peut considérer que la période de stabilité d'après guerre était atteinte, la croissance du trafic des véhicules accompagnés à travers la Manche s'est effectuée à un taux annuel moyen composé de 12%.

### 3.311 Air-ferries

Les air-ferries qui se sont surtout développés après la dernière guerre transportent maintenant 18,4% du total du trafic de véhicules accompagnés. Le tableau n° 12 indique les volumes annuels transportés par chacune des lignes. En 1957 l'importance relative des lignes était la suivante:

| <u>Lignes</u>         | <u>% du trafic<br/>aérien total</u> | <u>% du total du trafic<br/>aérien et maritime</u> |
|-----------------------|-------------------------------------|--|
| Ferryfield-Le Touquet | 58,4                                | 10,8   |
| Southend-Calais       | 17,6                                | 3,2  |
| Southampton-Cherbourg | 8,5                                 | 1,6  |
| Autres                | 15,5                                | 2,8  |
| Total                 | 100                                 | 18,4   |

En 1957 la ligne Ferryfield-Le Touquet assurait à elle seule 58,4% du trafic aérien total et 10,8% du trafic total aérien et maritime.

Le graphique n° 2 (échelle arithmétique) montre le développement du trafic des air-ferries à travers la Manche. Au cours des cinq années entre 1952 et 1957 le trafic de voitures particulières accompagnées a été multiplié par 6,4 et a augmenté à un taux annuel moyen composé de 46%. On peut voir, cependant, sur les graphiques n° 3 et 4 que l'augmentation relative du trafic aérien par rapport au trafic maritime a cessé depuis 1956.

### 3.312 Trafic total maritime et aérien

Le trafic total des voitures particulières accompagnées a augmenté de plus de 5 fois dans les 9 années allant de 1948 à 1957 à un taux d'accroissement annuel moyen composé de 11,5%. Si on considère seulement les 5 années de la période 1952 - 1957, les volumes transportés ont augmenté de plus de 2 fois et le taux d'accroissement a été de 15,1%.

### 3.32 Véhicules autres que voitures particulières

3.320 Comme nous l'avons déjà noté les voitures particulières constituent l'essentiel du trafic des voitures accompagnées à travers la Manche. En 1957 sur un total de 285.900 véhicules, 253.962 -environ 89%- étaient des voitures particulières, le reste 11% comprenait des motocyclettes (8,75%) des autocars (0,9%), des camions (0,3%) et des caravanes et remorques (1,05%). Les autocars et les camions sont transportés seulement par les lignes maritimes de Douvres, 80% d'entre eux sur les lignes vers la France.

3.321 Le tableau n° 14 et le graphique n° 5 montrent l'évolution du trafic à travers la Manche des véhicules autres que les voitures particulières par les lignes maritimes et pour lesquelles les statistiques étaient utilisables seulement pour un certain nombre d'années. On notera que le nombre de motocyclettes est pratiquement constant depuis 1952.

### 3.33 Trains-auto

3.330 Depuis 1956 un nouveau moyen de transport de voitures particulières a été mis à la disposition du public. Il s'agit du transport des voitures particulières sur des trains spéciaux appelés trains-auto sur les lignes indiquées sur la planche n° 3. Le tableau ci-après donne les caractéristiques des lignes de trains-auto en service en 1958.

| <u>Lignes de<br/>TRAINS-AUTO</u> | <u>Capacité<br/>des trains<br/>(Nbre de voitures)</u> | <u>Période<br/>d'ouverture</u> | <u>Fréquence<br/>de service</u>         |
|----------------------------------|---|--------------------------------|---|
| <u>Au Royaume Uni</u>            |   |                                |   |
| Manchester-Douvres               | 20  | 22 Mai au 27 Sept.             | 3 fois par semaine                      |
| Newcastle-Douvres                | 21 - 24   | 5 Juin au 25 Sept.             | 1 fois par semaine<br>+ 4 trains suppl. |
| <u>Sur le Continent</u>          |   |                                |   |
| Boulogne-Lyon                    | 95  | 16 Mai au 5 Oct.               | 6 fois par semaine                      |
| Ostende-Munich                   | 24 - 45   | 28 Juin au 1 Sept.             | 2 fois par semaine                      |
| Ostende-Milan                    | -   | 28 Juin au 1 Sept.             | 1 fois par semaine                      |

3.331 Les trains-auto ont été favorablement accueillis comme on peut le voir dans le tableau ci-après qui montre le développement du trafic des trains-auto depuis 1956 ainsi que les principaux renseignements sur les longueurs du parcours et les tarifs.

| <u>Lignes de TRAINS-AUTO</u> | <u>Volumes annuels de voitures transportées</u> |       | <u>Longueur du parcours</u><br>km | <u>Durée du parcours</u><br>en heures | <u>Tarif moyen pour voitures particulières</u><br>FF | <u>Tarif moyen par voitures particulières</u><br>FF/km |       |
|------------------------------|---|-------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|--|-------|
|                              |   |       |                                   |                                       |  |  |       |
| <u>Au Royaume-Uni</u>        |   |       |                                   |                                       |  |  |       |
| Manchester-Douvres           | 831   | 1.297 | 1.250                             | 416                                   | 8,4  | 12.289   | 29,54 |
| Newcastle-Douvres            | 315   | 541   | 556                               | 552                                   | 9,7  | 15.619   | 28,29 |
| TOTAL R.U.                   | 1.146   | 1.838 | 1.806                             |                                       |  |  |       |
| <u>Sur le Continent</u>      |   |       |                                   |                                       |  |  |       |
| Boulogne-Lyon                |   | 6.746 | 12.732                            | 771                                   | 11,8   | 23.071   | 29,92 |
| Ostende-Munich               | 431   | 759   | 865                               | 985                                   | 14,9   | 45.732   | 46,40 |
| Ostende-Milan                | 0   | 0     | 418                               | 1.088                                 | 17,0   | 59.231   | 54,40 |
| TOTAL CONTINENT              | 431   | 7.505 | 14.015                            |                                       |  |  |       |

La pointe du trafic trains-auto se situe au mois d'Août.

### 3.4 Développement du trafic des passagers à travers la Manche

#### 3.40 Lignes maritimes

3.401 Les planches n° 11 et 12 indiquent le nombre total de passagers transportés à travers la Manche en 1957 par les différentes lignes maritimes et montrent clairement l'importance de la ligne Douvres-Ostende.

Le tableau ci-après montre l'importance relative des différentes lignes maritimes de passagers en 1957.

| <u>Lignes maritimes</u> | <u>TOTAL PASSAGERS (y compris excursionnistes)</u> |   | <u>PASSAGERS ORDINAIRES (non compris excursionnistes)</u> |   |
|-------------------------|--|---|---|---|
|                         | <u>Nombre</u>                                      | <u>% du total du trafic maritime de passagers</u> | <u>Nombre</u>   | <u>% du total du trafic maritime de passagers</u> |
| Douvres-Ostende         | 868.000  | 27,2  | 868.000   | 29,3  |
| Harwich-Hook            | 478.000  | 15,0  | 478.000   | 16,1  |
| Douvres-Calais          | 387.000  | 12,1  | 387.000   | 13,0  |
| Folkestone-Calais       | 377.000  | 11,8  | 372.000   | 12,5  |
| Dieppe-Newhaven         | 322.000  | 10,1  | 315.000   | 10,6  |
| Folkestone-Boulogne     | 320.000  | 10,0  | 239.000   | 8,1   |
| Douvres-Dunkerque       | 123.000  | 3,9   | 121.000   | 4,1   |
| Douvres-Boulogne        |  |   |   |   |
| Autres                  | 316.000  | 9,9   | 186.000   | 6,3   |

Douvres pour le Royaume Uni et Ostende pour le Continent sont les ports transportant la plus grande partie du trafic maritime comme l'indique le tableau ci-après.

| <u>Ports maritimes britanniques</u> | <u>Total des passagers maritimes ordinaires en 1957</u> | <u>% du total</u> | <u>Ports continentaux</u> | <u>Total des passagers maritimes ordinaires en 1957</u> | <u>% du total</u> |
|-------------------------------------|---|-------------------|---------------------------|---|-------------------|
| Douvres                             | 1.376.000   | 46,4              | Ostende                   | 868.000   | 29,3              |
| Folkestone                          | 611.000   | 20,6              | Calais                    | 759.000   | 25,6              |
| Harwich                             | 535.000   | 18,0              | Hook                      | 478.000   | 16,1              |
| Newhaven                            | 315.000   | 10,6              | Dieppe                    | 315.000   | 10,6              |
| Autres                              | 129.000   | 4,4               | Boulogne                  | 274.000   | 9,2               |
|                                     |   |                   | Dunkerque                 | 86.000  | 2,9               |
|                                     |   |                   | Autres                    | 186.000   | 6,3               |

Les excursionnistes représentaient, en 1957, 7% du nombre total de passagers transportés à travers la Manche.

3.402 Le tableau n° 15 montre le développement du trafic passagers sur les principales lignes et le graphique n° 6 le représente graphiquement. On peut voir sur les graphiques n° 6 et 9 dessinés à l'échelle semi-logarithmique, que le trafic des passagers maritimes dans son ensemble a augmenté depuis 1952 à un taux composé de 7,2%, Douvres-Ostende ayant augmenté notablement plus que les autres lignes. En 9 ans entre 1948 et 1957, le trafic maritime de passagers à travers la Manche a doublé, l'augmentation entre 1952 et 1957 ayant été de 42%.

Le graphique n° 7 montre le développement du trafic maritime depuis 1850. L'incidence des diverses expositions universelles de Paris y apparait de façon remarquable. Le graphique montre qu'après chacune des guerres mondiales, le trafic retrouve son niveau initial plus rapidement qu'avant. Le trafic entre 1850 et 1957 a augmenté avec un taux moyen composé annuel de 3,5%.

### 3.41 Lignes aériennes

3.410 La planche n° 13 indique analysé par ligne le nombre total de passagers aériens transportés à travers la Manche en 1957.

Le tableau ci-après donne la répartition du trafic aérien entre le Royaume Uni et divers pays européens en 1957.

| <u>Entre le Royaume Uni et le Continent</u> | <u>Nombre de passagers</u> | <u>% du total</u> |
|---|----------------------------|-------------------|
|   | 2.558.641                  | 100               |
| dont  |                            |                   |
| - France                                    | 838.044                    | 32,8              |
| - Allemagne                                 | 336.897                    | 13,2              |
| - Suisse                                    | 313.300                    | 12,2              |
| - Hollande                                  | 284.100                    | 11,1              |
| - Belgique                                  | 215.900                    | 8,4               |
| - Italie                                    | 174.400                    | 6,8               |
| - Espagne                                   | 165.500                    | 6,5               |
| - Autres                                    | 230.500                    | 9,0               |

Les services les plus importants transportant ce trafic étaient:

| <u>Lignes</u>        | <u>Nombre de passagers transportés</u> | <u>% du trafic total en 1957</u> |
|----------------------|--|----------------------------------|
| LONDRES- Paris       | 520.264                                | 20,3                             |
| LONDRES- Amsterdam * | 274.289                                | 10,7                             |
| LONDRES- Bruxelles * | 202.449                                | 7,9                              |
| LONDRES- Zurich      | 139.358                                | 5,4                              |
| LONDRES- Dusseldorf  | 104.935                                | 4,1                              |
| LONDRES- Francfort   | 97.301                                 | 3,8                              |
|                      |  | <u>TOTAL 52,2</u>                |

\* Les chiffres relatifs à Londres-Bruxelles et Londres-Amsterdam ont été estimés à partir des totaux entre le Royaume-Uni et la Belgique et les Pays-Bas.

3.411 Il est intéressant de voir comment le trafic aérien se répartit selon les distances entre les aéroports (d'aéroport à aéroport). Dans ce but les distances aériennes sont classées par tranches de 250 miles en 250 miles (400 km).

| <u>Distance<br/>entre les<br/>aéroports</u> | <u>Lignes</u>      | <u>Volumes en 1957</u>     |                   |
|---|--------------------|----------------------------|-------------------|
|   |                    | <u>Nombre de passagers</u> | <u>% du total</u> |
| 0 à 400<br>km                               | Londres-Paris      | 520.264                    | 20,3              |
|   | Londres-Hollande   | 284.100                    | 11,1              |
|   | Londres-Belgique   | 215.900                    | 8,4               |
|   | Lympe-Beauvais     | 62.597                     | 2,4               |
|   | Autres             | 65.252                     | 2,7               |
| <b>T O T A L</b>                            |                    | <b>1.148.113</b>           | <b>44,9</b>       |
| 400 à<br>800 km                             | Londres-Suisse     | 313.300                    | 12,2              |
|   | Londres-Dusseldorf | 104.935                    | 4,1               |
|   | Londres-Francfort  | 97.310                     | 3,8               |
|   | Londres-Hambourg   | 38.956                     | 1,5               |
|   | Autres             | 89.624                     | 3,5               |
| <b>T O T A L</b>                            |                    | <b>644.125</b>             | <b>25,1</b>       |
| 800 à<br>1200 km                            | Londres-Nice       | 88.055                     | 3,4               |
|   | R.U.-Danemark      | 67.400                     | 2,6               |
|   | R.U.-S.E. France   | 32.186                     | 1,3               |
|   | R.U.-S.O.          | 24.782                     | 1,0               |
|   | Londres-Munich     | 23.238                     | 0,9               |
|   | Londres-Autriche   | 23.200                     | 0,9               |
| Autres                                      | 19.864             | 0,8                        |                   |
| <b>T O T A L</b>                            |                    | <b>278.725</b>             | <b>10,9</b>       |
| plus de<br>1200 km                          | Londres-Italie     | 174.400                    | 6,8               |
|   | Londres-Espagne    | 165.500                    | 6,5               |
|   | Londres-Norvège    | 39.300                     | 1,6               |
|   | Londres-Suède      | 33.400                     | 1,3               |
|   | Autres             | 75.078                     | 2,9               |
| <b>T O T A L</b>                            |                    | <b>487.678</b>             | <b>19,1</b>       |
| <b>TOTAL GENERAL</b>                        |                    | <b>2.558.641</b>           | <b>100</b>        |

### 3.412 Développement du trafic aérien

3.4120 Le tableau n° 16 et les graphiques n° 8 et 9 indiquent le développement par pays du trafic aérien depuis 1952 entre le Royaume Uni et le Continent. On peut voir que le trafic a été multiplié par 2,72 entre 1952 et 1957, le taux annuel composé étant de 22,3%.

3.4121 La part des services réguliers Paris-Londres dans le total du trafic entre la France et la Grande-Bretagne est passé de 73% en 1952 à 62% en 1957. La raison se trouve dans le récent développement des services combinés autocars (ou rail) et air qui ont pris une part de ce trafic Paris-Londres. Les deux plus importants de ces services sont:

"Silver Arrow" exploité par "Silver City" et utilisant un autocar de Londres (Victoria) à Ferryfield et un avion Ferryfield - Le Touquet où le voyage est poursuivi par train de la gare voisine d'Etaples à Paris. En 1957 ce service a transporté 21.000 passagers.

La Ligne SKYWAYS utilisant un autocar de Victoria à Lympne, la voie aérienne entre Lympne et Beauvais, et l'autocar entre Beauvais et Paris. 62.597 passagers ont été transportés par cette ligne en 1957.

3.4122 L'augmentation annuelle des volumes de trafic est plus grande pour les longues distances montrant ainsi que la pénétration des transports aériens dans le marché total du transport de passagers est plus grande pour les longues distances.

### 3.42 Trafic total de passagers à travers la Manche

3.420 Le tableau n° 17 indique que le total des passagers accompagnant les véhicules transportés à travers la Manche en 1957 s'élevait à 836.000, conduisant ainsi à un total général de 6.586.000 passagers traversant la Manche pendant l'année.

3.421 En 1957 le total des passagers ordinaires transportés à travers la Manche s'est élevé à 5.750.000 sur lesquels 3.191.000 soit 55,4% ont été acheminés par les lignes maritimes et 2.559.000 soit 44,6% l'ont été par air.

3.422 Les chiffres montrent que la part du transport aérien dans le transport total de passagers ordinaires a augmenté à un taux pratiquement constant de 3,36% par an depuis 1952. A cette date le trafic aérien intervenait pour 29,5% dans le trafic total de passagers ordinaires. En 1957 il représentait 46,3% du même trafic. Cependant cette pénétration n'a pas empêché le trafic maritime de croître à un taux annuel composé de 7,2% depuis 1952.

#### 3.43 Volumes annuels de passagers transportés par air et train entre Paris et Londres.

Le tableau n° 18 montre le développement de la ligne Londres-Paris avec les comparaisons des nombres de passagers par train et bateau par les lignes régulières de la BEA et d'Air France et par les transports combinés route-rails de "Skyways" de Silver Arrow. Il est clair que la part du trafic ferroviaire a été en constante diminution alors que la part du trafic aérien a constamment augmenté en raison des lignes aériennes courtes transportant maintenant 11% du total. Ce tableau doit cependant être utilisé avec prudence car les statistiques ne donnent pas que le trafic entre Londres et Paris et les origines et destinations finales n'en sont pas connues. Ce point sera développé dans le paragraphe 8.212.

#### 3.44 Nationalités des passagers

L'enquête d'origine et de destination a fourni des renseignements sur la nationalité des passagers traversant la Manche.

60,1% des voyageurs sont britanniques (proportion plus faible que pour les voitures particulières) 7,2% sont français, 7,7% allemands, 4,2% américains, 4,3% belges ou hollandais, le reste étant de nationalités diverses. (Voir le tableau n° 19).

#### 4. CARACTERISTIQUES DU TRAFIC EXISTANT

L'année 1957 a été utilisée comme année de base car elle était la dernière pour laquelle il était possible d'obtenir des statistiques complètes en vue de l'analyse.

##### 4.1 Volumes mensuels à travers la Manche

###### 4.10 Véhicules accompagnés

4.100 Le trafic des véhicules accompagnés à travers la Manche est particulièrement saisonnier, ainsi que l'indiquent les graphiques n° 10, 11, 12 et 13.

25,6% des voitures particulières ont traversé la Manche en 1957 pendant le seul mois d'Août, tandis que 73,4% traversèrent pendant les 4 mois de Juin, Juillet, Août et Septembre. Cette caractéristique met en évidence la grande importance à attribuer à la capacité du Tunnel.

4.101 Ce trafic est principalement déséquilibré pendant le mois de Septembre quand 63% du trafic est en provenance du Continent.

4.102 Cette constatation est pratiquement la même pour les lignes maritimes et les lignes aériennes.

4.103 Le graphique n° 13 représente l'évolution des volumes mensuels depuis 1952. La pointe du mois d'Août a toujours été en légère augmentation depuis 1952.

##### 4.11 Passagers

###### 4.110 Passagers maritimes

Le graphique n° 14 montre que les caractéristiques du trafic passagers maritimes sont approximativement les mêmes que celles du trafic des véhicules accompagnés.

24,9% du trafic total traverse la Manche au cours du seul mois d'Août, et 68,4% du total annuel traverse durant les 4 mois de Juin, Juillet, Août et Septembre.

Ce trafic est un peu moins déséquilibré que pour les véhicules accompagnés. Pendant le mois de Septembre, 57% du trafic est en provenance du Continent.

Comme pour les véhicules accompagnés la pointe montre une légère tendance à l'augmentation comme on peut le voir sur le graphique n° 15 qui donne les totaux mensuels des passagers maritimes traversant la Manche depuis 1952.

#### 4.111 Passagers aériens

Le graphique n° 16 relatif à la ligne Paris-Londres (services réguliers, Silver Arrow et Skyways) montre que le trafic aérien présente des caractéristiques totalement différentes du trafic maritime. Bien que Juin, Juillet, Août et Septembre soient des mois de pointe, ils ne représentent ensemble que 46,2% du trafic annuel et le mois de pointe de Juillet ne compte que pour 12,1% de ce même total. Ce trafic est pratiquement équilibré dans les 2 sens.

#### 4.2 Structures hebdomadaires

##### 4.20 Voitures particulières

Le graphique n° 17 montre les caractéristiques hebdomadaires du trafic des voitures particulières entre le Royaume-Uni et le Continent pour les lignes maritimes et aériennes au cours d'une semaine type. Les semaines ont été choisies de manière à donner la meilleure représentation des variations hebdomadaires moyennes de mi-Juillet à mi-Septembre. C'est pour cette raison que des semaines différentes ont été choisies selon le sens de la traversée.

Le trafic de week-end est naturellement le plus élevé, le samedi étant le jour de pointe, suivi par le Dimanche. Le trafic du samedi moyen est 1,5 fois plus grand que le mercredi moyen, lequel est le jour où le trafic est le plus faible.

##### 4.21 Passagers

Les caractéristiques hebdomadaires de trafic sont en général les mêmes que celles des voitures particulières. Le dimanche

a le niveau le plus élevé suivi par le samedi, mais la pointe est plus accentuée. Le trafic du dimanche moyen est 2 fois plus important que le mercredi moyen, lequel est le jour de trafic le plus faible.

#### 4.3 Caractéristiques journalières

La connaissance des caractéristiques journalières est du plus grand intérêt pour diverses raisons : du point de vue de la capacité il est vital de connaître combien de jours un ouvrage ne sera pas utilisé à plein. Par ailleurs, cette connaissance est fondamentale pour le calcul des besoins en ventilation et elle est nécessaire dans le cas d'un Tunnel ferroviaire pour l'estimation des besoins en matériel roulant et autres équipements.

#### 4.30 Véhicules accompagnés

Les graphiques n° 18, 19 et 20 montrent le nombre de jours pendant lesquels en 1957 les volumes journaliers de voitures particulières et de véhicules traversant la Manche ont été supérieurs à un volume donné. Les renseignements sont subdivisés en voitures particulières et tous véhicules pour chacun des sens et pour les 2 sens réunis. L'établissement de ces graphiques a été un travail extrêmement long, nécessitant une exploitation des feuilles de routes journalières de chacune des lignes.

On peut voir que tous les jours de pointe de l'année sont pratiquement des jours de week-end.

Le volume moyen journalier de véhicules traversant la Manche en 1957 a été de 780. Le volume du jour de pointe a été de 3.415 véhicules c'est-à-dire 438% du volume moyen journalier. Les caractéristiques horaires du Tunnel routier ne peuvent pas être déduites des renseignements donnés dans le "Highway Capacity Manual"<sup>1</sup>. Le tableau n° 23 basé sur les 6 routes ayant des caractéristiques journalières les plus voisines de celles d'un Tunnel conduit à un volume de la 30ème heure<sup>2</sup> égal à 27,4% du volume moyen journalier. (La 30ème heure de pointe est habituellement utilisée pour la détermination des caractéristiques d'un ouvrage).

1. Le Highway Capacity Manual est un guide établi par la Direction des Routes des Etats-Unis résumant et interprétant les résultats de nombreuses études faites sur les routes américaines de manière à permettre de définir d'une façon précise les caractéristiques d'une route.
2. "La trentième heure de pointe" est un terme utilisé par les ingénieurs de trafic. C'est l'heure pendant laquelle le trafic est tel qu'il n'est dépassé que pendant 29 heures dans l'année.

Pendant le jour de pointe (31 Août 1957) le trafic était parfaitement équilibré, 49,4% des voitures allant vers le Continent et 50,6 en revenant.

#### 4.31 Passagers

Les mêmes courbes ont été tracées pour les passagers maritimes et font l'objet des graphiques n° 21, 22 et 23. Les caractéristiques sont très voisines de celles des véhicules accompagnés. Tandis que le volume moyen journalier des passagers maritimes a été de 8.750, le jour de pointe a atteint 525% du volume moyen, soit un total de 45.927 passagers excursionnistes compris. Le total sans excursionnistes a été de 39.293.

Pendant le jour de pointe (11 Août 1957) le trafic était équilibré, 48,4% des voyageurs allant vers le Continent et 51,6% en provenant.

#### 4.4 Caractéristiques horaires

##### 4.40 Véhicules accompagnés

Les graphiques 24 et 25 montrent la fréquence des services spécialisés dans le transport des véhicules accompagnés à travers la Manche tels qu'ils ont été enregistrés un jour de semaine et un jour de week-end de notre enquête ainsi que les coefficients de chargement des navires.

Le jour de semaine 11 navires sont arrivés du Continent et 13 sont partis pour le Continent soit un total de 24 navires ayant traversé la Manche. Un jour de week-end 14 navires sont arrivés du Continent et 17 sont partis pour le Continent, soit un total de 31.

##### 4.41 Passagers

Les graphiques 26 et 27 montrent la fréquence des vols sur la ligne Paris-Londres un jour de semaine et un jour de week-end. Un jour de week-end 20 courriers quittèrent Paris et 20 quittèrent Londres, soit un total de 40 courriers. La fréquence des services entre 9 h du matin et 10 h du soir a été de 1,3 vols par heure dans chaque direction.

## 5. METHODE D'ETUDE

### 5.1 Généralités

Comme l'objet premier de ce rapport est l'estimation du trafic et des recettes pour le Tunnel sous la Manche proposé, ce chapitre décrit les différentes études et analyses qui ont permis d'aboutir à nos conclusions.

### 5.2 Base de l'analyse

5.20 Diverses études entreprises ces dernières années aux USA et en Europe ont permis d'établir de façon concluante par des enquêtes d'origine et de destination menées avant et après la réalisation de nouveaux projets routiers et particulièrement d'autoroutes et de ponts à péage, que la décision des voyageurs pouvait être représentée de façon satisfaisante à l'aide de certains facteurs objectifs mesurés quantitativement. Ces facteurs sont : le temps, le coût d'exploitation d'une voiture et les péages. Ces facteurs sont les facteurs affectant de façon prépondérante le choix d'un voyageur entre deux routes. D'autres facteurs subjectifs tels que le confort et la sécurité furent aussi pris en considération et utilisés pour ajuster les résultats.

5.21 L'analyse a en conséquence été basée sur la comparaison du coût total des voyages de leur origine à leur destination, le coût total du voyage comprenant l'un quelconque des éléments suivants :

- le coût d'exploitation d'un véhicule c'est-à-dire les dépenses de carburant, de lubrifiant et d'entretien normal.
- le coût du temps, c'est-à-dire la valeur que les voyageurs affectent au temps.
- le péage payé, le cas échéant, pour l'utilisation d'un ouvrage donné (pont, autoroute), et le prix du billet ferroviaire ou maritime, etc..

### 5.3 Courbes d'affectation et trafic détourné

5.30 La comparaison des déplacements des voyageurs utilisant différentes lignes permet généralement de déterminer des courbes montrant comment les voyageurs se distribuent entre les lignes existantes.

5.31 L'application au nouvel ouvrage des courbes d'affectation obtenues, permet de déterminer le nombre de voyages qui seraient détournés à un péage donné, par le nouvel ouvrage. Il est par conséquent possible de construire une courbe donnant les valeurs de ce trafic détourné et les recettes correspondantes pour chaque valeur possible du péage.

### 5.4 Trafic engendré

5.40 Tout nouvel ouvrage est générateur d'un nouveau trafic qui n'existait pas auparavant. Ce trafic "engendré" ou "induit" apparaît dès la mise en service du nouvel ouvrage.

5.41 L'estimation du trafic engendré est un des problèmes les plus difficiles des études de trafic. Le trafic engendré est en général estimé par analogie avec des ouvrages existants du même type.

5.42 Les ingénieurs-conseils ont poussé les recherches dans ce domaine nouveau afin d'essayer de déterminer "a priori" le coefficient de stimulation par utilisation des renseignements de fait rassemblés au cours de l'enquête d'origine et de destination.

L'aspect théorique de cette méthode est développé dans l'appendice de la partie B de ce rapport. En résumé, la base de cette analyse est la considération du coût total du voyage c'est-à-dire la distance virtuelle et hypothèse est faite qu'une réduction de la distance virtuelle entraîne un engendrement correspondant du trafic. Le concept de distance virtuelle est particulièrement utile à cet effet.

La planche n° 19 est éloquent. Le coût total du voyage des véhicules accompagnés par les différentes lignes maritimes et aériennes y est exprimé en distances virtuelles comptées à partir des ports et aéroports anglais. La carte montre parfaitement que la traversée de la Manche correspond à un voyage sur une route normale de 793 km pour la ligne la plus compétitive Douvres-Boulogne et de 2.573 km sur la ligne maritime d'Esbjerg. En d'autres termes si la Manche n'existait pas, voyager de Douvres à Boulogne correspondrait à un voyage jusqu'à Bâle sur une route normale.

#### 5.5 Extrapolation des volumes de trafic

Les volumes de trafic obtenus pour l'année de base ont été projetés en 1965 et 1980 pour les véhicules accompagnés et pour les passagers.

Des coefficients d'extrapolation séparés ont été utilisés, tirés de corrélations établies entre divers indices par les ingénieurs conseils de l'étude des tendances passées et de l'analyse d'études conduites par différents organismes dans divers pays Européens.

## 6. ENQUETES DE TRAFIC ET RASSEMBLEMENT DES DONNEES DE BASE

### 6.1 Enquêtes d'origine et de destination

#### 6.10 Objet

6.100 La seule méthode possible de rassemblement des principales caractéristiques du trafic était l'interview des voyageurs.

6.101 L'objet principal des enquêtes d'origine et de destination était de connaître les lignes empruntées par les voyageurs allant d'une origine en Grande-Bretagne à une destination sur le Continent et vice-versa.

6.102 La carte d'interview a donc été préparée pour permettre une très claire définition de l'origine et de la destination du voyageur et pour distinguer aisément le voyage total du trajet fait pendant une journée ainsi que la ligne maritime ou aérienne empruntée.

6.103 Profitant de l'enquête d'autres renseignements ont été recueillis, renseignements qui ont été utilisés à diverses étapes de l'étude et notamment :

Le type de véhicule

Le nombre de passagers accompagnant le véhicule

La nationalité

Le moyen de transport des voitures jusqu'aux ports ou aéroports

L'objet du voyage

La profession

La durée du trajet.

#### 6.11 Détermination de la période et de la durée de l'enquête

6.110 Compte tenu des caractéristiques du trafic à travers la Manche, mis en évidence par une étude préliminaire faite par les ingénieurs-conseils, il a été décidé de procéder à une double enquête, l'une en été (les 4 mois de Juin à Septembre), et l'autre pendant la

morte saison. La date retenue pour l'enquête de la morte saison fut conditionnée par le temps nécessaire pour l'analyse des renseignements de manière à ce qu'ils soient utilisables pour le rapport final.

6.111 Le nombre d'interviews à prendre pendant les périodes d'enquête a été choisi en fonction de la méthode d'analyse retenue.

6.112 Il fut finalement décidé d'interviewer, pendant 3 jours de semaine et un week-end, à chaque poste d'interviews. Cependant à Douvres, port Anglais le plus important pour le trafic des véhicules accompagnés à travers la Manche, les interviews ont été prises pendant toute une semaine.

#### 6.12 Les enquêtes

##### 6.120 Prise des interviews

Les enquêtes ont été préparées par les ingénieurs-conseils dans les moindres détails. L'élaboration de la fiche d'interviews et les plannings minutés de l'utilisation des intervieweurs firent notamment l'objet de soins particuliers. Le SOCIAL SURVEYS (Gallup Poll) a mis à notre disposition ses équipes d'enquêteurs. Tout le trafic côte à côte aussi bien par mer que par air de Harwich à Southampton fut intercepté.

##### 6.121 Interview des véhicules accompagnés

Les interviews des véhicules accompagnés eurent lieu à leur point d'embarquement ou de débarquement en Angleterre : Harwich, Douvres, Newhaven et Southampton pour les ports; Southend, Ferryfield et Southampton pour les aérodromes. Quelques interviews ont été pris à Boulogne et au Touquet pour compléter ceux pris à Douvres et Ferryfield. Les interviews eurent généralement lieu sur les parkings devant les halls de douane pour les véhicules quittant l'Angleterre et à la sortie des halls de douane pour les véhicules entrant en Angleterre.



### 6.13 Les cartes d'interview

5 types de cartes d'interview ont été préparés pour prévoir tous les cas possibles d'interviews :

Carte d'interview pour les véhicules accompagnés (entrée et sortie) utilisant les lignes maritimes.

Carte d'interview pour les véhicules accompagnés (entrée et sortie) utilisant les lignes aériennes.

Carte d'interview pour les passagers des trains-paquebots (venant de Londres ou allant à Londres).

Carte d'interview pour les autres passagers (entrée et sortie) utilisant les lignes maritimes.

Carte d'interview pour les autres passagers (entrée et sortie) utilisant les lignes aériennes.

Le tableau n° 20 montre la carte utilisée pour interviewer les conducteurs quittant le Royaume-Uni par la voie maritime.

### 6.2 Comptages

Pour pouvoir ajuster l'échantillon des interviews pris pendant l'enquête d'origine et de destination, des comptages ont été entrepris à chaque station d'interviews pendant toute la semaine d'enquête.

Pour chaque jour de la semaine et pour chaque bateau les renseignements suivants ont été enregistrés :

L'heure de départ ou d'arrivée du bateau

Le nombre de passagers, à savoir :

Le nombre total de passagers à bord du bateau  
Les passagers accompagnant les véhicules  
Les passagers utilisant les trains-paquebots  
Les passagers utilisant d'autres moyens de transport

Le nombre de véhicules accompagnés décomposé comme suit :

Voitures particulières  
Caravanes  
Remorques  
Autocars  
Motos à 2 roues  
Side-cars.

### 6.3 Mesure des délais d'attente

6.30 Cette étude de trafic fut nécessaire pour connaître le temps réel de traversée des véhicules accompagnés par les différentes lignes. En effet un véhicule traversant la Manche doit arriver avant ou au plus tard à "l'heure de convocation" et doit subir les formalités de douane et de police des frontières avant d'être chargé à bord du bateau. De l'autre côté de la Manche les mêmes formalités ont lieu.

6.31 Pour les bateaux au départ, il a été relevé l'heure exacte à laquelle les véhicules arrivent sur le parking devant le hangar des douanes, ainsi que l'heure exacte du départ du bateau. Les mêmes mesures ont été faites pour les bateaux à l'arrivée. Ces renseignements ont été enregistrés aussi bien au Royaume-Uni que sur le Continent pendant les 2 enquêtes (période des vacances et hors saison). Le temps de traversée moyen fut ensuite obtenu en ajoutant le temps d'attente moyen au temps de traversée.

6.32 On profita de cette étude pour enregistrer :

6.320 ce que nous appellerons plus tard le "temps de précaution" qui est le temps moyen entre l'arrivée des conducteurs sur le parking et l'heure officielle de convocation. Le temps de précaution représente une marge de sécurité prise par le conducteur afin d'être sûr de ne pas manquer le bateau. Ce temps de précaution a été utilisé pour estimer le temps total de traversée à travers la Manche par le Tunnel ferroviaire.

6.321 Le temps nécessaire pour les formalités de douane en France et en Grande-Bretagne - renseignements qui apparaissent utiles pour l'établissement du projet des installations terminales.

6.33

6.330 Les temps d'attente mesurés pendant les périodes de vacances et hors saison, sont en général très comparables.

6.331 A l'embarquement sur les car-ferries à

"Douvres Eastern Dock", le délai moyen d'attente en été de 1 h.21' est comparable au délai moyen d'attente en hiver de 1 h.30'.

6.332 Les délais d'attente sont plus grands pour les services de nuit (de 40' à 2 h. plus longs).

#### 6.4 Mesures de temps de parcours

6.40 Des mesures de temps de parcours pour les voitures particulières ont été entreprises en utilisant la méthode de la "voiture flottante"<sup>1</sup> sur les routes principales conduisant aux ports ou aéroports où furent pris les interviews ainsi que sur les artères conduisant de Londres à l'Aéroport de Londres et de Gatwick. La zone couverte par ces mesures était celle dans laquelle les conducteurs ont le choix entre plusieurs routes conduisant d'une part aux ports ou aéroports et d'autre part à l'accès du Tunnel proposé. Ces mesures ont confirmé les résultats d'études déjà faites sur quelques routes nationales par diverses Directions des routes au Royaume-Uni, en France et en Belgique. En fait, elles ont complété ces dernières, en couvrant des zones à proximité des ports où ces mesures manquaient.

1.570 kilomètres ont été couverts en Grande-Bretagne et 2.070 km sur le Continent. Les heures de départ de l'équipe des Ports ou ses heures d'arrivée dans les ports ont été choisies pour coïncider avec les heures d'arrivée ou de départ des "car-ferries". La planche n° 14 montre sous forme graphique les résultats de cette étude.

6.41 La connaissance des temps de parcours actuels a permis aux ingénieurs-conseils de comparer les voyages actuels. Pour permettre la comparaison des voyages sur les différentes relations en 1965 (considérée comme la date de mise en service du Tunnel) il fut nécessaire de prévoir le réseau routier le plus probable qui serait en service en 1965. Des entrevues avec les organismes responsables du développement routier au Royaume-Uni, en France, en Belgique, en Hollande et en Allemagne permirent d'établir la carte du réseau routier tel qu'il est prévu pour

---

1 Terme utilisé par les ingénieurs de trafic. Il signifie que la voiture "flotte" avec le trafic pour mesurer la vitesse moyenne. Chaque fois que la voiture "flottante" est doublée, elle double à son tour une autre voiture.

1965 (voir planche n° 1). Ces entrevues permirent également de tenir une série de conférences avec les experts des différents pays européens sur la méthode utilisée dans ce rapport.

6.42 Les temps de parcours pour les passagers ont été déterminés avec l'aide des Chemins de Fer Français et Britanniques.

#### 6.5 Coût d'exploitation des véhicules

6.50 Au cours de l'analyse on a été amené à donner une valeur monétaire aux gains de temps et de distance pour les voitures et les passagers. Les valeurs à affecter au temps et à la distance et convenant le mieux pour le tracé des courbes d'affectations (voir l'appendice au sujet de l'approche théorique aux courbes d'affectations) sont les suivantes :

6.51 4 cents US par mile c'est-à-dire 10 FFr par km ou 3,3 pences par mile pour les coûts d'exploitation des voitures particulières comprenant le carburant, les lubrifiants et l'entretien (cette valeur a été calculée en déterminant le coût moyen de la voiture particulière moyenne traversant la Manche).

Il est intéressant de noter que pour le projet de pont sur le "Sund" les experts suédois ont utilisé 9,60 FFr par km et qu'en Suisse la valeur de 11 F par km est prise en compte dans les calculs.

6.52 1,20 dollars US par heure c'est-à-dire 500 FFr par heure ou 8,4 shillings par heure pour le temps du conducteur et des occupants de la voiture moyenne.

6.53 23,8 cents US par heure, c'est-à-dire 100 FFr par heure ou 1,7 sh. par heure pour le temps du passager.

#### 6.6 Coût moyen pour traverser la Manche

Pour permettre le calcul du coût total du voyage pour chaque ligne, il fut nécessaire de connaître le coût pour le véhicule moyen ou

---

<sup>1</sup> TAUX DE CHANGE DU FRANC FRANÇAIS. Le taux de change utilisé dans ce rapport pour convertir les francs français en dollars U.S. (et Livres Sterling) est le taux en vigueur en 1957. En décembre 1958 le Franc a été dévalué de 17,55%. Pour tenir compte de cette dévaluation il convient d'augmenter de 17,55% tous les montants exprimés en francs français.

pour un passager utilisant une ligne donnée. Les études suivantes furent faites :

6.60 Véhicules accompagnés

Le coût payé par un véhicule accompagné est la somme des coûts payés pour le véhicule et les passagers qu'il transporte. Il fut donc nécessaire de connaître par ligne l'occupation moyenne des véhicules.

6.601 Nombre moyen de passagers par véhicule, et par ligne

Le tableau suivant donne les occupations moyennes des véhicules selon la ligne :

| <u>L I G N E S</u>                                | <u>Nombre moyen de passagers par véhicule (PERIODE DE VACANCES)</u> | <u>Nombre moyen de passagers (HORS SAISON)</u> |
|---|---|--|
| <u>LIGNES MARITIMES</u> *                         |   |  |
| Douvres-Boulogne                                  | 3,6   | 2,6  |
| Douvres-Ostende                                   | 3,4   | 2,2  |
| Douvres-Calais                                    | 3,7   | 2,7  |
| Douvres-Dunkerque                                 | 3,3   | 2,2  |
| Harwich-Hook of Holland                           | 2,7   | 2,0  |
| Newhaven-Dieppe                                   | 3,0   | 2,6  |
| Toutes lignes maritimes                           | 3,4   | 2,4  |
| TOUTES LIGNES MARITIMES POUR L'ANNEE              |   | 3,0  |
| <u>LIGNES AERIENNES</u> **                        |   |  |
| Ferryfield-Le Touquet                             | 2,8   | 2,3  |
| Southend-Calais                                   | 2,7   | 2,3  |
| Southampton-Cherbourg                             | 2,9   |  |
| Toutes lignes aériennes                           | 2,8   | 2,3  |
| TOUTES LIGNES AERIENNES POUR L'ANNEE              |   | 2,7  |
| TOUTES LIGNES MARITIMES ET AERIENNES              | 3,3   | 2,4  |
| TOUTES LIGNES MARITIMES ET AERIENNES POUR L'ANNEE |   | 3,0  |

NOTE: \* Les occupations moyennes des véhicules pour les lignes maritimes ont été établies à partir des comptages étalés sur toute une semaine.

\*\* Les occupations moyennes sur les lignes aériennes ont été déduites directement de l'enquête d'origine et de destination.

L'occupation moyenne des véhicules est la plus élevée sur les lignes de Douvres-Boulogne et Douvres-Calais. Sur toutes les lignes le nombre de passagers par véhicule est notablement plus faible en hiver qu'en été.

L'occupation moyenne pour l'ensemble des lignes maritimes et aériennes est de 3,0 pour l'ensemble de l'année.

L'occupation moyenne pour les diverses catégories de véhicules pour l'ensemble des lignes sur toute l'année a été trouvée égale à :

|                          |      |
|--------------------------|------|
| Voitures particulières : | 3,0  |
| Motos :                  | 1,7  |
| Autocars :               | 24,5 |

6.602 Coût moyen pour une voiture particulière et ses occupants

Grâce à l'aide des Chemins de Fer Français et Britanniques, les ingénieurs-conseils ont pu calculer pour les lignes contrôlées par ces derniers le coût moyen pondéré exact pour les passagers accompagnant leur véhicule et pour les véhicules eux-mêmes. Ces chiffres furent utilisés pour calculer le coût moyen pondéré d'un véhicule traversant la Manche, y compris ses accompagnants.

Pour les "air-ferries" les ingénieurs-conseils ont dû, par des observations directes sur place, déterminer le type de véhicule transporté, déduire du type la longueur moyenne et baser leur estimation du coût moyen sur les tarifs et sur la connaissance des coûts moyens sur les lignes maritimes.

6.61 Passagers

Le coût moyen pour un passager traversant la Manche par lignes maritimes fut déterminé avec l'aide des services comptables des Chemins de Fer Français et Britanniques. Le coût moyen pour les passagers aériens fut estimé directement par les ingénieurs-conseils.

6.7 Zoning

6.70 Nombre de zones

Les origines et les destinations des voyages devaient être localisées avec précision. Dans ce but l'Europe et le Royaume-Uni

ont été divisés en 184 zones, 149 sur le Continent et 35 au Royaume-Uni. Un code numérique fut donné à chaque zone de manière à pouvoir les regrouper facilement au calculateur selon certaine structure géographique, ou selon certain groupe de zones choisi pour une recherche donnée. Pour chacune de ces zones, différents renseignements ont été rassemblés pour permettre des recherches ultérieures sur l'affectation et l'engendrement du trafic.

#### 6.71 Centre de gravité de la population des zones

Les limites des zones étaient celles des divisions administratives. Leur dimension variait depuis celle d'une commune près de la Manche à la dimension d'une partie d'un pays comme l'Italie. Les centres des zones à partir desquels les temps et distances de transport ont été calculés, furent déterminés en considérant pour chaque zone le centre de gravité de la population habitant la zone et en choisissant la ville la plus importante, la plus proche de ce centre de gravité. Cette méthode est justifiée par le fait que le centre de gravité de la population est normalement le centre de gravité des voyages.

#### 6.72 Principales villes

Les villes principales dans le Royaume-Uni et sur le Continent, (comme Londres, Birmingham, Liverpool) ont été codées séparément de manière à pouvoir distinguer les zones urbaines des zones rurales dans la recherche d'une loi de trafic.

#### 6.8 Tableaux de temps et de distance

6.80 Pour calculer le coût total des voyages à partir du centre d'une zone jusqu'au centre d'une autre zone, les distances et les temps de transport de tout centre de zone à un autre ont dû être déterminés par toutes les lignes possibles maritimes, aériennes ou Tunnel à travers la Manche pour le système de transport actuel et en 1965.

6.81 Les ingénieurs-conseils expriment leur reconnaissance pour l'aide considérable qu'ils ont reçue des Chemins de Fer Français et Britanniques dans le calcul des temps et distances pour les

voyages par train.

#### 6.9 Population et degré de motorisation

6.90 La connaissance de la population et du nombre de véhicules immatriculés dans chaque zone était nécessaire pour permettre les recherches sur l'engendrement de trafic.

6.91 Tandis que les renseignements sur la population et le nombre de véhicules enregistrés dans chaque pays ou dans les divisions administratives principales de chaque pays, étaient généralement disponibles à partir de sources officielles, il n'en était pas ainsi pour les renseignements concernant des zones aussi petites que certaines zones utilisées dans cette étude. Les ingénieurs-conseils expriment leur reconnaissance aux différents services officiels de divers pays européens comme la Direction des Travaux Publics de Belgique, pour les gros efforts qu'ils n'hésitèrent pas à fournir pour donner les renseignements qui manquaient dans les statistiques disponibles.

6.92 La planche n° 20 montre la répartition de la population dans les différents pays européens en 1957, 1965 et 1980. La planche n° 21 montre la répartition du nombre de voitures particulières dans les différents pays européens en 1957, 1965 et 1980.

## 7. UTILISATION DES RENSEIGNEMENTS DE L'ENQUETE

### 7.1 Coding et mécanographie

Les données fournies par les enquêtes d'origine et de destination ont été transcrites sous forme de codes numériques sur des cartes exploitées par des machines mécanographiques. Les calculs longs et complexes des études de détournement et d'engendrement de trafic, ont nécessité l'utilisation du calculateur électronique.

### 7.2 Analyses

7.20 Les renseignements relatifs à l'origine et à la destination sont représentés de la meilleure façon, sous forme graphique par les "lignes de désir des voyages" dans lesquels des bandes sont dessinées entre les centres des diverses zones. Ces lignes de désir sont représentées par des bandes reliant la zone d'origine à la zone de destination pour chaque groupe de trajets, sans tenir compte de l'existence ou de l'absence d'un moyen de transport approprié entre les 2 zones.

7.21 Les planches n° 15, 16, 17 et 18 indiquent les lignes de désir de zone à zone pour les véhicules accompagnés et les passagers pour chacune des enquêtes d'été et d'hiver.

Les zones ont été regroupées en "aires" de façon que chaque trait de la planche représente un volume supérieur à :

- 1.000 véhicules pour l'enquête d'été
- 350 véhicules pour l'enquête d'hiver
- 10.000 passagers pour l'enquête d'été
- 5.000 passagers pour l'enquête d'hiver

Les volumes considérés correspondent aux volumes totaux de la période d'été et de la période hors-saison. (Les origines et destinations considérées dans ces planches sont la seconde origine et la première destination du trajet, soit en d'autres termes les voyages directs.)

7.22 Ces planches sont très instructives.

#### 7.220 Véhicules accompagnés

Il est évident que beaucoup de conducteurs voyagent à travers la France sans aucun désir de visiter ce pays. Sur un total de 216.327 véhicules traversant la Manche au cours de la période d'été de 1957, 38.372 (14%) allaient ou venaient d'Italie, 20.466 (9,5%) de ou vers l'Espagne et le Portugal, 17.076 (7,9%) de ou vers le Sud-Est de la France, 20.072 (9,3%) de ou vers l'Allemagne et 11.004 (5,1%) de ou vers la Suisse. En tout 65% des conducteurs traversent directement la France. L'enquête d'hiver met en évidence les mêmes caractéristiques. Ces chiffres sont très intéressants. Ils donnent, par exemple, une bonne indication sur les futurs besoins en trains-autos.

#### 7.221 Passagers

Environ 68% des 2.027.000 passagers qui traversèrent la France par les routes maritimes en 1957 sont allés directement à leur première destination en dehors de France. Mais la proportion de passagers allant en Italie, au Portugal et en Espagne est inférieure à la proportion de véhicules accompagnés (4% pour l'Espagne et le Portugal au lieu de 9,5% pour les véhicules et 9,5% pour l'Italie au lieu de 14% pour les véhicules). Par contre plus de passagers sont allés en Allemagne (16% au lieu de 9,3% pour les véhicules). Les caractéristiques du trafic ne sont pas particulièrement différentes en saison ou hors saison.

## 8. PREVISIONS DES VOLUMES DE TRAFIC

### 8.1 Généralités

Pour permettre les calculs des recettes à attendre du Tunnel, les étapes suivantes ont dû être franchies :

8.10 Déterminer le trafic détourné des différentes lignes existantes au profit du Tunnel projeté pour différents niveaux de péages, de manière à déterminer le péage optimum, c'est-à-dire le péage donnant les recettes brutes maxima à la société exploitante. Dans ce but, au lieu de limiter leurs investigations à 4 niveaux de péages comme cela avait été demandé dans les hypothèses, les Ingénieurs-Conseils ont employé autant de valeurs du péage qu'il leur était nécessaire pour obtenir une représentation continue de la courbe montrant les variations des recettes en fonction des variations du péage.

8.11 Déterminer la croissance normale du trafic avec l'hypothèse que le Tunnel ne serait pas construit, c'est-à-dire que les moyens de transport actuels continueraient seuls à transporter le trafic à travers la Manche.

8.12 Déterminer le coefficient de stimulation du nouvel ouvrage. Comme le trafic engendré lui-même est fonction du niveau du péage, les Ingénieurs-Conseils poussèrent très avant les recherches dans ce nouveau domaine afin d'estimer sur des bases raisonnables l'engendrement du trafic en fonction du péage.

Ces différentes étapes seront examinées dans les paragraphes suivants.

### 8.2 Détournement du trafic au profit du Tunnel

#### 8.20 Véhicules accompagnés

8.200 Toutes les lignes aussi bien maritimes qu'aériennes transportant des véhicules ont été considérées. Les courbes d'affectation de la meilleure ligne existante (Douvres-Boulogne) par rapport aux autres lignes exploitées, ont été déterminées pour chacune de ces dernières en comparant le pourcentage de véhicules accompagnés allant d'une origine donnée vers une destination donnée par les deux lignes étudiées et en représentant ces pourcentages en fonction de l'économie offerte par la ligne la plus compétitive.

Les ingénieurs-conseils ont fait ensuite l'hypothèse que la courbe d'affectation du Tunnel par rapport aux différentes lignes serait la même que celle de Douvres-Boulogne. Le détournement au profit du Tunnel des véhicules utilisant une ligne donnée fut donc obtenu en utilisant les courbes d'affectation de cette ligne par rapport à Douvres-Boulogne.

Pour aider à la compréhension du sens profond des courbes d'affectation, un important travail de recherche fut nécessaire et se révéla très utile pour l'appréciation du détournement du trafic, les détails de ces recherches sont développés dans l'Annexe "Une approche théorique du détournement et de l'engendrement du trafic".

8.201 Les graphiques n° 28, 29 et 30 montrent les courbes d'affectation de Douvres-Boulogne par rapport à Douvres-Ostende, Harwich-Hook et Ferryfield-Le Touquet. Les points représentés sur ces graphiques sont des centres de gravité de voyages dans une tranche d'économie donnée. Ces centres de gravité ont été déterminés au calculateur électronique et la courbe de régression tracée.

8.202 On peut voir sur ces graphiques que la pente de Douvres-Boulogne par rapport à Lydd-Le Touquet (c'est-à-dire Douvres-Boulogne par rapport à une ligne aérienne) est moins forte que la pente de Douvres-Boulogne par rapport à une ligne maritime. Ceci signifie que "l'élasticité" de la demande des conducteurs utilisant une ligne aérienne est plus faible que celle des conducteurs utilisant une ligne maritime. (Il est remarquable de noter cependant que la structure par catégories socio-professionnelles des conducteurs est pratiquement la même pour les lignes maritimes et aériennes. Voir tableau n° 21). Ces voyageurs choisissent les lignes aériennes en fonction de leur commodité, du service individuel que l'on y trouve à bord et pour éviter une traversée agitée (bien que les Anglais ne sont généralement pas opposés aux traversées maritimes).

8.203 Un fait remarquable est que la pente des courbes d'une ligne maritime par rapport à une autre ligne maritime est pratiquement la même, bien qu'elle diminue en général légèrement lorsque la distance à Douvres-Boulogne augmente. Le même phénomène fut observé pour la pente des courbes des lignes maritimes par rapport aux lignes aériennes.

8.204 On peut faire de nombreuses remarques intéressantes au sujet des courbes d'affectation dont quelques unes sont indiquées ci-dessous (pour plus de détails se référer à l'Annexe).

En observant la courbe d'affectation de Douvres-Ostende par rapport à Douvres-Boulogne, on peut voir que même lorsque Douvres-Boulogne est plus cher que Douvres-Ostende d'une somme d'environ 1.000 francs français, 50% des conducteurs l'utilisent. Cette préférence, qui peut être expliquée par exemple par des services plus fréquents ou une traversée maritime plus courte, a été désignée dans cette étude par le terme "bonus" de la ligne Douvres-Boulogne par rapport à la ligne Douvres-Ostende.

Si l'on considère maintenant la courbe d'affectation de Harwich-Hook par rapport à Douvres-Boulogne, on constate un "bonus" de 11.000 francs français pour Harwich-Hook par rapport à Douvres-Boulogne. Ceci est dû au fait que la moitié des voyageurs sur la ligne Harwich-Hook voyagent de nuit et ne donnent probablement aucune valeur à leur temps, qu'ils gagnent un repas et une nuit d'hôtel, que la plupart d'entre eux sont Néerlandais et affectent une valeur monétaire au fait d'éviter deux passages supplémentaires de frontières. Ces différentes raisons ont déplacé la courbe d'affectation vers la droite et une correction de la valeur inappropriée qui est donnée au temps et à la distance est automatiquement faite. (voir l'Annexe pour la théorie).

8.205 S'il y a un "bonus" de Douvres-Boulogne par rapport à Douvres-Calais et un "bonus" de Douvres-Calais par rapport à Douvres-Ostende, la somme algébrique de ces "boni" doit être trouvée dans la courbe d'affectation de Douvres-Boulogne par rapport à Douvres-Ostende. Les courbes expérimentales montrent un tel résultat.

8.206 Un des intérêts de la méthode était de permettre aux Ingénieurs Conseils la détermination du trafic restant sur chaque ligne pour un péage donné. Cette méthode a également permis de vérifier si sur les lignes pour lesquelles les Ingénieurs Conseils avaient à supposer la fermeture, la

concurrence pouvait se développer à la lumière des hypothèses de base fixées dans le contrat d'étude.

8.207 Après un examen attentif de tous les éléments en jeu et en tenant compte de l'attrait difficile à prévoir d'un Tunnel routier, long de 35 miles, ainsi que de la supériorité d'un Tunnel ferroviaire sur un car-ferry, l'avis des Ingénieurs Conseils est qu'aucun "bonus" ne doit être appliqué au Tunnel par rapport à la ligne Douvres-Boulogne et à toutes autres lignes.

### 8.21 Passagers

#### 8.210 Description de la méthode

Pour l'étude du trafic détourné des lignes existantes au profit du Tunnel projeté les catégories suivantes de passagers ont été distinguées.

8.2100 Passagers maritimes, pour lesquels la même méthode que pour les véhicules accompagnés a été utilisée. Les mêmes données sur l'origine et la destination étaient disponibles et elles ont été exploitées comme il est déjà décrit ci-dessus pour les véhicules accompagnés.

8.2101 Les Passagers aériens, qui ont été divisés en 3 catégories.

a) Passagers utilisant des services combinés autocar (ou train) et avion, sur les lignes régulières de Londres à Paris (Skyways et Silver Arrow, etc.) et vice versa. Des interviews ont été pris et la même méthode que ci-dessus a été employée.

b) Passagers sur les lignes aériennes régulières reliant les aéroports en moins d'une heure de vol (pratiquement celles reliant Londres à Paris, Bruxelles et Amsterdam, toutes comprises dans une zone de 400 km). L'étude de tous les documents disponibles fut entreprise et bien que certains renseignements (comme les volumes par route) ne furent pas mis à la disposition des Ingénieurs Conseils par l'Aéroport de Londres et par le "Ministry of Transport and Civil Aviation", il fut cependant possible à ces derniers d'obtenir suffisamment d'informations sûres pour une bonne

estimation du trafic susceptible d'être détourné à partir de recherches diverses menées sur le Continent et des informations recueillies au cours de réunions tenues avec le "Air Research Bureau" et les équipes de recherche opérationnelle de quelques unes des principales compagnies aériennes.

c) Passagers sur les lignes aériennes reliant un aéroport d'origine et un aéroport de destination distants de plus de 250 miles Compte tenu du fait que le Tunnel ne pourrait être compétitif en temps de transport, les ingénieurs conseils ont considéré qu'aucun détournement ne pourrait avoir lieu. En conséquence, ce trafic n'a pas été étudié plus avant.

En effet, pour la relation aérienne Londres-Suisse qui représente à elle seule environ 50% de l'ensemble du trafic pour lequel la distance d'aéroport à aéroport est comprise entre 400 et 800 kilomètres, la durée du voyage en utilisant le Tunnel serait de l'ordre de 12 heures comparée à 15 heures de durée de voyage actuellement. Par ailleurs, la durée de voyage par avion de centre ville à centre ville qui est actuellement de l'ordre de 4 heures 50 minutes, peut être estimée à environ 4 heures au moment où le Tunnel sera ouvert. Ces réductions de durée de voyage n'affectent pas sensiblement la distribution du trafic entre le train et l'avion.

#### 8.211 Passagers maritimes

8.2110 La même méthode que celle décrite en 8.200 pour les véhicules accompagnés a été appliquée, la ligne prise comme la plus compétitive est Douvres-Calais.

8.2111 Les graphiques n° 31 et 32 montrent à titre d'exemple les courbes d'affectation de Douvres-Calais par rapport à Douvres-Ostende et Harwich-Hook van Holland. Les mêmes remarques que celles du paragraphe 8.20 pour les véhicules accompagnés s'appliquent à ces courbes.

#### 8.212 Passagers aériens

##### 8.2120 Lignes combinées autocars (ou train) et avion

Le graphique n°33 montre à titre d'exemple la courbe d'affectation de Douvres-Calais par rapport à Lympne-Beauvais obtenue à partir du résultat des enquêtes. La structure des voyageurs par catégories socio-professionnelles sur ces lignes est pratiquement la même que sur les lignes maritimes.

8.2121 Passagers sur les lignes régulières reliant des aéroports en moins d'une heure de vol.

8.21.210 Lignes correspondantes

Ces lignes se limitent pratiquement aux services réguliers entre Londres et Paris, Bruxelles et Amsterdam (BEA, Air-France et Sabena). Le nombre total de voyageurs utilisant ces vols à courte distance s'élevait à 1.033.000, ou 37,8% du trafic aérien total entre le Royaume-Uni et le Continent en 1957.

Il est important pour apprécier le trafic susceptible d'être détourné de ces lignes d'en connaître les caractéristiques principales.

8.21.211 Nature des voyageurs

Le profil de la clientèle de ces lignes est très différent de celui des autres lignes considérées ci-dessus. La répartition des voyageurs par catégories socio-professionnelles peut ne pas être exactement la même pour toutes les lignes, mais une bonne indication est donnée dans les tableaux suivants.

8.21.2110

a) Profession et nationalité

Le tableau suivant a été obtenu à partir de données recueillies par l'Aéroport de Paris.

| <u>PROFESSION</u>    |          | <u>NATIONALITE</u> |          |
|----------------------|----------|--------------------|----------|
| <u>Catégorie</u>     | <u>%</u> | <u>Pays</u>        | <u>%</u> |
| Profession libérale  | 9,4      | Royaume-Uni        | 43,0     |
| Hommes d'affaires    | 30,8     | France             | 25,7     |
| Employés et ouvriers | 22,9     | U.S.A.             | 16,7     |
| Etudiants            | 25,5     | Italie             | 1,3      |
| Retraités            | 0,6      | Allemagne          | 0,8      |
| Agriculteurs         | 0,5      | Suisse             | 0,8      |
| Militaires           | 3,6      | Autres             | 11,7     |
| Autres               | 6,7      |                    |          |

b) But du voyage

Le tableau suivant compare le but principal du voyage tel qu'il ressort de l'enquête faite par l'Aéroport de Londres sur les lignes Européennes après étude de ces données par les Ingénieurs Conseils.

| <u>But principal du voyage</u> | <u>Aéroport de Londres</u> |              | <u>ENQUETE D'ORIGINE ET DE DESTINATION DE LA MANCHE</u> |  |                 |                  |  |                 |
|--------------------------------|----------------------------|--------------|---|--|-----------------|------------------|--|-----------------|
|                                | <u>Affaires</u>            | <u>Privé</u> | <u>Passagers Maritimes</u>                              |  |                 | <u>pour cent</u> |  |                 |
|                                |                            |              | <u>Affaires</u>   | <u>Affaires + Affaires et Plaisirs</u> | <u>Vacances</u> | <u>Affaires</u>  | <u>Affaires + Affaires et Plaisirs</u> | <u>Vacances</u> |
| ETE                            | 48,5                       | 51,5         | 2,9   | 7,3                                    | 86,8            | 5,3              | 7,0                                    | 91,6            |
| HIVER                          | 63                         | 27           | 20,8  | 31,0                                   | 59,0            | 17,0             | 31,2                                   | 66,0            |

On peut constater que les personnes voyageant pour affaires utilisent généralement les lignes aériennes régulières.

8.21.2112

c) Résidence principale des voyageurs

Une enquête effectuée par l'Aéroport de Paris indique par pays ou région la résidence des voyageurs utilisant la ligne Londres-Paris. Le tableau ci-dessous en donne les résultats.

| NATIONALITE                  | % du total voyageurs | RESIDENCE PRINCIPALE DES VOYAGEURS |                     |                              |                   |                         |                     |
|------------------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|
|                              |                      | POURCENTAGE PAR NATIONALITE        |                     |                              |                   |                         |                     |
|                              |                      | Royaume Uni                        | France              | Amérique du Nord et Centrale | Europe de l'Ouest | Moyen et Extrême Orient | Divers              |
| Britannique                  | 43,0                 | 93,9                               | 3,0                 | 2,1                          | 0,5               | 0,6                     | 0,8                 |
| Française                    | 25,7                 | 4,8                                | 91,7                | 0,7                          | 0,4               | 0,3                     | 2,1                 |
| Amérique du Nord et Centrale | 18,9 <sup>(1)</sup>  | 4,0                                | 4,6                 | 90,0                         | 0,6               | 0,2                     | 0,6                 |
| Europe de l'Ouest            | 5,8 <sup>(2)</sup>   | 9,6                                | 12,0 <sup>(3)</sup> | 3,6                          | 70,3              | 2,1                     | 2,4                 |
| Moyen et Extrême Orient      | 3,6 <sup>(4)</sup>   | 11,1                               | 6,3                 | 1,0                          | 1,5               | 78,2                    | 1,9                 |
| Divers                       | 3,0                  | 14,0                               | 15,8                | 6,5                          | 2,3               | 2,3                     | 59,1 <sup>(5)</sup> |

Une classification est donnée ci-dessous.

- |                                |                           |
|--------------------------------|---------------------------|
| (1) 16,7% des Etats-Unis       | (3) 15,3% de l'Italie     |
|                                | 10,2% de la Suisse        |
| (2) 1,5% d'Italie              | 9,6% de l'Allemagne       |
| 0,8% d'Allemagne               |                           |
| 0,8% de la Suisse              | (4) 40,3% du Moyen Orient |
|                                | 59,7% de l'Extrême Orient |
| (5) 30,4% de l'Amérique du Sud |                           |
| 16,9% de l'Afrique du Sud      |                           |

Ce tableau montre que la France et la Grande Bretagne sont les résidences principales de la majorité des voyageurs aériens sur la ligne Paris-Londres (68,7% des voyageurs).

8.21.212 Passagers susceptibles d'être  
détournés au profit du Tunnel

8.21.212.1 Le "Stop Over"

Les passagers des lignes ci-dessus ne sont pas tous des usagers potentiels du Tunnel. En effet, la structure des tarifs aériens est telle que les voyageurs venant d'une origine éloignée vers une destination en Europe, Londres par exemple, peuvent retourner à leur point de départ en passant par Paris-Bruxelles et Amsterdam pratiquement sans supplément de tarif pour le voyage de Londres à Paris, Bruxelles ou Amsterdam. Egalement des voyageurs allant vers certaines destinations en Europe ont financièrement intérêt à utiliser l'avion pour rejoindre la destination la plus éloignée s'ils l'ont déjà utilisé sur Londres-Paris. Le tableau suivant montre quelques exemples de tels tarifs.

| <u>ORIGINE</u> | <u>DESTINATION</u>                                       | <u>COÛT DU VOYAGE<br/>ALLER SIMPLE</u> |
|----------------|--|--|
| New York       | Londres direct   | £112 - 10 - 0                          |
|                | Paris via Londres<br>Bruxelles ou Amsterdam<br>ou direct | £119 - 13 - 0                          |
| Mexico         | Londres direct   | £142 - 18 - 0                          |
|                | Londres via Paris<br>ou Amsterdam                        | £143 - 5 - 2                           |
| Buenos-Aires   | Londres direct   | £203 - 11 - 5                          |
|                | Londres via Paris  | £203 - 11 - 5                          |
| Londres        | Munich via Paris   | £20 - 17 - 0                           |
|                | Londres-Paris +<br>Paris-Munich                          | £22 - 0 - 0                            |
| Londres        | Vienne via Paris   | £26 - 17 - 0                           |
|                | Londres-Paris +<br>Paris-Vienne                          | £28 - 10 - 0                           |

Ce mode de voyage est appelé "Stop Over". Un exemple montrera mieux sa signification : Il y a un ou deux ans les voyageurs britanniques allant à Palma par avion faisaient un "Stop Over" à Paris et profitaient de cet avantage pour y rester deux ou trois jours. Maintenant que la BEA a ouvert un service direct vers Palma cette clientèle est perdue pour Paris.

Aucune statistique sur le nombre de voyageurs ayant recours au Stop Over n'existe car il n'existe aucune formalité de confirmation. Les compagnies aériennes n'ont donc aucune statistique.

#### 8.212.122 Des recherches

furent donc entreprises pour apprécier la part de ce trafic non susceptible d'être détourné. Ceci fut facilité en utilisant la connaissance :

- de l'origine et de la destination des voyageurs
- de la résidence des voyageurs
- du lieu de délivrance des billets aériens

#### (a) Origine et destination des voyageurs

Dans le courant de l'été et de l'hiver 1958, l'Aéroport de Londres entreprit une enquête de recherche opérationnelle sur le trafic passager à l'Aéroport de Londres. Les objectifs fondamentaux de cette étude étaient la connaissance du point de départ du voyage de chaque passager et du moyen de transport utilisé pour atteindre l'aéroport. Les deux enquêtes montrèrent pratiquement des structures de trafic similaires.

Les Ingénieurs Conseils analysèrent les renseignements de cette enquête de manière à déterminer la dernière origine des voyageurs passant par l'aéroport de Londres. Les voyageurs aériens qui ont passé la nuit dans le centre de Londres pour un but essentiellement d'affaires ou qui ont choisi d'aller à Londres pour des raisons personnelles bien définies furent considérés comme ayant leur origine dans le centre de Londres. Les moyens de transport principaux pour rejoindre l'Aéroport de Londres selon l'origine en Grande Bretagne furent ainsi déterminés. On vit ainsi que sur un total de 100 voyageurs quittant

Pour les autres voyageurs ayant leur origine en Grande-Bretagne, le tableau suivant montre la distribution des origines en Grande-Bretagne et les moyens de transport principaux utilisés pour se rendre à l'aéroport de Londres.

| ORIGINE EN GRANDE BRETAGNE | ENQUETE ETE           |                                |                       |       |                     | ENQUETE HIVER         |                                |                       |       |                     |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-------|---------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|-------|---------------------|
|                            | Nbre de pas-sagers en | Moyens principaux de transport |                       |       |                     | Nbre de pas-sagers en | Moyens principaux de transport |                       |       |                     |
|                            |                       | Avion                          | Voi-ture part. & taxi | Train | Auto-car & Auto-bus |                       | Avion                          | Voi-ture part. & taxi | Train | Auto-car & Auto-bus |
| %                          | %                     | %                              | %                     | %     | %                   | %                     | %                              | %                     | %     |                     |
| Londres                    | 68,73                 | -                              | 30,11                 | -     | 38,62               | 71,81                 | -                              | 31,67                 | -     | 40,14               |
| North England              | 0,99                  | -                              | -                     | 0,99  | -                   | 1,06                  | -                              | -                     | 1,06  | -                   |
| North West England         | 3,66                  | 2,26                           | 0,43                  | 0,97  | -                   | 3,99                  | 1,07                           | -                     | 2,92  | -                   |
| East & West Ridings        | 0,70                  | 0,14                           | -                     | 0,56  | -                   | 2,13                  | 0,28                           | -                     | 1,85  | -                   |
| North Midlands             | 1,13                  | -                              | 0,57                  | 0,56  | -                   | 0,27                  | -                              | -                     | 0,27  | -                   |
| Midlands                   | 2,96                  | 1,13                           | 0,42                  | 1,41  | -                   | 3,19                  | 0,80                           | 0,25                  | 2,14  | -                   |
| East England               | 3,95                  | -                              | 2,69                  | 0,98  | 0,28                | 2,13                  | -                              | 1,85                  | 0,28  | -                   |
| South England              | 5,35                  | -                              | 3,52                  | 1,27  | 0,56                | 6,12                  | -                              | 4,52                  | 1,34  | 0,26                |
| South West England         | 1,83                  | -                              | 0,57                  | 1,26  | -                   | 1,86                  | -                              | 0,53                  | 1,33  | -                   |
| South East England         | 6,76                  | -                              | 3,81                  | 2,81  | 0,14                | 4,52                  | -                              | 2,66                  | 1,86  | -                   |
| Wales                      | 0,70                  | -                              | 0,28                  | 0,42  | -                   | 0,53                  | -                              | -                     | 0,53  | -                   |
| Scotland                   | 3,24                  | 2,96                           | -                     | 0,28  | -                   | 2,39                  | 1,34                           | -                     | 1,05  | -                   |
| Total                      | 100                   | 6,50                           | 42,4                  | 11,5  | 39,6                | 100                   | 3,49                           | 41,48                 | 14,63 | 40,40               |

Environ 6,5% des voyageurs aériens allant en Europe et ayant leur origine en Grande-Bretagne rejoignent l'aéroport de Londres par avion et 6,45% des voyageurs viennent d'origines éloignées de Londres (Ecosse, Nord et Nord-Ouest de la Grande-Bretagne, Est et Ouest Ridings, North Midlands, Midlands, Pays de Galles et Sud-Ouest) représentant un total de 12,95% des voyageurs ayant leur origine en Grande-Bretagne, c'est-à-dire un total de 11,62% du trafic global quittant l'aéroport de Londres pour l'Europe.

Il est de l'opinion des ingénieurs-conseils que les catégories suivantes de voyageurs aériens ne seraient pas susceptibles d'être détournées au profit d'un Tunnel : les voyageurs aériens d'outre-mer qui sont favorisés par la structure des tarifs aériens pour la portion de leur voyage entre Londres et l'Europe ou vice versa; les voyageurs aériens utilisant déjà l'avion à partir d'une origine en Grande-Bretagne pour aller à Londres et qui auront dans le futur des services directs plus fréquents jusqu'à leur destination; les voyageurs aériens venant d'une origine en Grande-Bretagne éloignée de Londres.

Ceci signifie qu'approximativement 22% des voyageurs des relations aériennes régulières de ce chapitre ne seraient pas susceptibles d'être détournés au profit d'un Tunnel.

(b) Résidence des voyageurs

Les voyageurs ayant leur résidence principale dans les pays en dehors de l'Europe sont favorisés par la procédure du "Stop Over" et ne seront pas des usagers potentiels pour le Tunnel. Si on les exclut, plus de 25% du trafic comme il est indiqué dans le tableau du paragraphe n° 9.21.2112, ne serait pas potentiel pour le Tunnel.

(c) Délivrance des billets

Pendant une certaine période plus de 20% des voyageurs sur la relation Paris-Londres achèterent leurs billets en dehors de France et de Grande-Bretagne. Si on considère de plus des origines éloignées en France, par exemple Nice, le pourcentage ainsi

obtenu devient voisin de 25%. A la lumière de ces résultats les ingénieurs-conseils estimerent qu'uniquement 75% du trafic des relations Londres-Paris, Londres-Bruxelles et Londres-Amsterdam, constituent un trafic potentiel pour le Tunnel, à savoir 774.000 passagers aériens en 1957.

8.21.213 Estimation du détournement

8.21.2130 Généralités

(a) En l'absence de données précises sur l'origine et la destination des voyageurs sur ces relations, il fut impossible de tracer une courbe d'affectation à partir des renseignements de fait.

Diverses études ont été menées par l'"Air Research Bureau" (organisme spécial de recherche fondé par les plus grandes compagnies aériennes européennes) et par les groupes de recherche opérationnelle de quelques compagnies aériennes sur la distribution du trafic entre deux moyens différents de transport : transport aérien et transport de surface (train). De telles études ont toujours été basées sur les résultats déduits des statistiques disponibles des compagnies aériennes et des chemins de fer. Ces statistiques sont très générales et ne permettent pas de déceler l'origine ou la destination exacte des voyageurs. Des études d'origine et de destination devraient être entreprises sur diverses relations en Europe, sur les passagers trains et avion afin de permettre de découvrir des lois satisfaisantes de trafic sur lesquelles il serait possible de baser des estimations a priori du détournement. Mais en l'absence totale de données plus précises les ingénieurs-conseils ont basé leur estimation de détournement sur les renseignements disponibles et sur les recherches antérieures.

(b) L'"Air Research Bureau" a trouvé que la distribution du trafic passagers entre deux moyens de transport différents par la vitesse et les tarifs varie selon les rapports des temps de transport lorsque les tarifs restent à des niveaux comparables.

Comme il est de l'avis des ingénieurs-conseils (voir partie A, Chapitre IV, La Tendence des Tarifs Aériens) que les niveaux de tarifs par avion et par train resteront relativement les mêmes dans le futur, les rapports des temps de transport présents et lorsque le Tunnel sera construit seront les facteurs prépondérants.

Le groupe de recherche opérationnelle d'une importante compagnie aérienne (sous réserve de la valeur des statistiques disponibles) aurait trouvé, en comparant le trafic par avion et par bateau sur plus de 100 relations, que le trafic entre deux points se distribuait - toutes choses égales, par ailleurs - selon le rapport des durées de voyage.

(c) Les ingénieurs-conseils ont essayé de comparer les volumes de passagers entre des zones d'origine et des zones de destination par avion et par train, en utilisant les renseignements de leur enquête. Mais ils n'ont pu découvrir aucune relation acceptable dans cette recherche.

8.21.2131 Dans la préparation de leurs estimations les ingénieurs-conseils adoptèrent la formule de l'"Air Research Bureau" ci-dessous :

$$\frac{\text{Actuel}}{\frac{V_a \times T_t}{V_t \times T_a}}$$

$$\frac{\text{Tunnel}}{\frac{VA \times TT}{VT \times TA}}$$

$V_a$  = Volume par avion avant le Tunnel  
 $V_t$  = Volume par train avant le Tunnel  
 $T_t$  = Durée du voyage par train avant le Tunnel  
 $T_a$  = Durée du voyage par avion avant le Tunnel

$VA$  = Volume par avion avec le Tunnel  
 $VT$  = Volume par train avec le Tunnel  
 $TT$  = Durée du voyage par train avec le Tunnel  
 $TA$  = Durée du voyage par avion avec le Tunnel

Le rapport des volumes transportés par avion et par train en 1965 peut être estimé pour Paris-Londres à partir de l'évolution des rapports des volumes par avion et par trains depuis 1952, rapports que les ingénieurs-conseils ont pu obtenir. Il fut donc possible de déterminer les nouveaux rapports du volume par avion et du volume par train à l'ouverture du Tunnel.

Le tableau suivant résume les hypothèses qui ont été données aux ingénieurs-conseils par le Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche ainsi que les durées actuelles des voyages sur les relations Londres-Paris, Londres-Bruxelles et Londres-Amsterdam.

| Relations         | <u>Durée du voyage par train</u> |   | <u>Durée du voyage par avion</u> |         |         |
|-------------------|----------------------------------|---|----------------------------------|---------|---------|
|                   | avec les moyens actuels          | par le Tunnel (hypothèses du Groupement d'Etudes) | Actuelle-ment                    | en 1965 | en 1980 |
| Londres-Paris     | 8 h.00                           | 4 h.20  | 3 h.50                           | 3 h.30  | 3 h.00  |
| Londres-Bruxelles | 8 h.00                           | 4 h.50  | 3 h.45                           | 3 h.25  | 2 h.55  |
| Londres-Amsterdam | 11 h.30                          | 7 h.40  | 3 h.40                           | 3 h.20  | 2 h.50  |

Il est prudent d'envisager qu'à l'ouverture du Tunnel les compagnies aériennes auront amélioré leurs temps de transport. Il est réaliste de suggérer que l'on pourra gagner 50 minutes (5 à 10 minutes de gain sur le temps de vol, 20 à 25 minutes de gain sur les transports à terre en France et en Grande-Bretagne et 20 minutes de gain sur les formalités en France et en Grande-Bretagne).

La formule de l'Air Research Bureau conduit pour la relation Londres-Paris à un détournement de 25%. Comme on peut le voir sur le graphique n° 34, si la tendance constatée depuis 1950 continue, le trafic aérien sur cette relation représentera 62% du trafic total en 1965.

Les ingénieurs-conseils adoptèrent donc pour les trois relations Londres-Paris, Londres-Bruxelles, et Londres-Amsterdam, un pourcentage de détournement de 25% à appliquer au volume de trafic susceptible d'être détourné.

Il est intéressant de noter sur le graphique 34 que le trafic aérien sur les relations Paris-Bruxelles et Paris-Amsterdam représentait en 1957 respectivement 14,3% et 17,4% du trafic total alors que les durées du voyage par train et par avion étaient les suivantes :

| <u>Relations</u> | <u>Durée du voyage par TRAIN</u> | <u>Durée du voyage par AVION</u> |
|------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Paris-Bruxelles  | 2 h. 48                          | 3 h.45                           |
| Paris-Amsterdam  | 5 h. 38                          | 3 h.40                           |

Si cette tendance récente continuait jusqu'en 1965 la part aérienne du trafic global atteindrait 20 % et 25 % respectivement. A la lumière de ces chiffres, on peut considérer que l'estimation d'un détournement de 25 % est prudente.

### 8.3 Croissance du trafic

#### 8.30 Véhicules accompagnés

##### 8.300 Méthode suivie

L'étude de la croissance du trafic des véhicules accompagnés à travers la Manche porte sur les voitures particulières, les autocars et les motos. Chacune de ces catégories sera étudiée séparément.

La croissance du trafic total de voitures particulières accompagnées est fonction de deux facteurs.

8.3000 La croissance normale que l'on observerait si les moyens de transports actuels à travers la Manche restaient seuls à assurer le transport.

8.3001. En plus de la croissance normale il y aura un effet de stimulation dû au Tunnel lui-même. Cet effet de stimulation donnera

##### 8.301 La croissance normale du trafic des voitures particulières à travers la Manche

Le nombre de voitures particulières traversant la Manche fut d'abord réparti par nationalité et ensuite comparé avec le nombre de voitures particulières immatriculées dans le pays correspondant à la même époque. La connaissance de la relation existant entre ces deux facteurs permet de prévoir pour chaque pays le nombre de voitures particulières traversant la Manche à partir de la prévision du

nombre de voitures particulières immatriculées dans le même pays.

8.3011 Relations entre le nombre de voitures particulières d'une nationalité donnée traversant la Manche et le nombre de voitures particulières immatriculées dans le même pays une année donnée.

A partir des renseignements fragmentaires obtenus du "Home Office" en Grande-Bretagne, il apparait que le pourcentage des passagers de chaque nationalité resté sensiblement constant. Les pourcentages pour 1956-1957-1958 étaient sensiblement les mêmes. Il est donc raisonnable de supposer qu'il en est de même pour les voitures particulières. Le graphique n° 35 montre en coordonnées logarithmiques et sur cette hypothèse la relation entre le nombre de voitures particulières d'une nationalité donnée ayant traversé la Manche chaque année depuis 1950 et le nombre de voitures particulières immatriculées dans le pays de même nationalité pour les mêmes années.

Ce graphique montre que le nombre de voitures particulières de nationalité britannique traversant la Manche croît plus vite que le nombre de voitures particulières immatriculées en Grande-Bretagne, alors que c'est le contraire pour les autres pays européens. Dans la projection du trafic, les ingénieurs-conseils admirent donc que cette tendance continuerait dans le futur et ceci les conduisit à considérer le coefficient d'accroissement relatif du nombre de voitures particulières traversant la Manche en fonction du nombre de voitures particulières immatriculées dans chaque pays, obtenu à partir du graphique n° 35 à savoir :

- 1,28 pour le Royaume-Uni
- 0,94 pour la France
- 0,58 pour l'Allemagne
- 0,91 pour le Benelux

8.3012 Accroissement du nombre de véhicules dû à l'accroissement de l'utilisation des véhicules.

Un autre facteur de croissance est l'accroissement relatif de l'utilisation des véhicules c'est-à-dire l'accroissement relatif du nombre de véhicules kilomètres par véhicule par rapport à l'accroissement normal du nombre de véhicules.

Cependant au Royaume-Uni qui intervient pour 80% dans le trafic total, le "Road Research Laboratory" a trouvé que depuis 1950 le nombre de kilomètres parcourus annuellement par les voitures particulières est resté remarquablement constant et le même phénomène a été observé en France. De ce fait, les ingénieurs-conseils ont considéré que le trafic total à travers la Manche s'accroîtra pratiquement proportionnellement à l'accroissement du nombre de véhicules et que par conséquent la prévision du trafic peut être basée sur le nombre de véhicules à prévoir dans les années futures.

8.3013 Prévision du nombre de véhicules immatriculés dans chaque pays et engendrement de trafic à travers la Manche

8.301.30 La demande en voitures neuves ainsi que leur utilisation et leur remplacement dépend des facteurs principaux suivants :

- la population ou plus précisément le nombre de familles;
- le nombre de voitures existantes et le taux de remplacement;
- le niveau de revenus disponibles pour chaque famille;
- le coût des voitures neuves, leur coût d'utilisation et le coût des voitures d'occasion;
- le coût d'autres produits en concurrence avec les voitures (logements, appareils électriques etc) ainsi que les facteurs psychologiques affectant le choix du consommateur;
- le développement de l'habitation dans les faubourgs des grandes villes et l'insuffisance du système des transports en commun dans de telles zones.

8.301.31 Toute prévision à long terme doit être faite avec le plus grand soin et ne peut être une simple extrapolation de la tendance passée. Des recherches dans ce domaine difficile se développent en Europe sous la pression du développement rapide de l'automobile et des études spéciales ont été conduites pour tester différents modèles que l'on pense devoir donner un résultat

valable pour des prévisions à longue échéance. Les ingénieurs-conseils ont passé en revue les méthodes utilisées par les experts dans les différents pays.

#### 8.301.32 La méthode utilisée

L'indice économique de base à la disposition des ingénieurs-conseils est le produit national pour lequel les prévisions pour 1965 et 1980 sont indiquées dans la Partie A au Chapitre V.

Une étude de la relation entre le nombre de voitures particulières par mille habitants et le produit national par habitant montre une corrélation très intéressante. En prenant différents pays de l'O.E.C.E. dans la même tranche de niveau de vie ainsi que les Etats-Unis et le Canada et en matérialisant les points représentant les différents pays pour une année donnée en coordonnées logarithmiques, les ingénieurs-conseils ont trouvé qu'il existe une excellente corrélation. On peut noter néanmoins que la pente de la droite a décru constamment depuis 1952 de 1,89 à 1,62 en 1957 (graphiques n° 36, 37, 38, 39, 40, 41).

Ces résultats indiquent une tendance vers une diminution générale de la pente de la droite de régression ce qui est corroboré par le fait qu'aux Etats-Unis où les statistiques sont disponibles depuis plusieurs décades, l'accroissement du nombre de propriétaires de voitures a été pratiquement le même que celui du produit national brut ces dix dernières années.

Pour l'estimation des recettes du Tunnel, les ingénieurs-conseils ont donc jugé prudent d'admettre que les coefficients d'élasticité pour chaque pays intéressé dans le trafic de la Manche diminueraient constamment dans le futur pour se stabiliser autour de la valeur 1.

Cette hypothèse a servi de base pour la prévision du nombre de véhicules immatriculés dans chaque pays

participant au trafic de la Manche. Pour le début de la projection, on utilisera la pente de la droite de régression tracée pour le Royaume-Uni, la France, la Belgique et l'Allemagne depuis l'année à partir de laquelle les instituts nationaux de statistiques disposent de renseignements sûrs. Les graphiques n° 42 et 43 montrent que le coefficient d'élasticité du nombre de voitures particulières par 1000 habitants par rapport au produit national par habitant est de 3,67 pour le Royaume-Uni, 3,04 pour la France, 3,83 pour la Belgique et 2,85 pour l'Allemagne. Le graphique n° 44 montre en coordonnées semi-logarithmiques, les courbes d'accroissement du nombre de voitures particulières au Royaume-Uni, en France, en Allemagne et en Belgique. Ces pays représentent 86,5% du trafic total des voitures particulières traversant la Manche.

8.301.33 Prévisions d'accroissement du nombre de véhicules dans les principaux pays

8.301.330 Accroissement jusqu'en 1965

| <u>Pays</u> | Taux d'accroissement composé 1950-1957 | Accroissement Produit National 1957-1965 | Accroissement du Nbre voitures particulières par 1.000 habitants 1957-1965 | Accroissement de la population 1957-1965 | Accroissement global 1957-1965 | Taux composé d'accroissement 1957-1965 |
|-------------|--|--|--|--|--------------------------------|--|
| 1           | 2<br>(pour cent)                       | 3<br>(pour cent)                         | 4<br>(pour cent)   | 5<br>(1000)                              | 6<br>(pour cent)               | 7<br>(pour cent)                       |
| Royaume-Uni | 8,9                                    | 17                                       | 50   | 1.032                                    | 55                             | 5,6                                    |
| France      | 13,1                                   | 37                                       | 62   | 1.056                                    | 71                             | 7,0                                    |
| Allemagne   | 23,5                                   | 42                                       | 109  | 1.048                                    | 119                            | 11,3                                   |
| Belgique    | 12,3                                   | 26                                       | 56   | 1.024                                    | 60                             | 6,1                                    |

8.301.331 Accroissement de 1965 à 1980

| Pays        | Taux d'accroissement composé 1957-65 | Accroissement Produit National 1965-1980 | Accroissement du Nbre voitures particulières par 1.000 habitants 1965-1980 | Accroissement de la population 1965-1980 | Accroissement global 1965-1980 | Taux composé d'accroissement 1965-1980 |
|-------------|--------------------------------------|--|--|--|--------------------------------|--|
| 1           | 2                                    | 3  | 4  | 5  | 6                              | 7                                      |
|             | (pour cent)                          | (pour cent)                              | (pour cent)  | (1000)                                   | (pour cent)                    | (pour cent)                            |
| Royaume-Uni | 5,6                                  | 34                                       | 45   | 1.049                                    | 52                             | 2,8                                    |
| France      | 7,0                                  | 52                                       | 48   | 1.075                                    | 59                             | 3,1                                    |
| Allemagne   | 11,3                                 | 39                                       | 60   | 1.038                                    | 66                             | 3,5                                    |
| Belgique    | 6,1                                  | 36                                       | 51   | 1.030                                    | 56                             | 3,0                                    |

8.301.332 Prévision du nombre de voitures particulières immatriculées dans les différents pays en 1957, 1965, 1980.

Le tableau ci-dessous résume le nombre de voitures particulières immatriculées dans chacun des pays mentionnés ci-dessus ainsi que le nombre d'habitants par voiture particulière en 1957, 1965, 1980.

| Pays        | 1957                             |   | 1965                             |   | 1980                             |   | Accroissement global de 1957 à 1980 |
|-------------|----------------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|---|-------------------------------------|
|             | Nombre de voitures particulières | Nombre d'habitants par voiture particulière | Nombre de voitures particulières | Nombre d'habitants par voiture particulière | Nombre de voitures particulières | Nombre d'habitants par voiture particulière |                                     |
| 1           | 2<br>(en milliers)               | 3<br>(nombre)                               | 4<br>(en milliers)               | 5<br>(nombre)                               | 6<br>(en milliers)               | 7<br>(nombre)                               | 8<br>%                              |
| Royaume-Uni | 4.210                            | 12,3  | 6.550                            | 8,1   | 10.000                           | 5,6   | 137                                 |
| France      | 3.972                            | 11,2  | 6.800                            | 6,7   | 10.800                           | 4,6   | 171                                 |
| Allemagne   | 2.641                            | 19,2  | 5.800                            | 9,1   | 9.600                            | 5,7   | 263                                 |
| Belgique    | 616                              | 14,7  | 985                              | 9,3   | 1.540                            | 6,1   | 150                                 |

#### 8.301.4 Coefficient d'accroissement normal du nombre de voitures particulières traversant la Manche

En considérant l'effet combiné du coefficient d'accroissement des véhicules immatriculés dans l'un des pays considérés ci-dessus, l'élasticité du nombre de voitures particulières d'une nationalité donnée traversant la Manche en fonction du nombre de voitures particulières dans le pays de la même nationalité et en le pondérant par l'importance de chaque pays dans le trafic total à travers la Manche, les ingénieurs-conseils ont pu calculer pour chaque année entre 1965 et 1980 le coefficient d'accroissement normal du trafic de voitures particulières à travers la Manche (voir 8.304).

#### 8.302 Trafic engendré pour les voitures particulières

Le trafic engendré est un trafic qui s'établit pendant la première année d'ouverture d'un ouvrage fixe tel un pont ou un Tunnel et s'ajoute intégralement au trafic que l'on aurait normalement constaté si les moyens constants étaient seuls restés en service.

Il est dû à l'amélioration de service apportée par le nouvel ouvrage. Certains facteurs comme la curiosité ont tendance à engendrer un nouveau trafic, mais seulement pour de courtes périodes après l'ouverture du nouvel ouvrage.

Les ingénieurs-conseils ont approché ce problème de deux manières. En premier lieu, ils ont rassemblé les renseignements disponibles sur les faits constatés dans les autres pays du monde à la suite de l'ouverture d'un nouvel ouvrage fixe. On notera toutefois que la "distance virtuelle" moyenne des voyages à travers la Manche est probablement bien plus grande que celle de n'importe quel autre ouvrage fixe. En deuxième lieu, ils ont entrepris une approche théorique basée sur les renseignements disponibles à partir de l'enquête.

8.302.2 Le tableau ci-dessous montre, classé dans l'ordre croissant, l'effet de stimulation sur le trafic d'autres ouvrages fixes remplaçant ou s'ajoutant à des services de bacs ou de ferries.

| <u>Ouvrage</u>               | <u>Emplacement</u>         | <u>date de la mise en service</u> | <u>Rapport des trafics</u> |
|------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Pont du Golden Gate          | San Francisco, USA         | 1937                              | 1,42                       |
| Pont de Oakland Bay          | " "                        | 1937                              | 1,48                       |
| Tunnel de la Scheldt         | Anvers, Belgique           | 1933                              | 1,48                       |
| Pont des Détroits de Makinac | Michigan, USA              | 1951                              | 1,50                       |
| Pont Delaware                | Wilmington, USA            | 1951                              | 1,56                       |
| Pont George Washington       | Rudson River, USA          | 1931                              | 1,72                       |
| Pont Ben Franklin            | Delaware River, Phil., USA | 1926                              | 1,86                       |
| Pont Chesapeake              | Maryland, USA              | 1952                              | 1,97                       |
| Holland Tunnel               | Hudson River, NY, USA      | 1927                              | 2,03                       |
| Pont Ambassador              | Michigan, USA - Canada     | 1930                              | 2,13                       |
| Tunnel Détroit-Canada        | " " "                      |                                   |                            |
| Tunnel Queensway             | Liverpool, Angleterre      | 1934                              | 2,32                       |
| Tunnel Kanmon                | Japon                      | 1938                              | 4,40                       |
| Pont Dartmouth-Halifax       | Nouvelle Ecosse            | 1955                              | 3,55                       |

Les rapports de la dernière colonne sont ceux du trafic total enregistré dans les 12 premiers mois après la mise en service du nouvel ouvrage fixe et du trafic ferry pendant les 12 mois précédents. Les niveaux de péage sont généralement restés inchangés à l'exception de ceux du Tunnel de Kanmon et du Pont de Dartmouth-Halifax. Les péages pour le Tunnel de Kanmon furent réduits de 45% si bien qu'au point de vue des recettes le rapport des recettes brutes ne fut que de 2,42 (au lieu de 4,40 ci-dessus). Les péages pour le Pont de Dartmouth-Halifax furent augmentés de 20% par rapport au tarif des ferries, le rapport des recettes brutes étant de 4,26 (au lieu de 3,55).

Après avoir examiné soigneusement tous les facteurs intéressants et indépendamment de l'étude théorique décrite dans l'Appendice, les ingénieurs-conseils arrivèrent à la conclusion que l'on pouvait utiliser un coefficient de 1,6 pour le trafic engendré par le Tunnel sous la Manche au péage Optimum.

8.302.3 Les ingénieurs-conseils étudièrent par ailleurs ce problème important d'engendrement de trafic d'une manière complètement différente et entièrement théorique. La base de la méthode est la détermination de l'importance du trafic engendré à partir de la réduction de distance virtuelle entre deux points. Cette méthode qui ne tient pas compte d'accroissements dus à la curiosité ou à tout autre facteur similaire montre que le trafic engendré varie avec le niveau du péage et procure une partie importante des recettes. (une description de l'étude théorique est donnée dans l'Appendice à ce rapport).

Des recherches poussées permirent de trouver qu'une loi exponentielle de la forme  $e^{-\lambda x}$  ayant la valeur de 0,00166, était la plus représentative du trafic engendré.

Cette analyse conduit à un coefficient de stimulation qui varie de 1,277 pour un péage égal au péage optimum du trafic détourné, à 1,606 pour un péage donnant les recettes maxima pour l'ensemble du trafic engendré et détourné et à 3,520 pour un péage égal à zéro. L'analyse théorique confirme ainsi l'estimation empirique faite par les ingénieurs-conseils.

Dans ce calcul, l'hypothèse de base logique faite par les ingénieurs-conseils consiste à supposer que le trafic engendré par le Tunnel lui-même utiliserait entièrement ce nouvel ouvrage.

Il est intéressant de noter les chiffres suivants : la distance virtuelle moyenne des voyages des véhicules traversant la Manche est de 2.000 kilomètres composée de 300 kilomètres au Royaume-Uni, 910 kilomètres sur le Continent et une traversée de 790 kilomètres. La distance virtuelle actuelle de 790 kilomètres pour Douvres-Boulogne comprend : coût de traversée 690 kilomètres, temps de transport 46 kilomètres, délais d'attente 54 kilomètres. Le gain en kilomètres virtuels dû au Tunnel serait de 750 kilomètres pour un péage égal à zéro et de 260 kilomètres pour un péage optimum de 9.000 FF.

8.303 Accroissement normal du trafic pour les autocars, les motos et les autres véhicules

8.303.1 Le graphique n° 5 montre la tendance du nombre de traversées de la Manche en autocars, motos et autres véhicules depuis 1952. On peut voir que le nombre de motos traversant la Manche est resté pratiquement constant. Le même phénomène est vrai pour les autocars depuis 1954. L'interview des agences de voyages et des exploitants d'autocars a confirmé ces faits. Le nombre de caravanes par contre a augmenté régulièrement depuis 1952.

8.303.2 Par conséquent, il fut décidé d'adopter les bases suivantes pour l'accroissement du trafic :

Pour les autocars, qui sont des transports en commun et, à la lumière de ce qui précède, il fut décidé d'adopter le même facteur d'accroissement que celui du trafic passagers.

Pour les motos, il a été supposé que leur nombre resterait constant. En fait, les prévisions du nombre de voitures particulières en circulation dans les différents pays en 1965 et 1980 ne laissent guère de place à un accroissement sensible du nombre de motos. Les utilisateurs présents de motos seront des usagers futurs de voitures particulières.

Pour les caravanes et les remorques, le coefficient d'accroissement constaté depuis 1952 a été adopté.

8.304 Coefficients d'accroissement - Résumé

Le tableau suivant résume les coefficients d'accroissement pris en compte pour le calcul des recettes. Un coefficient de stimulation de 1,606 a été utilisé pour calculer les recettes du trafic total au péage optimum.

| ANNÉE<br>DE BASE | VOITURES PARTICULIÈRES   |  |                                     |                             | MOTOS                       | AUTOCARS  | CARAVANES<br>ET<br>REMORQUES |
|------------------|--|--|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|------------------------------|
|                  | Effet combiné de l'accroissement du nombre de véhicules en service et de l'accroissement relatif du nombre de véhicules traversant la Manche | Coefficient d'accroissement dû à l'utilisation des véhicules | Coefficient d'accroissement combiné |                             | Coefficient d'accroissement | Coefficient d'accroissement (voir plus loin, passagers) | Coefficient d'accroissement  |
|                  |  |  | Coefficient de stimulation          | Coefficient d'accroissement |                             |   |                              |
| 1                | 2  | 3  | 4                                   | 5                           | 6                           | 7   | 8                            |
|                  |  |  |                                     | 4x2                         |                             |   |                              |
| 1957             | 1  | 1,0  |                                     | 1,0                         | 1,0                         | 1,0   | 1,0                          |
| 1965             | 1,741  | 1,0  | 1,606                               | 2,796                       | 1,0                         | 1,419   | 1,878                        |
| 1966             | 1,824  | 1,0  | 1,606                               | 2,929                       | 1,0                         | 1,470   | 1,988                        |
| 1967             | 1,914  | 1,0  | 1,606                               | 3,074                       | 1,0                         | 1,521   | 2,098                        |
| 1968             | 1,993  | 1,0  | 1,606                               | 3,201                       | 1,0                         | 1,572   | 2,208                        |
| 1969             | 2,078  | 1,0  | 1,606                               | 3,337                       | 1,0                         | 1,624   | 2,318                        |
| 1970             | 2,160  | 1,0  | 1,606                               | 3,449                       | 1,0                         | 1,673   | 2,429                        |
| 1971             | 2,250  | 1,0  | 1,606                               | 3,614                       | 1,0                         | 1,723   | 2,539                        |
| 1972             | 2,335  | 1,0  | 1,606                               | 3,750                       | 1,0                         | 1,774   | 2,649                        |
| 1973             | 2,421  | 1,0  | 1,606                               | 3,888                       | 1,0                         | 1,826   | 2,759                        |
| 1974             | 2,501  | 1,0  | 1,606                               | 4,017                       | 1,0                         | 1,875   | 2,869                        |
| 1975             | 2,578  | 1,0  | 1,606                               | 4,149                       | 1,0                         | 1,924   | 2,979                        |
| 1976             | 2,654  | 1,0  | 1,606                               | 4,262                       | 1,0                         | 1,973   | 3,089                        |
| 1977             | 2,727  | 1,0  | 1,606                               | 4,380                       | 1,0                         | 2,020   | 3,199                        |
| 1978             | 2,791  | 1,0  | 1,606                               | 4,482                       | 1,0                         | 2,068   | 3,309                        |
| 1979             | 2,872  | 1,0  | 1,606                               | 4,612                       | 1,0                         | 2,111   | 3,419                        |
| 1980             | 2,943  | 1,0  | 1,606                               | 4,726                       | 1,0                         | 2,156   | 3,530                        |

### 8.31 Passagers

#### 8.310 Méthode utilisée

Les passagers qui traverseront la Manche par le Tunnel seront pour leur grande majorité des passagers détournés des lignes maritimes existantes. Il est de l'opinion des ingénieurs-conseils qu'il n'y aura pas de trafic passagers engendré dû au Tunnel. Le seul facteur à prendre en considération est l'accroissement normal du trafic passager maritime. De plus, il est de l'opinion des ingénieurs-conseils que l'engendrement du trafic des voitures particulières n'affectera pas l'accroissement normal du trafic maritime des passagers. Du fait de l'absence de statistiques, il ne fut pas possible d'estimer quantitativement l'effet qu'exercerait sur la décision individuelle des passagers la substitution de services directs aux transferts dans les ports.

#### 8.311 Accroissement du trafic passagers à travers le Tunnel

##### (a) Trafic passagers

L'Etude du nombre de passagers maritimes traversant la Manche par nationalité en relation avec le produit national du même pays (graphique 45) montre en coordonnées logarithmiques une élasticité de 2,46 pour le Royaume-Uni, 1,85 pour le Benelux, 1,60 pour la France, et 0,89 pour l'Allemagne.

Des études récentes faites par les Chemins de Fer Français ont montré que dans différents pays de l'Europe (France, Belgique, Allemagne, Suisse, etc...) l'élasticité du transport de voyageurs par train, par rapport au revenu national est voisine de 0,9. Il était donc raisonnable de supposer que l'élasticité du nombre de voyageurs traversant la Manche tendrait vers une valeur voisine de l'unité dans le futur.

Avec ces hypothèses les ingénieurs-conseils firent l'étude du trafic de voyageurs de Grande-Bretagne, de Belgique, d'Allemagne et de France, et extrapolèrent les résultats ainsi obtenus pour ce qui concernait les voyageurs des autres pays.

| Année | Coefficient<br>d'accroissement |
|-------|--------------------------------|
| 1957  | 1                              |
| 1965  | 1,419                          |
| 1966  | 1,470                          |
| 1967  | 1,521                          |
| 1968  | 1,572                          |
| 1969  | 1,624                          |
| 1970  | 1,673                          |
| 1971  | 1,723                          |
| 1972  | 1,774                          |
| 1973  | 1,826                          |
| 1974  | 1,875                          |
| 1975  | 1,924                          |
| 1976  | 1,973                          |
| 1977  | 2,020                          |
| 1978  | 2,068                          |
| 1979  | 2,111                          |
| 1980  | 2,156                          |

Il est intéressant de comparer ce résultat avec la tendance du trafic de passagers maritimes depuis 1850 que montre le graphique n° 7. Les volumes de trafic ont diminué pendant chaque crise économique importante mais ont rapidement retrouvé ensuite leur niveau précédent. Sur toute la période 1850-1957 le trafic augmenta au taux composé de 3,5% par an. Les estimations des ingénieurs-conseils sont donc prudentes car la tendance de 1920 à 1939 correspondait à un taux d'accroissement plus élevé.

(b) Part du trafic aérien susceptible d'être détourné

En 1965 la part du trafic aérien dans le trafic total entre PARIS et LONDRES est estimée à 62%. Le détournement du trafic aérien au profit du Tunnel fut obtenu à partir des volumes estimés en 1965 comme il est expliqué dans les paragraphes précédents. A partir de 1965 il fut supposé que l'accroissement de tout le trafic passagers serait le même.

## 9. ESTIMATION DU TRAFIC ET DES RECETTES

### 9.1 Tunnel Ferroviaire

#### 9.10 Tracés et coupe en travers du Tunnel Ferroviaire

9.100 Comme il est expliqué dans la partie A de ce rapport les entrées du Tunnel Ferroviaire proposé furent indiquées aux ingénieurs-conseils comme étant à l'ouest de Folkestone du côté Anglais et au voisinage du village de Withertun du côté Français.

9.101 Il a été demandé aux ingénieurs-conseils de calculer les recettes pour deux variantes de tracés sous-marins (voir planche n° 5). Quelques observations générales méritent d'être faites ici au sujet de l'influence de la longueur du Tunnel sur les recettes.

- pour les véhicules accompagnés : un accroissement de longueur du Tunnel entraîne une dépense supplémentaire du fait de l'allongement du temps de traversée pour le conducteur. La valeur monétaire équivalente étant connue pour un tracé de Tunnel donné, cette dépense supplémentaire est la même pour toutes les relations et la courbe des recettes pour tout autre Tunnel peut donc être facilement tracée à partir de la courbe connue pour un tracé donné. De plus la forme de la courbe des recettes est telle et la différence de temps entre les deux tracés sous-marins proposés est si faible (9 1/2 minutes) qu'elle n'affecte pratiquement pas l'optimum des recettes.

- pour les passagers : le même raisonnement est valable.

Par conséquent un seul tracé de Tunnel a été considéré dans cette étude.

9.102 La coupe en travers du Tunnel Ferroviaire proposé est montrée sur la planche n° 8.

#### 9.11 Capacité d'un Tunnel Ferroviaire

9.110 En utilisant les hypothèses données par le

Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche, la capacité horaire d'un Tunnel Ferroviaire par voie et par sens peut être prise égale à 1800 voitures, l'équivalent de 6 trains transportant 300 voitures par sens.

9.111 Il était donc intéressant d'estimer les volumes horaires par sens devant traverser le Tunnel en 1965 et 1980. Les résultats obtenus au cours de l'étude et concernant les caractéristiques du trafic journalier ont été utilisés comme le montre le tableau suivant.

| <u>% du trafic moyen journalier traversant la Manche en 1957</u> |  | <u>Volumes horaires de pointe exprimés en % du trafic journalier moyen et déterminés à l'aide du Highway Capacity Manual</u> |                              |                              |
|--|--|--|------------------------------|------------------------------|
| <u>Pendant le jour de pointe extrême</u>                         | <u>Pendant le 10ème jour de pointe</u> | <u>Heure de pointe extrême</u>   | <u>30ème heure de pointe</u> | <u>50ème heure de pointe</u> |
| 438 %  | 349 %                                  | 40,98 %  | 27,35 %                      | 24,4 %                       |

Appliquant les ratios ainsi trouvés, les ingénieurs-conseils trouvèrent que les volumes des heures de pointe par sens seraient de 433 véhicules en 1965, 576 en 1972 et 722 en 1980. Ces chiffres montrent que la capacité possible du Tunnel Ferroviaire projeté est bien supérieure aux volumes horaires prévus. Même aux heures de pointe il est probable que les trains ne seraient pas chargés à leur capacité maximum de 300 voitures.

#### 9.12 Temps de transport à travers le Tunnel

##### 9.120 Véhicules accompagnés

Le temps de transport moyen des véhicules à travers le Tunnel Ferroviaire (Temps utilisé dans les calculs) fut estimé en considérant dans l'ordre les différentes étapes du voyage des conducteurs : perception du péage et formalités de douane d'un côté du Tunnel, délais d'attente, temps de chargement, temps de traversée réel à travers le Tunnel, déchargement et formalités de douane de l'autre côté du Tunnel.

##### 9.1200 Perception du péage et formalités de douane

Le temps de perception du péage ne prenant

environ que 5 secondes est négligeable. Les formalités de douane du côté Français et Britannique prendraient en moyenne ..... 6 1/2 minutes (temps mesuré par les ingénieurs-conseils)

9.1201 Temps de précaution

Les ingénieurs-conseils considèrent que les horaires des trains à travers le Tunnel seront connus des voyageurs et que les conducteurs garderont le même temps de précaution avant l'heure de convocation que celui qui a été mesuré sur la meilleure ligne de car-ferry ..... 22 minutes.

9.1202 Temps de chargement

Dans la ligne des hypothèses données par le Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche le temps de chargement est estimé à 12 minutes. En fait, si aux heures de pointe la fréquence des départs des trains devrait être de 10 minutes (ou moins) des quais supplémentaires devront être utilisés ..... 12 minutes.

9.1203 Temps à travers le Tunnel

Le temps de traversée à travers le Tunnel a été calculé à partir des vitesses données comme hypothèses ..... 38 minutes.

9.1204 Temps de déchargement

Il a été supposé que le déchargement pour le véhicule moyen ne prendrait que la moitié du temps de déchargement donné dans les hypothèses ..... 4 1/2 minutes.

TOTAL : 1 heure 23 minutes.

9.121 Passagers

Les temps de transport pour les passagers étaient donnés dans les hypothèses du Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche.

9.13 Estimation du trafic et des recettes

9.130 Véhicules accompagnés (Graphique n° 1)

Les ingénieurs-conseils tracèrent la courbe montrant les volumes de trafic aussi bien détournés qu'engendrés, en fonction du péage.

Les tableaux et graphiques suivants montrent les résultats auxquels arrivèrent les ingénieurs-conseils.

#### 9.1301 Trafic détourné

La courbe n° 1 montre le trafic détourné des lignes actuelles à différents niveaux de péage. Tout le trafic des lignes, pour lesquelles le Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche demanda aux ingénieurs-conseils de supposer qu'elles seraient fermées, fut affecté au Tunnel, car le trafic non détourné au péage optimum apparaissait insuffisant pour permettre l'ouverture d'une ligne concurrente.

Les lignes pour lesquelles la fermeture fut supposée sont les suivantes :

DOUVRES - BOULOGNE  
DOUVRES - DUNKERQUE  
DOUVRES - CALAIS  
NEWHAVEN - DIEPPE

La courbe n° 2 montre que les recettes correspondant au trafic détourné présentent un maximum pour un péage de 12.000 Francs Français <sup>(1)</sup>, c'est-à-dire 10,4,3. £ ou 28,57 U.S.\$.

Cette courbe a été tracée en utilisant comme unité pour les ordonnées le trafic total multiplié par 1000 FF de manière à représenter l'importance relative des recettes et du trafic quelle que soit l'année.

Le tableau du paragraphe 9.132 ci-dessous donne les valeurs numériques.

#### 9.1302 Trafic engendré

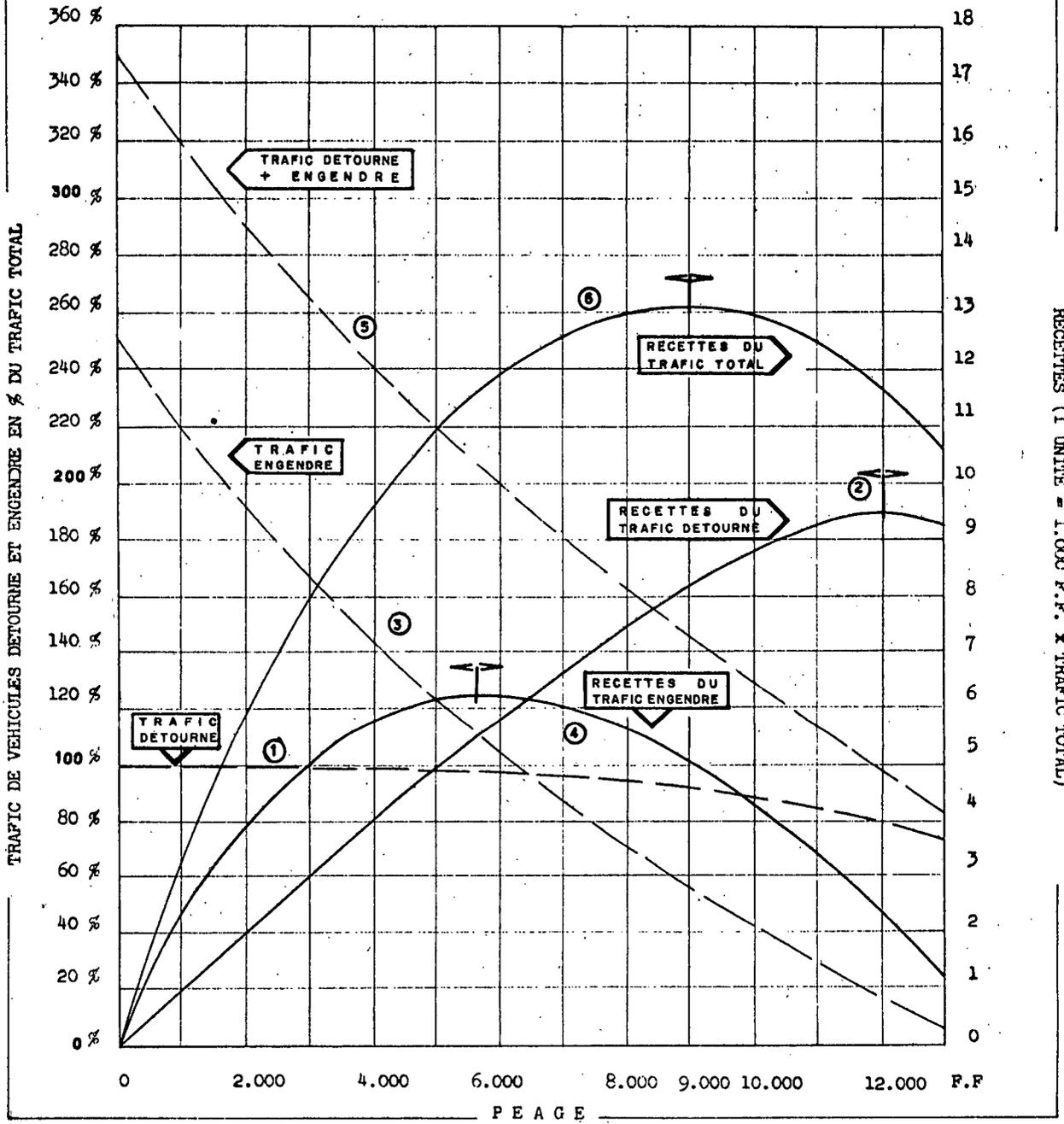
La courbe n° 3 montre pour différents niveaux de péage le trafic engendré calculé en utilisant la relation exponentielle déterminée par les ingénieurs-conseils. La valeur de ce trafic apparaît être égale à 22,7 % du trafic détourné pour un péage de 12.000 FF et croît jusqu'à 252 % du trafic détourné pour un péage égal à zéro. La courbe n° 4 montre les recettes correspondant au

1 Taux de change du Francs Français. Le taux de change dans ce rapport pour convertir les francs français en dollars U.S. (et Livres Sterling) est le taux en vigueur en 1957. En décembre 1958 le Franc a été dévalué de 17,55%. Pour tenir compte de cette dévaluation il convient d'augmenter de 17,55% tous les montants exprimés en Francs Français.

VEICULES  
ACCOMPAGNES

TRAFIC DETOURNE ET ENGENDRE ET RECETTES A DIFFERENTS NIVEAUX DE PEAGES POUR  
LE TUNNEL FERROVIAIRE

GRAPHIQUE N° 1



- LEGENDE :
- ① Trafic détourné
  - ② Recettes du trafic détourné
  - ③ Trafic engendré
  - ④ Recettes du trafic engendré
  - ⑤ Trafic détourné + engendré
  - ⑥ Recettes du trafic total

TRAFIC ENGENDRE = 100  $\left[ e^{0,00166(754,8 - \frac{\text{Péage}}{18,33})} - 1 \right]$

trafic engendré. Cette courbe présente un maximum pour un péage de 5.800 FF, c'est-à-dire 4,18,7 £ ou 13,81 U.S.\$.

9.1303 Trafic total (détourné et engendré)

La courbe n° 5 montre les volumes du trafic total à prévoir à différents niveaux de péage et la courbe n° 6, qui représente les recettes totales pour la société d'exploitation, présente un maximum pour le péage optimum de 9.000 FF<sup>1</sup> c'est-à-dire 7,13,2 £ ou 21,43 U.S.\$.

9.1304 Méthode de calculs des recettes entre 1965 et 1980

Les péages indiqués dans les paragraphes ci-dessus sont des péages pour le véhicule moyen y compris le nombre moyen d'occupants. Comme les coefficients d'extrapolation donnés dans le paragraphe 8.34 sont différents pour les différentes catégories de véhicules, les ingénieurs-conseils ont dû différencier à ce stade les péages en fonction du type de véhicules de manière à pouvoir calculer les recettes année par année. La détermination de l'échelle des péages fut basée sur l'échelle actuelle des tarifs de la ligne Douvres-Boulogne.

Le tableau suivant résume l'échelle des péages pour le péage optimum de 9.000 Francs Français.

1 Taux de Change du Franc Français. Le taux de change utilisé dans ce rapport pour convertir les francs français en dollars U.S. (et Livres Sterling) est le taux en vigueur en 1957. En décembre 1958 le Franc a été dévalué de 17,55%. Pour tenir compte de cette dévaluation il convient d'augmenter de 17,55% tous les montants exprimés en francs français.

| TYPE DE VEHICULE | OCCUPATION MOYENNE DE VEHICULES<br>Nombre | TARIF MOYEN SUR DOUVRES--BOULOGNE |                              |   | VEHICULES DE CHAQUE CATEGORIE EN % DU TRAFIC TOTAL | COUT MOYEN SUR DOUVRES--BOULOGNE<br>Francs Français | PEAGE OPTIMUM<br>Francs Français              |
|------------------|---|-----------------------------------|------------------------------|---|--|---|---|
|                  |   | PASSAGERS<br>Francs Français      | VEHICULES<br>Francs Français | PASSAGERS ET VEHICULES<br>Francs Français |  |   |   |
| 1                | 2   | 3                                 | 4                            | 5   | 6  | 7 = $\frac{(5) \times (6)}{100 (a)}$                | 8 = $\frac{(9.000) \times (5)}{(11.756) (a)}$ |

|                        |      |       |        |        |       |           |        |
|------------------------|------|-------|--------|--------|-------|-----------|--------|
| Motos                  | 1,7  | 1.546 | 1.410  | 4.038  | 8,77  | 354,13    | 3.089  |
| Voitures particulières | 3,0  | 1.546 | 7.403  | 12.041 | 89,16 | 10.735,76 | 9.211  |
| Autocars               | 24,5 | 1.546 | 27.025 | 64.902 | 0,93  | 603,59    | 49.650 |
| Caravanes + Remorques  | -    | =     | 5.481  | 5.481  | 1.14  | 62,48     | 4.193  |

PEAGE MOYEN : 11.755,96

(a) Calcul.

Les recettes furent donc calculées pour chaque catégorie de véhicules et totalisées pour chaque année. Les résultats sont indiqués au paragraphe 9.132 qui résume les recettes à espérer des péages.

9.131 Passagers

Le graphique n° 2 montre pour différents niveaux de péage la variation du trafic et des recettes tirée des données de l'enquête pour les lignes sur lesquelles des interviews ont été prises.

La courbe n° 1 montre la valeur du trafic détourné à différents niveaux de péage. La courbe n° 2 qui représente les recettes correspondantes montre un maximum pour le péage optimum de 1.900 FF<sup>1</sup>, c'est-à-dire £1.12,4 ou \$ 4,52.

Pour le calcul des recettes annuelles au péage optimum la même hypothèse que pour les véhicules accompagnés fut faite en ce qui concerne la fermeture de certains services. On a supposé la fermeture des services suivants à l'ouverture du Tunnel:

DOUVRES - DUNKERQUE

DOUVRES - BOULOGNE

DOUVRES - CALAIS

FOLKESTONE - BOULOGNE

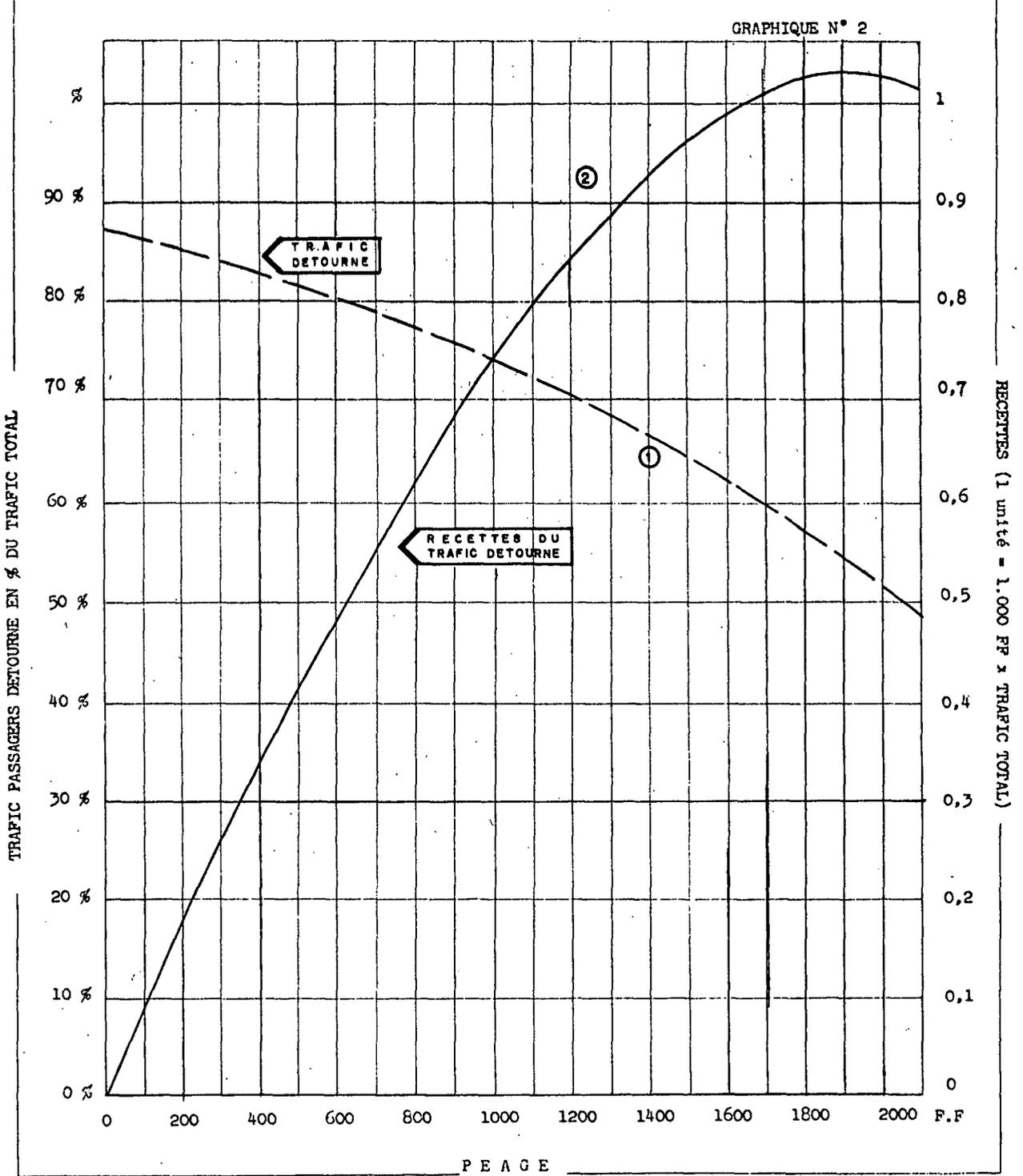
NEWHAVEN - DIEPPE

Les recettes provenant de la partie susceptible d'être détournée des routes aériennes régulières dans la zone de moins d'une heure de vol ont ensuite été ajoutées.

---

1 Taux de Change du Franc Français. Le taux de change utilisé dans ce rapport pour convertir les francs français en dollars U.S. (et Livres Sterling) est le taux en vigueur en 1957. En décembre 1958 le Franc a été dévalué de 17,55%. Pour tenir compte de cette dévaluation il convient d'augmenter de 17,55% tous les montants exprimés en francs français.

PASSAGERS TRAFIC DETOURNE ET RECETTES A DIFFERENTS NIVEAUX DE PEAGES POUR LE TUNNEL FERROVIAIRE



LEGENDE :

① Trafic détourné

② Recettes du trafic détourné

TAUX DE CHANGE DU FRANC FRANÇAIS. Le taux de change utilisé dans ce rapport pour convertir les francs français en dollars U.S. (et Livres Sterling) est le taux en vigueur en 1957. En décembre 1958 le Franc a été dévalué de 17,55%. Pour tenir compte de cette dévaluation il convient d'augmenter de 17,55 % tous les montants exprimés en francs français.

Les résultats sont donnés dans le paragraphe 9.132

9.132 Trafic total et recettes

9.1320 Les tableaux n° 1 et 2 ci-dessous montrent pour l'année de base 1957 et pour les lignes interviewées le trafic de véhicules accompagnés et de passagers détournés à différents niveaux de péage. On peut voir qu'alors que 90,45 % du trafic des véhicules accompagnés serait détourné au péage optimum, 60,98 % seulement du trafic des passagers maritimes serait détourné.

9.1321 Le calcul des recettes fut fait au péage optimum de 9.000 Francs Français pour le véhicule moyen et de 1900 Francs Français pour le passager et fut exprimé en Dollars U.S.

Le coefficient de stimulation étant de 1,606, les coefficients d'accroissement correspondants (voir paragraphe 8.304) furent utilisés et les recettes furent calculées pour chaque catégorie de véhicules.

Le tableau n° 3 donne les recettes avec l'hypothèse de la fermeture des lignes maritimes comme demandé dans les hypothèses.

TABLEAU N° 1

|                                       |   | V E H I C U L E S    A C C O M P A G N E S                                  |          |          |          |          |           |         |
|---------------------------------------|---|---|----------|----------|----------|----------|-----------|---------|
|                                       |   | T R A F I C   D E T O U R N E   A   T R A V E R S   L E   T U N N E L   (a) |          |          |          |          |           |         |
| TYPE<br>DE<br>ROUTE                   | DESIGNATION   | P E A G E   |          |          |          |          |           |         |
|                                       |   | 0   | 2.000 FF | 4.000 FF | 6.000 FF | 8.000 FF | 10.000 FF |         |
| MARI-<br>TIMES                        | Nombre de véhicules<br>détournés au profit<br>du Tunnel | 226.850   | 226.717  | 226.411  | 225.801  | 224.139  | 219.711   | 210.185 |
|                                       | % du trafic total<br>actuel                             | 99,65   | 99,60    | 99,46    | 99,20    | 98,47    | 96,52     | 93,21   |
| AERI-<br>ENNES                        | Nombre de véhicules<br>détournés au profit<br>du Tunnel | 51.011  | 49.517   | 46.932   | 42.861   | 36.316   | 26.370    | 12.390  |
|                                       | % du trafic total<br>actuel                             | 97,32   | 94,47    | 89,54    | 81,77    | 69,29    | 50,31     | 24,67   |
| MARI-<br>TIMES<br>+<br>AERI-<br>ENNES | Nombre de véhicules<br>détournés au profit<br>du Tunnel | 277.861   | 276.234  | 273.343  | 268.662  | 260.455  | 246.081   | 222.575 |
|                                       | % du trafic total<br>actuel                             | 99,22   | 98,64    | 97,61    | 95,94    | 93,01    | 87,88     | 79,49   |

(a) Avec l'hypothèse de la fermeture des lignes maritimes proches du Tunnel.

TABLEAU N° 2

| TRAFIC PASSAGERS DETOURNE A TRAVERS LE TUNNEL (LIGNES INTERVIEWERS) |   |           |           |           |           |           |           |           |           |
|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| TYPE DE ROUTE   | DESIGNATION                                       | P E A G E |           |           |           |           |           |           |           |
|   |   | 0         | 300 FF    | 600 FF    | 900 FF    | 1.200 FF  | 1.500 FF  | 1.800 FF  | 2.100 FF  |
| MARI-<br>TIMES  | Nombre de passagers détournés au profit du Tunnel | 2.616.989 | 2.534.177 | 2.438.294 | 2.326.162 | 2.197.912 | 2.056.378 | 1.893.329 | 1.495.144 |
|   | % du trafic total actuel                          | 88,69     | 85,88     | 82,63     | 78,83     | 74,49     | 69,69     | 64,16     | 48,77     |
| AERI-<br>ENNES  | Nombre de passagers détournés au profit du Tunnel | 87.836    | 83.391    | 77.574    | 70.762    | 61.554    | 51.327    | 39.629    | 24.990    |
|   | % du trafic total actuel                          | 76,00     | 72,15     | 67,12     | 61,23     | 53,26     | 44,41     | 34,29     | 21,62     |
| MARI-<br>TIMES<br>+<br>AERI-<br>ENNES                               | Nombre de passagers détournés au profit du Tunnel | 2.704.825 | 2.617.568 | 2.515.768 | 2.396.924 | 2.259.466 | 2.107.705 | 1.932.958 | 1.520.134 |
|   | % du trafic total actuel                          | 88,21     | 85,36     | 82,04     | 78,17     | 73,68     | 68,73     | 63,04     | 49,57     |

(a) Avec l'hypothèse de la fermeture des lignes maritimes proches du Tunnel.

TABLEAU N° 3

## TRAFFIC ET RECETTES - 1965 à 1980

| A N N E E     | VEHICULES              |                          | PASSAGERS              |                          | TOTAL<br>DES<br>RECETTES<br>(en U.S. \$) |
|---------------|------------------------|--------------------------|------------------------|--------------------------|--|
|               | Nombre de<br>véhicules | Recettes<br>(en U.S. \$) | Nombre de<br>passagers | Recettes<br>(en U.S. \$) |  |
| Année de Base |                        |                          |                        |                          |  |
| 1957          | 258.000                | 5.527.000                | 2.241.000              | 10.137.000               | 15.664.000                               |
| 1965          | 676.000                | 14.737.000               | 3.180.000              | 14.384.000               | 29.121.000                               |
| 1966          | 707.000                | 15.426.000               | 3.294.000              | 14.902.000               | 30.328.000                               |
| 1967          | 741.000                | 16.176.000               | 3.408.000              | 15.418.000               | 31.594.000                               |
| 1968          | 770.000                | 16.835.000               | 3.523.000              | 15.935.000               | 32.770.000                               |
| 1969          | 802.000                | 17.539.000               | 3.639.000              | 16.462.000               | 34.001.000                               |
| 1970          | 833.000                | 18.223.000               | 3.749.000              | 16.959.000               | 35.182.000                               |
| 1971          | 867.000                | 18.972.000               | 3.861.000              | 17.466.000               | 36.438.000                               |
| 1972          | 898.000                | 19.676.000               | 3.975.000              | 17.983.000               | 37.659.000                               |
| 1973          | 931.000                | 20.391.000               | 4.092.000              | 18.510.000               | 38.901.000                               |
| 1974          | 961.000                | 21.059.000               | 4.202.000              | 19.007.000               | 40.066.000                               |
| 1975          | 990.000                | 21.697.000               | 4.311.000              | 19.503.000               | 41.200.000                               |
| 1976          | 1.018.000              | 22.330.000               | 4.421.000              | 20.000.000               | 42.330.000                               |
| 1977          | 1.046.000              | 22.942.000               | 4.526.000              | 20.477.000               | 43.419.000                               |
| 1978          | 1.070.000              | 23.474.000               | 4.634.000              | 20.963.000               | 44.437.000                               |
| 1979          | 1.100.000              | 24.145.000               | 4.730.000              | 21.399.000               | 45.544.000                               |
| 1980          | 1.127.000              | 24.737.000               | 4.831.000              | 21.855.000               | 46.592.000                               |

NOTE : Tous les chiffres sont arrondis au millier le plus proche.

## 9.2 Tunnel Routier

### 9.20 Hypothèse de base

Si un Tunnel Routier était construit, il est considéré comme probable que les lignes maritimes des Chemins de Fer Français et Britanniques continueraient à être exploitées.

### 9.21 Tracés et coupe en travers

L'observation générale faite au paragraphe 9.101 est également valable pour un Tunnel Routier.

Les recettes ne varient pas de manière sensible entre les deux tracés de Tunnel du fait de la forme de la courbe des recettes totales. Tout accroissement de la longueur du Tunnel peut être facilement transformé en termes de recettes. Il lui correspond en effet un accroissement du coût identique pour toutes les relations.

La coupe en travers du Tunnel Routier proposé est montrée sur la planche n° 8.

### 9.22 Détournement du trafic comparé à celui d'un Tunnel Ferroviaire.

#### 9.220 Véhicules accompagnés

Comme il est expliqué au paragraphe 8.2 les mêmes courbes d'affectation que pour le Tunnel Ferroviaire sont valables. La différence de coût du voyage due au fait que les conducteurs conduisent à travers le Tunnel n'affecte pas sensiblement le montant des recettes. En effet, si on considère le tracé entre Withertun et Folkestone le bilan entre les gains de temps et les autres coûts d'exploitation des véhicules est le suivant :

|   |   |        |
|---|---|--------|
| Gain de temps : 0,3 heures                                    | = | 150 FF |
| Coût supplémentaire d'exploitation de la voiture : 56 km x 10 | = | 560 FF |
| Coût supplémentaire pour l'utilisateur du Tunnel Routier      | = | 410 FF |

Les recettes provenant des véhicules accompagnés peuvent être considérées comme étant pratiquement les mêmes à condition que la capacité pratique du Tunnel Routier soit suffisante pour écouler les volumes prévus des heures de pointe. Ce point

sera examiné en 9.23 après le paragraphe consacré au détournement des passagers.

9.221 Passagers

9.2210 Les passagers maritimes auraient le choix entre l'utilisation des moyens de transports actuels à travers la Manche ou l'utilisation d'autocars traversant le Tunnel, soit directement depuis leur origine jusqu'à leur destination, par exemple Londres et Paris, soit entre les terminus ferroviaires du Tunnel de chaque côté de la Manche. Les ingénieurs-conseils considèrent que c'est là un problème très théorique mais ils devaient l'étudier pour se conformer aux termes du contrat.

9.2211 Après divers interviews de spécialistes d'autocars il fut supposé que le tarif de transport des passagers par autocar serait pratiquement le même que le tarif moyen actuel des passagers trains. Le trafic passagers détourné au profit du Tunnel Routier fut estimé par trois méthodes différentes explicitées ci-dessous.

9.22110 Passagers utilisant les autocars entre les terminus ferroviaires pour traverser la Manche

Les calculs qui suivent furent faits pour la ligne Douvres-Calais.

Le temps de transport par autocar entre les terminus ferroviaires du Tunnel y compris le temps d'attente (le même que pour les passagers maritimes) le temps de parcours sur le Continent et en Angleterre et le temps de traversée dans le Tunnel seraient de l'ordre de 3 heures. Si on compare ce chiffre avec le temps total à travers le Tunnel ferroviaire qui est de 0,7 heure, l'application de la formule de l'Air Research Bureau conduit à une réduction du détournement de 42 % par rapport au détournement du Tunnel Ferroviaire.

9.22111 Passagers utilisant les autocars sur des relations directes

Le temps de transport des passagers par autocar sur des relations directes fut estimé sur la base d'une

vitesse de 31 miles par heure, en ajoutant 20 minutes pour les formalités de douane. Les désavantages subjectifs du Tunnel Routier par rapport au Tunnel Ferroviaire, par exemple le confort, n'ont pas été pris en considération. L'application de la formule de l'Air Research Bureau conduit aux résultats suivants :

|                   | <u>Durée du voyage par les moyens actuels</u> | <u>Durée du voyage par un TUNNEL FERROVIAIRE (Hypothèses du Groupe-ment d'Etudes)</u> | <u>Durée du voyage par un TUNNEL ROUTIER</u> | <u>Réduction en % du détournement par un Tunnel Routier comparé au détournement par un Tunnel Ferroviaire</u> |
|-------------------|---|---|--|---|
| LONDRES-PARIS     | 8 h.00  | 4 h.20  | 9 h.00                                       | 28  |
| LONDRES-BRUXELLES | 8 h.00  | 4 h.50  | 8 h.30                                       | 23  |
| LONDRES-AMSTERDAM | 11 h.30                                       | 7 h.40  | 13 h.10                                      | 23  |

9.22112 Utilisation des courbes d'affectation du Tunnel Ferroviaire

En utilisant les courbes d'affectation du Tunnel Ferroviaire, il fut possible d'estimer directement la réduction du trafic passagers utilisant le Tunnel Routier comparé au Tunnel ferroviaire. Cette réduction relative fut trouvée de l'ordre de 25 %. En définitive la réduction du trafic passagers à travers le Tunnel Routier par rapport au Tunnel Ferroviaire fut estimée à 25 %.

9.23 Capacité du Tunnel Routier

9.230 En utilisant les ratios de base caractéristiques du trafic de véhicules accompagnés indiqués par le paragraphe 9.11 et tenant compte du nombre d'autocars nécessaires pour transporter le trafic des passagers détournés, les ingénieurs-conseils furent à même d'estimer le nombre d'heures pendant lesquelles le Tunnel Routier serait utilisé au-delà de sa capacité pratique.

9.231 Pour ce calcul, il fut supposé que l'occupation des autocars serait de 36 passagers à l'heure de pointe et que le nombre de véhicules serait celui traversant le Tunnel au péage optimum.

9.232 Avec ces hypothèses, le nombre d'heures pendant lesquelles le Tunnel Routier serait utilisé au-delà de sa capacité pratique ne serait que de 1 en 1974 et 1975, 2 en 1976, 3 en 1977, 4 en 1978, 5 en 1979 et 6 en 1980. Si l'on se souvient que la 30ème heure de pointe est utilisée comme heure de base pour les projets cela signifie que du point de vue

de la capacité le projet du Tunnel serait satisfaisant.

9.24 Estimation du trafic et des recettes

Les estimations du trafic et des recettes ont ainsi été déduites et sont résumées dans le tableau suivant qui tient compte du fait que les lignes du pool ne seraient pas fermées (lignes exploitées par les Chemins de Fer Français et Britanniques).

| <u>ANNEE</u> | <u>VEHICULES</u> |                                       | <u>PASSAGERS</u> |                                       | <u>TOTAL</u>                          |
|--------------|------------------|---------------------------------------|------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
|              | <u>Nombre</u>    | <u>Recettes</u><br><u>(en U.S.\$)</u> | <u>Nombre</u>    | <u>Recettes</u><br><u>(en U.S.\$)</u> | <u>RECETTES</u><br><u>(en U.S.\$)</u> |
| 1965         | 645,000          | 14.071.000                            | 2.161.000        | 9.777.000                             | 23.848.000                            |
| 1980         | 1,076.000        | 23.619.000                            | 3.284.000        | 14.855.000                            | 38.474.000                            |

Le grand nombre de véhicules affectés au Tunnel Routier est dû au fait que le péage optimum de 9.000 FF représente une réduction de plus de 25% par rapport à la ligne actuelle la plus économique. Le trafic qui resterait après l'ouverture du Tunnel sur les lignes du pool Douvres-Boulogne, Douvres-Dunkerque, Douvres-Calais et Newhaven-Dieppe serait au péage optimum de l'ordre de 7 % de leur trafic en 1957.