



Tunnel sous la Manche

Proposition commune
des Chemins de Fer Français et Britanniques

CDAT
1782 A

Avril 1981

Observatoire Economique
et Statistique des Transports

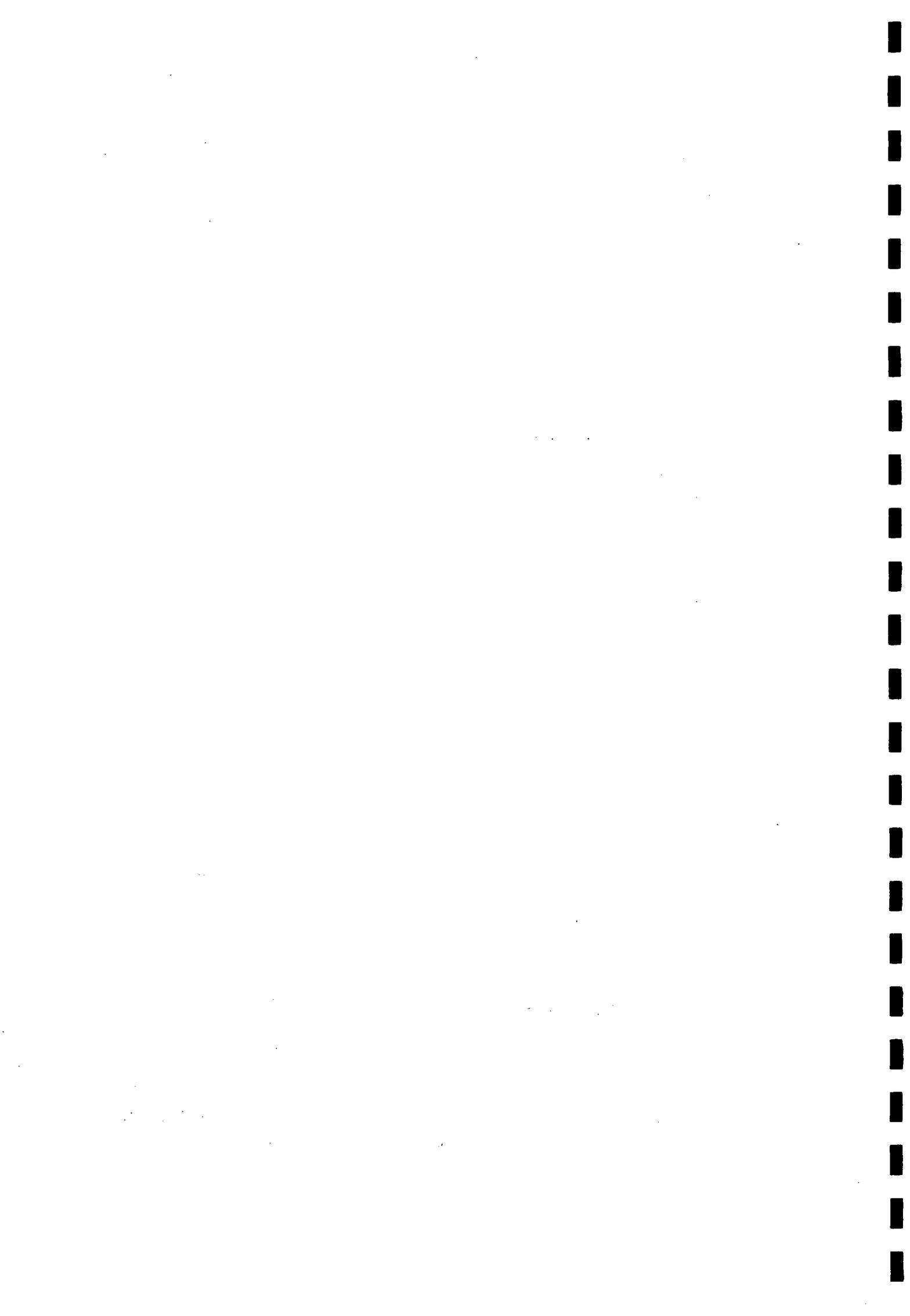
DOCUMENTATION

Réf. n°

CDAT
1782 A

Tunnel sous la Manche

proposition commune de la SNCF et des BR



Plan

- 1 Introduction.
- 2 Présentation du projet.
 - 2.1. Les segments de marché visés.
 - 2.2. L'offre de transport.
 - 2.3. Les grandes lignes du dispositif envisagé.
- 3 Description du projet.
 - 3.1. Le marché.
 - 3.2. Le mouvement.
 - 3.3. Les installations fixes.
- 4 Bilan économique du tunnel.
- 5 Caractéristiques complémentaires du projet.
- 6 Conclusion.

Annexe 1 - Exemple de service possible à l'ouverture du tunnel.

Annexe 2 - Installations :

- 2 A : Schéma de principe.
- 2 B : Plan et profil en long.
- 2 C : Section transversale.

Annexe 3 - Bilan :

- 3 A : Aperçu des méthodes utilisées pour le calcul du bilan économique.
- 3 B : Recettes, dépenses en capital, coûts d'exploitation et soldes annuels.
- 3 C : Courbe de l'évolution des bénéfices actualisés.



1 - INTRODUCTION

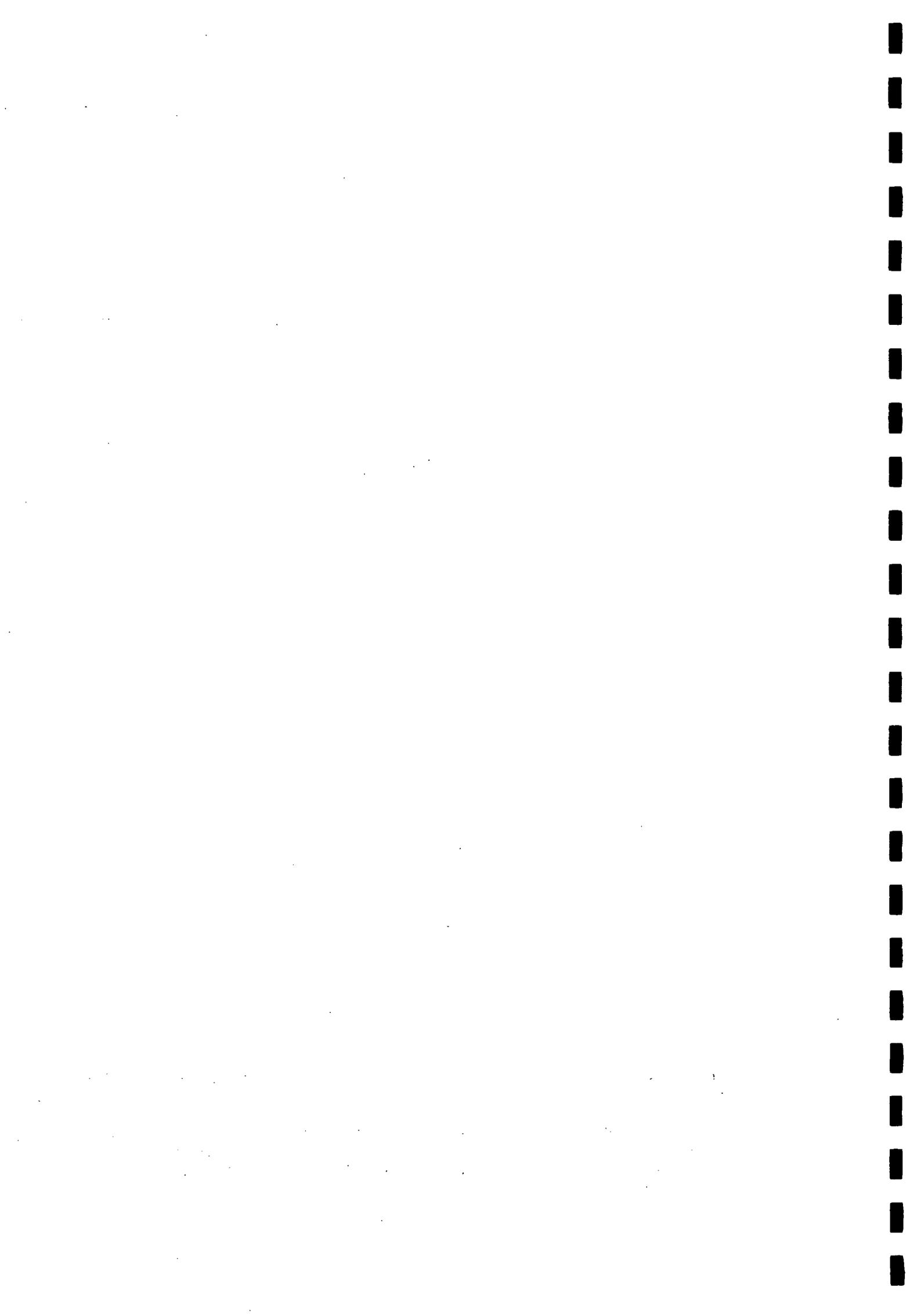
1.1. Le présent rapport établi en commun par la SNCF et les BR a pour objet de présenter un projet de construction et d'exploitation d'un tunnel ferroviaire à voie unique réalisant une liaison fixe entre leurs deux réseaux, qui seront dès lors reliés entre eux comme le sont les autres réseaux européens. Il montrera qu'il s'agit d'un projet qui, à partir d'une amélioration notable des services voyageurs et marchandises entre la Grande-Bretagne et le Continent, dégagera un intérêt économique satisfaisant tout en limitant l'importance des investissements à engager.

1.2. La SNCB a été associée aux études des problèmes soulevés par le trafic avec la Belgique. Elle partage, pour ce qui la concerne, les conclusions du rapport.

1.3. Les conclusions de l'étude sont basées sur les hypothèses qui paraissent actuellement les plus probables. Il va de soi qu'en fonction des évolutions constatées, ces hypothèses pourront, d'un commun accord, être adaptées notamment en ce qui concerne l'exploitation, mais cette adaptation ne devrait pas remettre en cause la viabilité du projet.

1.4. La création d'une liaison fixe entre la SNCF et les BR pose, d'une part, des problèmes communs aux deux entreprises (construction et équipement du tunnel, installations associées, exploitation de l'ouvrage) et d'autre part, des problèmes propres à chacune d'elles (exécution du service dans son domaine, rentabilité pour l'entreprise compte tenu des conséquences sur ses services terrestres et sur son armement maritime transmanche).

Ce rapport ne traite que des problèmes communs aux deux entreprises. Il est établi aux conditions économiques de juillet 1979 et pour un taux de change de 1 £ = 9 FF.



2 - PRESENTATION DU PROJET

2.1. Les segments de marché visés

Les segments de marché envisagés sont les suivants :

- **voyageurs** : essentiellement voyages à moyenne et longue distances avec offre complémentaire de places couchées et d'automobiles accompagnées ;
- **marchandises** : transports à moyenne et longue distances en wagons ou en conteneurs par wagons isolés ou trains complets ;
- **messageries** : transport de colis.

Le trafic des "navettes routières transmanche" (acheminements limités à la traversée de la Manche pour les voitures automobiles avec leurs passagers et les véhicules de transport routier de marchandises avec ou sans conducteur) n'est pas envisagé ; il continuera à être acheminé par les moyens actuels.

2.2. L'offre de transport

2.2.1. L'offre voyageurs

L'essentiel de l'offre reposera sur l'organisation d'un service étoffé sur Londres - Paris et Londres - Lille - Bruxelles et Gand. Toute la partie régulière du service sera assurée de bout en bout, sans transbordement, avec un parc de matériel spécialement construit au gabarit BR. Ces matériels assureront l'intégralité des services pendant les trois quarts de l'année. En revanche, les services de pointe seront assurés en partie par ce matériel, notamment par son utilisation dans des services de nuit, en partie par du matériel non spécialisé nécessitant un transbordement à l'une des extrémités du tunnel.

Par ailleurs, pour répondre à des demandes spécifiques, sous réserve qu'elles aient une importance et une constance suffisantes, des services complémentaires pourront, d'un commun accord, être mis en place.

2.2.2. L'offre marchandises

L'offre marchandises répondra à la variété des demandes dans les conditions ci-après :

- unités de charge importantes : transport en wagons ou conteneurs par rames ou trains entiers ;
- unités de charge moyennes : transport soit en wagons complets soit en conteneurs.

2.2.3. L'offre messageries

Transport des colis normalement par fourgons des trains de voyageurs et éventuellement par le service des marchandises.

2.2.4. Tous ces services, voyageurs, marchandises et messageries, respecteront un haut niveau de prestations définies en commun : vitesse, régularité, confort, durée du voyage ou des acheminements, correspondance avec les services intérieurs, rail et route, etc.

2.3. Les grandes lignes du dispositif envisagé

2.3.1. *Installations fixes*

Ces installations comprendront :

- un tunnel à voie unique à gabarit UIC (B), électrifié en 25.000 V reliant Beussingue près de Calais en France à Holywell près de Folkestone en Grande-Bretagne ;
- une galerie de service parallèle au tunnel et reliée à ce dernier par des rameaux régulièrement espacés ;
- les installations associées nécessaires à l'exploitation et à l'entretien du tunnel.

2.3.2. *Matériels roulants*

Ces matériels comprendront :

- pour les acheminements directs, des matériels spécialisés devant satisfaire à des normes définies en commun ;
- pour les acheminements avec transbordement, des matériels appartenant au parc de chaque réseau, choisis sous sa responsabilité et possédant, dans toute la mesure du possible, les mêmes équipements que le matériel spécialisé.

3 - DESCRIPTION DU PROJET

3.1. Le marché

3.1.1. Généralités

Globalement au cours de la dernière décennie le marché transmanche a été marqué par une forte croissance qui a beaucoup plus profité à l'aviation et à la route qu'au rail. Ceci est dû au fait que le rail supporte, pour ces trafics, un handicap fondamental résultant du transbordement rail-bateau pour la traversée de la Manche.

Une liaison fixe assurant la continuité des acheminements ferroviaires permettra d'offrir aussi bien aux voyageurs qu'aux marchandises, des services de haute qualité à des prix compétitifs. De ce fait, la part du rail dans la relation Grande-Bretagne - Continent s'améliorera nettement.

3.1.2. Prévisions de trafic voyageurs

Sur la base des caractéristiques du service offert indiquées en 3.2.3.1., les prévisions du trafic voyageurs du tunnel se situent dans la fourchette 6,2 à 7 millions de voyageurs pour l'année 1990. Par prudence, le rapport est établi dans l'hypothèse 6,2 millions en 1990 et 7,9 en 2000. Ces prévisions sont basées sur un prix moyen de 170 FF de Londres à Paris ou Bruxelles.

3.1.3. Prévisions de trafic marchandises

Sur la base des caractéristiques du service offert indiquées en 3.2.3.2., les prévisions de trafic sont, pour le régime établi, de 5,1 millions de tonnes en 1990 et 6,1 millions de tonnes en 2000. Ces prévisions sont basées sur un péage de traversée de 80 FF/tonne pour les marchandises ordinaires transportées en wagons isolés.

En fait, le trafic n'atteindra pas dès l'ouverture du tunnel le niveau correspondant à ces prévisions ; les tonnages des deux premières années pris en considération pour les études économiques ont été ajustés en conséquence.

Par ailleurs, ces évaluations ne tiennent pas compte des trafics entre le Nord de l'Europe et l'Est de la Grande-Bretagne (ligne Zeebrugge - Harwich).

3.1.4. Prévisions pour le trafic des messageries

Les réseaux transportent actuellement une très faible part de ce trafic dont la plus grande partie est acheminée par groupage, camion et de plus en plus par air. Grâce à l'acheminement direct, les réseaux seront en mesure de prendre une part importante de ce marché en assurant une grande partie du transport par train de voyageurs. Le trafic prévu est de 4.300 tonnes en 1990 et 12.900 tonnes en 2000.

3.2. Le mouvement

3.2.1. Généralités

Le mouvement sera organisé pour assurer l'offre définie en 2.2., compte tenu des contraintes inhérentes à l'exploitation d'un tunnel à voie unique de grande longueur, 50 km, et de celles résultant des différences techniques des deux réseaux (gabarits, systèmes de traction, modes d'exploitation).

3.2.2. *Les solutions retenues*

3.2.2.1. *Organisation de la circulation*

La circulation se fera par batteries alternées, en principe batteries de dix trains espacés en moyenne de 5 minutes. Un cycle complet, passage d'une batterie dans un sens puis d'une autre batterie dans l'autre sens, durera 3 heures. Bien entendu, cette organisation pourra être adaptée à chaque époque à l'évolution des besoins réels.

Les trains, voyageurs ou marchandises, traverseront le tunnel en un peu plus d'une demi-heure, la vitesse maximale autorisée étant de 120 km/heure. Dans le but d'utiliser au mieux la capacité du tunnel, tous les trains auront des marches identiques ; toutefois les premiers trains de chaque rafale pourront circuler plus rapidement.

Dans ces conditions, le tunnel sera capable d'assurer avec une très bonne qualité de service la circulation de 120 trains par jour, les deux sens réunis, compte tenu d'un arrêt de circulation de 6 heures pendant la nuit. Ce temps réservé à l'entretien du tunnel pourra d'ailleurs être revu en fonction de l'expérience acquise.

Le contrôle de la circulation sera assuré par deux postes de commandement situés de part et d'autre du tunnel et travaillant en parfaite coordination. Chaque poste de commandement sera responsable des circulations se dirigeant vers lui.

3.2.2.2. *La sécurité*

Pour tenir compte des conditions particulières d'exploitation (long tunnel sous-marin à voie unique) et bien que la circulation ferroviaire atteigne un très haut niveau de sécurité, des dispositions supplémentaires visant à réduire, autant que faire se peut, les causes potentielles et les conséquences des accidents, ont été retenues.

Ainsi :

- les matières particulièrement dangereuses (inflammables ou toxiques) ne seront pas transportées ;
- les engins moteurs seront munis d'un dispositif de contrôle de vitesse ;
- des détecteurs d'anomalies seront installés (défectuosités des organes de roulement, présence de fumées...) ;
- les engins de traction, les voitures et les équipements des installations fixes présenteront de hautes qualités de résistance au feu et de non toxicité des gaz éventuellement émis ;
- les trains de voyageurs seront équipés pour permettre la conduite en réversibilité ; les trains de marchandises seront lors de la traversée du tunnel, systématiquement pourvus d'une machine à chaque extrémité ;
- une organisation permettra, en cas de nécessité grâce à cette réversibilité des trains et à la formation spéciale donnée aux agents, d'évacuer en général en moins de 90 minutes les voyageurs et le personnel, au besoin après les avoir mis rapidement en sécurité dans la galerie de service.

Les réseaux devront obtenir l'accord des autorités gouvernementales dont ils dépendent.

3.2.2.3. *La continuité des acheminements*

Il y avait une difficulté sérieuse à vaincre pour assurer la continuité des acheminements entre la Grande-Bretagne et le Continent, le gabarit des BR étant plus petit que celui de l'UIC.

Pour résoudre ce problème d'une façon acceptable pour les deux parties, il faut, d'une part, éviter aux BR les lourdes dépenses d'investissement qu'exigerait la mise de

certaines lignes au gabarit UIC et, d'autre part, à la SNCF, à la SNCB et aux BR, d'investir au-delà du strict nécessaire dans un parc de matériel remorqué particulier (à gabarit BR).

En conséquence, le parc de matériel remorqué particulier sera limité au niveau nécessaire pour assurer un certain volume d'acheminements directs ; une partie des services voyageurs de pointe et le trafic des conteneurs "diffus" seront assurés avec transbordement.

3.2.2.4. *Traction*

Le rapport est établi sur les bases suivantes : les trains de voyageurs seront remorqués dans le tunnel 50 % par des locomotives assurant le trafic sur les voies des BR (CC 675 V/25000 V) et 50 % par des locomotives assurant le trafic sur les voies SNCF (25000 V ou 25000 V/3000 V) ; les échanges de locomotives s'effectueront respectivement à Frethun (près de Calais) et Saltwood (près de Folkestone).

Les trains de marchandises seront remorqués dans le tunnel, en principe par des locomotives mono-courant (25000 V).

Par ailleurs, et afin de ne pas rejeter à priori une solution qui pourrait se révéler techniquement et économiquement acceptable, des études seront conduites en vue d'examiner s'il est possible de mettre au point une locomotive bi-courant (675 V/25000 V) que les BR pour leur part, la SNCF pour la sienne, accepteraient de faire circuler sur leurs voies, la vitesse maximale prévue sur les lignes SNCF concernées devant être de 200 km/h. Dans un tel cas, le changement de locomotives des trains de voyageurs ne serait pas systématiquement nécessaire entre Londres et Paris ou Lille.

3.2.2.5. *Personnel des trains*

Dans toute la mesure du possible, les heures d'utilisation des personnels équipant les trains dans le tunnel seront partagées moitié-moitié entre la SNCF et les BR pour chaque catégorie de personnel et de train.

3.2.3. *Le Service offert*

Le tunnel à voie unique permettra dès son ouverture, comme indiqué en 3.2.2.1., de faire circuler, pour les deux sens réunis, 120 trains par jour. L'étude actuelle de marketing fait prévoir un nombre sensiblement équivalent de trains de voyageurs et de marchandises. C'est sur cette répartition que le service ci-après a été élaboré.

3.2.3.1. *Service voyageurs*

L'essentiel du service sera assuré sur les axes Londres-Paris et Londres-Bruxelles ou Gand. Ses caractéristiques seront les suivantes :

- les gares terminus seront : en Grande-Bretagne, Londres Victoria et une gare de la West London Line ; en France, Paris-Nord ; en Belgique, Bruxelles-Midi et Gand. Bien entendu, les centres importants situés sur ces axes et tout particulièrement Lille seront desservis ;
- les trains seront composés avec du matériel moderne, les trains directs l'étant avec le matériel à gabarit BR spécialement construit ;
- les temps de parcours seront pour les trains directs d'environ 4 h 30 sur Paris-Londres, 3 h sur Lille-Londres et 4 h 15 sur Bruxelles-Londres ; pour les trains avec transbordement un temps légèrement supérieur est à prévoir ;
- les trains directs auront une capacité d'environ 550 places assises pour ceux reçus et expédiés de Victoria et 950 places pour ceux de la gare située sur la West London Line. La desserte, un jour ordinaire de semaine, comprendra à l'ouverture en prin-

- cipe 10 aller-retour sur Londres-Paris et 10 sur Londres-Lille-Bruxelles ;
- les premiers départs, en heures locales, auront lieu vers 7 h ou 8 h et les derniers retours entre 22 h et 24 h. Ces horaires donneront ainsi la possibilité sur l'une quelconque des liaisons Londres-Paris ou Londres-Bruxelles de faire un aller-retour dans la journée tout en passant environ sept heures dans la capitale où l'on se rend.

A titre indicatif, le tableau horaire joint en annexe 1 donne en exemple un service de base possible à l'ouverture du tunnel.

Par ailleurs, des services complémentaires, en matériel UIC, seront offerts au départ de Saltwood :

- deux trains dits "de nuit", par sens, à toute époque de l'année ;
- un service de trains auto-couchettes.

Enfin, des services de nuit en matériel à places couchées à gabarit BR sont envisagés entre Londres et certaines destinations plus lointaines que Paris et Bruxelles.

Chaque réseau s'engage à prendre, dans son domaine, les mesures nécessaires et en particulier à proposer les investissements utiles, pour offrir un service permettant d'atteindre le trafic pris en considération dans le bilan économique.

3.2.3.2. *Service marchandises*

Le trafic marchandise se fera soit en wagons, soit en conteneurs chargés sur wagons ; à l'ouverture du tunnel, ces deux techniques devraient se répartir à peu près également l'ensemble des tonnages.

Leur acheminement par le tunnel sera assuré par des trains dont la charge pourra atteindre 1350 tonnes. Pour marier les systèmes d'exploitation marchandises des BR et de la SNCF, tant pour les trains complets que pour les wagons isolés, deux modes d'acheminement seront utilisés : acheminements directs à l'aide de wagons pouvant circuler sur les deux réseaux ; acheminements avec transbordement d'un wagon d'un réseau sur un wagon de l'autre réseau des conteneurs constituant des trafics diffus ou des trafics concentrés mais à flux mal équilibrés.

Par ailleurs, en vue d'assurer dans les meilleures conditions possibles le trafic des conteneurs en provenance ou à destination, d'une part, du Sud-Est de la Grande-Bretagne et, d'autre part, du Nord de la France, des chantiers de transbordement de conteneurs entre wagons et engins routiers seront installés à Cheriton près de Folkestone et à Lille.

3.2.3.3. *La continuité des acheminements* permettra d'organiser les plans de transport en fonction des courants de trafic avec une qualité de service comparable à celle d'acheminements purement terrestres, tant sur le plan de la rapidité que de la régularité.

3.3. Les installations fixes

3.3.1. *Ces installations* (voir Annexe 2) ont fait l'objet d'études très poussées compte tenu de l'importance des problèmes techniques et financiers qu'elles posaient. Ces études ont été menées par les services spécialisés de la SNCF et des BR avec l'aide de consultants, SITUMER et le CETU en France, MOTT, HAY and ANDERSON en Grande-Bretagne. Elles ont fait l'objet d'un rapport très détaillé dont les principales conclusions sont résumées ci-après.

3.3.2. *Le tunnel et sa galerie de service*

3.3.2.1. *Les ouvrages proprement dits*

Le tunnel à voie unique aura un diamètre utile de 5,72 m ; il sera capable du gabarit UIC B en traction électrique 25000 V. La galerie de service qui lui sera parallèle aura un diamètre de 4,50 m. Tunnel et galerie de service seront reliés tous les 500 m par des rameaux de 4 m de diamètre, munis de portes. Cette galerie a pour objet de réduire le délai de construction de l'ensemble, de faciliter l'exploitation et l'entretien du tunnel et d'assurer, en cas d'accident, la sauvegarde et l'évacuation des voyageurs.

La réalisation de ces ouvrages utilisera des techniques éprouvées et bien adaptées à la nature des terrains traversés : forage par tunnelier et pose immédiate de voussoirs préfabriqués. Leurs tracés en plan et leurs profils en long seront sensiblement identiques à ceux retenus pour le projet abandonné en 1975. La pente maximale sera de 11 ‰ et les rayons des courbes ne seront pas inférieurs à 4200 m. La voie sera compatible avec une vitesse maximale de 160 km/heure.

Le tunnel comportera sur toute sa longueur un trottoir latéral d'au moins 0,795 m de largeur afin de permettre la circulation piétonnière des équipes d'entretien et le cas échéant l'évacuation des voyageurs vers la galerie de service.

3.3.2.2. *Les équipements non ferroviaires*

Ils ont pour but d'assurer l'évacuation des eaux d'exhaure, l'aéragé, l'éclairage et la mise à disposition de moyens de lutte contre l'incendie.

Eaux d'exhaure - Les eaux d'infiltration seront recueillies dans des caniveaux et amenées dans quatre stations de pompage d'où elles seront refoulées en surface. Pour assurer la sécurité de cette fonction, les conduites de refoulement seront doublées (une dans le tunnel, une dans la galerie).

Aéragé - L'apport d'air frais sera assuré par soufflage à partir des deux extrémités de la galerie de service qui servira de conduit, sa répartition dans le tunnel s'effectuant à travers des grilles anti-retour disposées sur les portes des rameaux. La galerie de service sera maintenue en surpression par rapport au tunnel, ce qui empêchera les fumées d'y pénétrer en cas d'incendie dans un convoi. De plus, il sera possible d'envoyer directement dans le tunnel d'importantes quantités d'air pour accélérer l'évacuation des fumées qui pourraient s'y trouver.

Par ailleurs, la circulation des trains provoquera des effets dits de "pistonement" caractérisés par des vitesses et des pressions d'air relativement importantes ainsi que des dégagements de chaleur. Des essais en vraie grandeur ont montré que les effets aérodynamiques et thermiques qui en résulteront resteront dans des limites acceptables.

Eclairage - Dans le tunnel et la galerie existeront, au droit de chaque rameau, des éclairages de repérage fonctionnant en permanence. En outre, des éclairages complémentaires pourront être mis en service par zone, localement ou depuis le poste central, en fonction des besoins (entretien, évacuation des voyageurs).

Toutes ces installations pourront être alimentées par des groupes électrogènes de secours.

Lutte contre l'incendie - Une conduite d'eau, située dans la galerie de service, est prévue pour la lutte contre l'incendie. Des détecteurs de fumées seront répartis dans les ouvrages. De plus, outre les extincteurs manuels, des extincteurs automatiques sont prévus pour les installations haute tension.

3.3.2.3. Les équipements ferroviaires dans le tunnel

La voie - La voie sera constituée de longs rails soudés. Chaque réseau adoptera sur son domaine les dispositions qu'il a mises au point pour les tunnels.

La signalisation - Une signalisation à 4 aspects sera mise en place pour chaque sens de circulation. Elle pourra autoriser un intervalle descendant en cas de besoin à 2 mn entre deux circulations à 120 km/heure. Par ailleurs, pour faciliter l'évacuation à contresens de trains engagés dans le tunnel, elle pourra être inversée sur les sections intéressées.

La détection des incidents - Sont prévus :

- aux approches du tunnel, des détecteurs de boîtes chaudes et de déraillement,
- dans le tunnel, des détecteurs de freins serrés.

Les télécommunications - Outre les liaisons reliant les deux réseaux, des téléphones installés dans chaque rameau et des prises pour des téléphones portables régulièrement réparties, permettront d'entrer en liaison avec les postes de commandement.

En outre, des liaisons radio par câbles rayonnants sont prévues entre les postes de commandement d'une part, les convois et le personnel d'entretien d'autre part. Enfin, des systèmes d'information par haut-parleurs, entre postes de commandement, rameaux et galerie de service, seront mis en place pour faciliter la tâche des postes de commandement en cas d'opérations d'évacuation.

Les installations de traction électrique - La caténaire alimentée en 25000 V sera électriquement séparée en deux parties, au point frontière, entre les Etats, par une section neutre pouvant éventuellement être shuntée. Chaque partie, réalisée suivant la technique de chaque réseau, sera normalement alimentée depuis l'extrémité correspondante du tunnel, étant entendu que l'ensemble des installations pourrait, si nécessaire, être alimenté par un seul côté.

3.3.3. Les chantiers associés

Les chantiers associés comprendront :

- les installations nécessaires pour assurer l'exploitation du tunnel ;
- les installations d'interfaces nécessaires pour pallier les différences techniques des deux réseaux ;
- des installations de commercialisation.

3.3.4. Délais d'exécution

La durée globale des travaux, à partir de la date de décision ferme de réaliser l'ouvrage, est estimée approximativement à 7 ans.

3.3.5. Coût des travaux

Le tableau ci-dessous donne les coûts des travaux aux conditions économiques de juillet 1979 et pour le taux de change convenu de 1 £ = 9 FF.

Tunnel proprement dit $\frac{1}{3} = 1F$	5.621 MF
Chantiers associés	{ en Grande-Bretagne	656 MF
	{ en France	399 MF
Total :		6.676 MF

4 - BILAN ECONOMIQUE DU TUNNEL ET DES CHANTIERS ASSOCIES

4.1. **L'objet de ce bilan** est d'estimer l'intérêt économique de l'opération "tunnel" dans l'intégralité de sa fonction de traversée de la Manche, englobant la mise en place de l'infrastructure et l'exécution du transport.

Cet intérêt économique est apprécié à l'aide d'un bilan actualisé donnant le taux de rentabilité interne de l'opération, calculé à partir des péages voyageurs et marchandises dont l'ensemble forme les recettes "tunnel" et de la somme de toutes les dépenses d'investissement et d'exploitation.

4.2. Méthode utilisée pour le bilan

Le bilan couvre une période de 30 années, de 1982 (date envisagée pour le début des travaux) à 2011, la mise en service du tunnel étant envisagée en 1989. Tous les bénéfices sont actualisés en 1979; le bilan tient compte en outre de l'effet résiduel, c'est-à-dire de la valeur d'usage du tunnel après 2011.

Toutes les évaluations sont établies aux conditions économiques du 1/7/79, le taux de conversion des monnaies étant fixé conventionnellement à $1 \text{ £} = 9 \text{ FF}$.

La méthode utilisée est détaillée dans l'annexe 3 A.

4.3. Eléments pris en compte

En recettes :

- les recettes correspondant aux péages voyageurs, marchandises et messageries.

En dépenses :

- les dépenses d'investissement d'installations fixes (tunnel, équipements et installations associées),
- les dépenses d'investissement de matériel roulant, pour la quote-part correspondant à leur utilisation dans le tunnel,
- les coûts d'exploitation et d'entretien du tunnel, de ses équipements et des installations associées,
- les coûts d'exploitation des circulations des trains dans le tunnel.

La valeur de ces éléments figure dans le tableau de l'annexe 3 B.

4.4. Les résultats

Le taux de rentabilité interne obtenu est de $i = 9,5 \%$ (voir annexe 3 C).

Une étude détaillée de la sensibilité de ce résultat aux variations individuelles des divers éléments montre que les plus significatifs d'entre eux sont le coût de construction des installations fixes, les recettes (par variation simultanée ou non des péages ou du trafic) et le délai de construction.

Le tableau ci-dessous indique ces variations :

Variations des éléments du bilan		Taux correspondant de rentabilité
Recettes :	+ 10 %	10,3 %
	- 10 %	8,7 %
Coût de construction des installations fixes	+ 10 %	8,9 %
	- 10 %	10,1 %
Délai de construction	+ 1 an	9 %
	- 1 an	10 %

A noter que même dans l'hypothèse particulièrement pessimiste où le coût de construction des installations fixes augmenterait de 20 %, le taux de rentabilité ne tomberait pas au-dessous de 8,3 %.

5 - QUELQUES CARACTERISTIQUES COMPLEMENTAIRES DU PROJET

Outre les qualités analysées ci-dessus, la réalisation du projet offrira d'autres avantages tant pour le court terme que le long terme :

- grâce au transfert sur le rail d'une partie du trafic qui ne peut que croître entre la Grande-Bretagne et le Continent, elle retardera les phénomènes de saturation sur les routes, les ports, le détroit du Pas-de-Calais et les aéroports et donc l'engagement des investissements correspondants ;
- du fait des installations ouvertes au public à proximité du tunnel, elle apportera à l'économie du Nord de la France et du Sud-Est de l'Angleterre des possibilités nouvelles, sans remettre en question les activités maritimes traditionnelles de ces régions ;
- en raison des propriétés bien connues du transport ferroviaire dans le domaine énergétique, elle permettra non seulement de réduire la consommation d'énergie mais également d'alléger, du fait de la traction électrique, la dépendance pétrolière de l'Europe ;
- de par sa conception, elle ne provoquera que des nuisances très limitées ; en effet, celles-ci seront :
 - faibles aux débouchés du tunnel, par suite de la renonciation aux navettes transmanche,
 - négligeables dans les arrière-pays du fait de l'utilisation des lignes existantes et de la traction électrique,
 - nulles pour les sites maritimes.

Par ailleurs, le projet réserve l'éventualité d'un doublement du tunnel à une date ultérieure.



2

6 - CONCLUSION

Le projet présenté :

- 1°) satisfiera dans d'excellentes conditions les besoins de la Communauté Européenne en matière de transport ferroviaire de voyageurs et de marchandises entre le Continent et la Grande-Bretagne,
 - 2°) ne présentera pas de grosses difficultés d'exécution,
 - 3°) offrira une bonne rentabilité sans exiger un investissement trop important,
 - 4°) ne constituera une menace ni pour l'environnement ni pour les activités maritimes traditionnelles des régions d'implantation.
-

T.R. BARRON
Member of the
British Railways Board

L. LACOSTE
Directeur Général Adjoint
de la SNCF

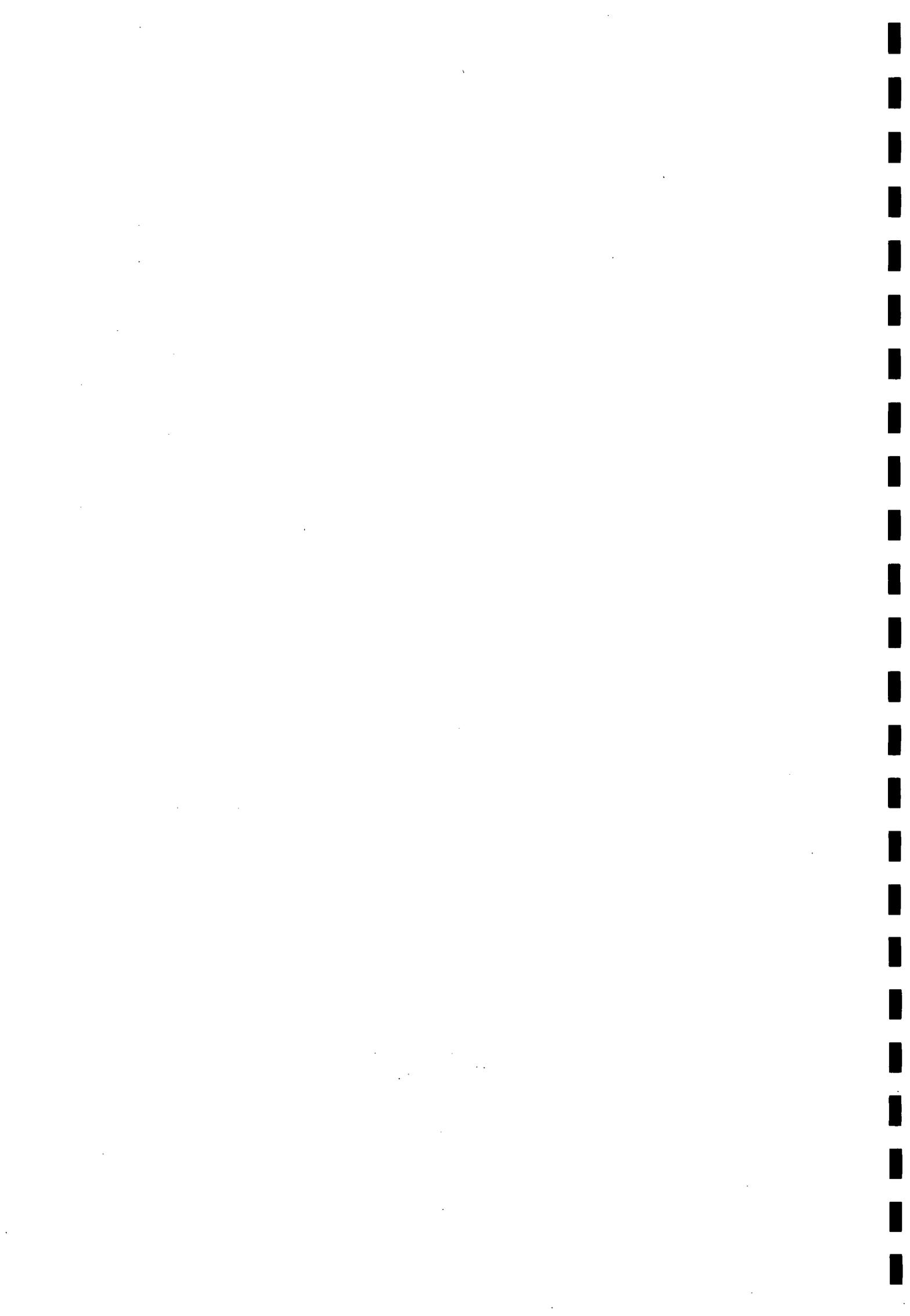
Avril 1981



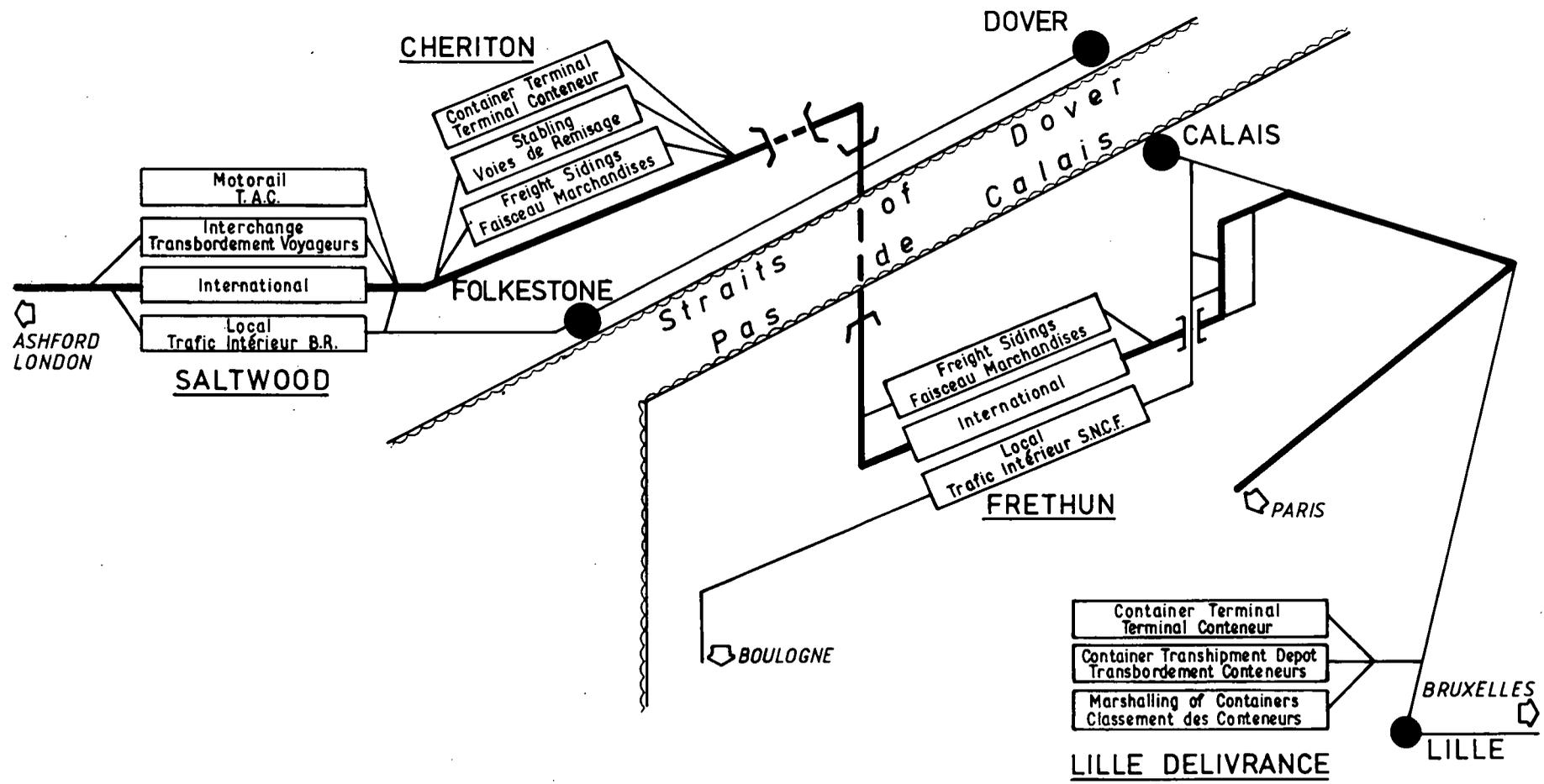
**Exemple de service de base possible à l'ouverture
du tunnel
(les heures indiquées sont en heure locale)**

LONDRES dép.	BRUXELLES arr.	PARIS arr.	PARIS dép.	BRUXELLES dép.	LONDRES arr.
06.50	—	12.20	07.25	—	11.00
06.55	12.05	—	—	07.50	11.05
09.05	—	14.35	07.40	—	11.15
09.20	—	14.50	—	08.15	11.25
09.25	14.40	—	10.25	—	13.55
09.45	15.00	—	—	10.50	14.05
09.50	—	15.20	10.40	—	14.15
09.55	15.05	—	—	11.15	14.25
12.20	—	17.50	13.25	—	16.55
12.25	17.40	—	—	13.50	17.05
12.50	—	18.20	13.40	—	17.15
12.55	18.05	—	—	14.15	17.30
15.20	—	20.50	16.25	—	19.55
15.25	20.40	—	—	16.50	20.05
15.50 (1)	—	21.20	—	17.15	20.25
15.55	21.05	—	16.55	—	20.35
17.50	—	23.20	19.00	—	22.25
17.55	23.05	—	—	19.15	22.30
18.10 (1)	—	23.40	19.15	—	22.55
18.20	—	23.50	—	19.50	23.05
18.25	23.40	—	—	—	—

(1) L'un ou l'autre de ces trains suivant la demande.



Schematic Plan Schéma de Principe

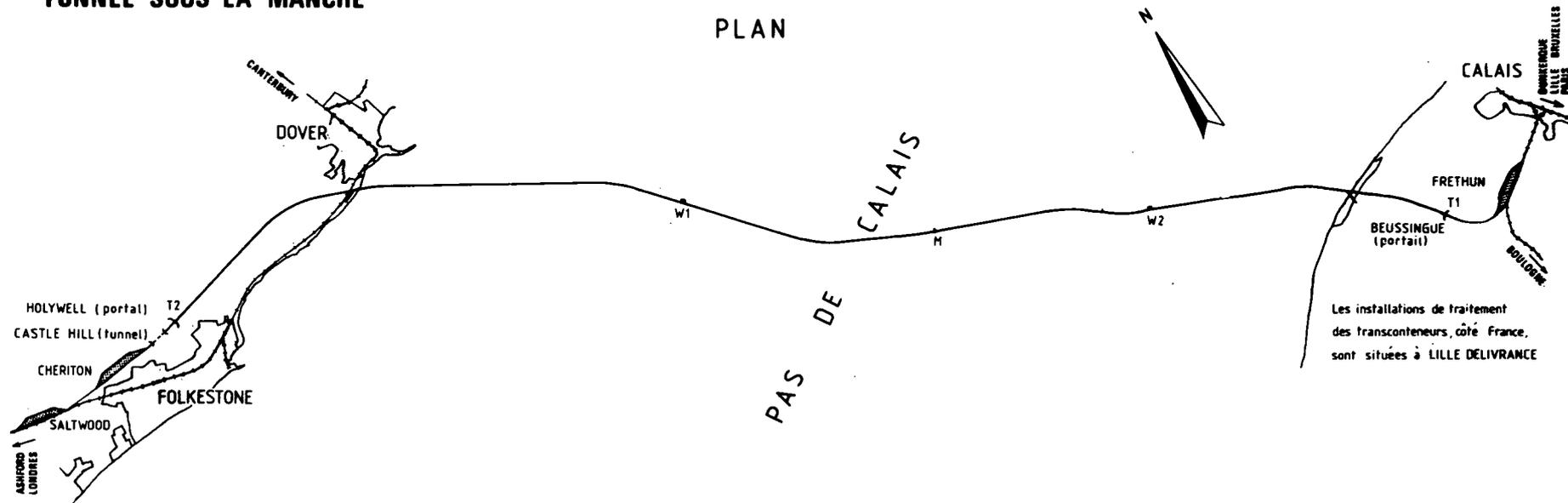


ANNEXE 2 A

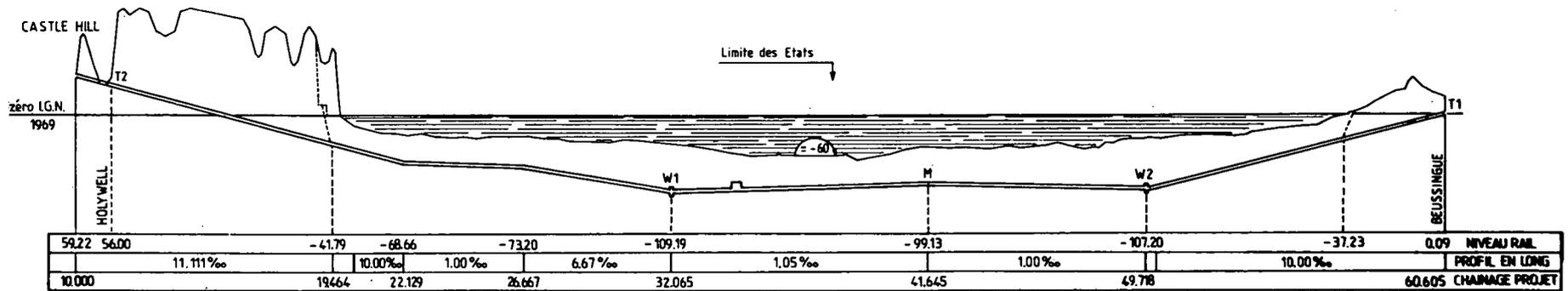


TUNNEL SOUS LA MANCHE

PLAN



PROFIL EN LONG

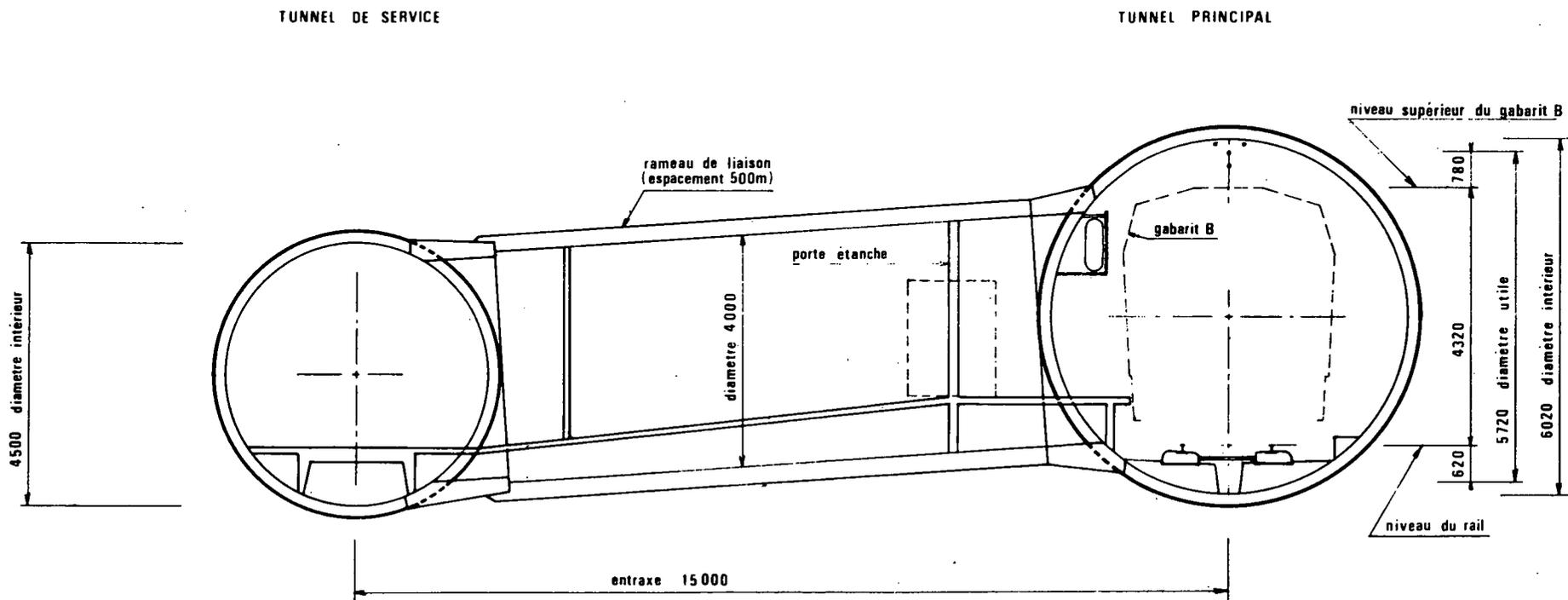




TUNNEL SOUS LA MANCHE

Coupe transversale côté France

Vue vers la Grande Bretagne





APERÇU DES METHODES UTILISEES POUR LE CALCUL DU BILAN ECONOMIQUE

BASES DU BILAN

- 1 - La méthode utilisée consiste à faire un bilan couvrant les années 1982 (date envisagée pour le début des travaux de construction du tunnel) à 2011, soit 30 ans et tenant compte également des bénéfices qui pourront être réalisés après 2011 grâce à l'existence du Tunnel. Le trafic commercial est supposé commencer à partir du 1^{er} juillet 1989. Les recettes et les coûts sont établis sur la base des prix au 1^{er} juillet 1979.
- 2 - Ce bilan est établi à partir des bénéfices annuels (exprimés en termes monétaires 1979) actualisé en 1979 avec des taux d'actualisation de 5 %, 7 % et 9 %. On a déterminé ensuite le taux de rentabilité interne.
- 3 - Le bilan traite le projet comme une entité unique, sans tenir compte des modalités réelles de financement des différents investissements.
- 4 - Les installations fixes concernées par le bilan sont :
 - a) le tunnel principal et la galerie de service,
 - b) les équipements nécessaires à leur exploitation et à la circulation des trains,
 - c) les voies d'accès reliant le tunnel aux réseaux existants de la SNCF et des BR,
 - d) les gares voyageurs, les voies de service et toutes les autres installations situées en général à chaque entrée du tunnel et nécessaires pour assurer une interface entre les deux réseaux (voir schéma de l'annexe 2 A).
- 5 - Les opérations d'exploitation concernées par le bilan comprennent :
 - a) l'exploitation et la maintenance du tunnel et de ses équipements,
 - b) la circulation uniquement à l'intérieur du tunnel des trains de voyageurs et de marchandises, chargés ou vides.
- 6 - Il n'a pas été tenu compte des coûts d'installations fixes ni des coûts d'exploitation liés à l'existence du tunnel en dehors de celui-ci et de ses chantiers associés.

DONNEES INCLUSES DANS LE BILAN

- 7 - Les données financières incluses dans le bilan sont indiquées à l'Annexe 3 B.
- 8 - **Recettes** : Les recettes sont prises en compte sous forme de péages pour l'utilisation du tunnel. Ces péages ont été évalués en fonction des possibilités de la concurrence et de la capacité des trafics à les supporter.
- 9 - **Dépenses** : Le principe général qui a été observé est que tous les frais liés au projet, qu'ils soient d'investissement ou d'exploitation, doivent être directement et entièrement pris en compte dans le bilan. Toutefois dans le cas de la traction et du matériel roulant des trains de voyageurs, ces frais n'ont pu être déterminés qu'en affectant au prorata de la longueur du tunnel la quote-part du coût total des parcs entre Londres et Paris/Bruxelles.
Quand les biens ont une durée de vie inférieure à la durée du bilan (1982-2011) le renouvellement a été inclus dans les bilans annuels.

10 - Coûts d'investissement

- a) Coûts de construction du tunnel principal et du tunnel de service, y compris les coûts pour les installations et le matériel roulant nécessaires à l'entretien du tunnel lorsqu'il sera ouvert au trafic.
 - b) Coûts de construction des lignes d'accès reliant le tunnel aux réseaux SNCF et BR et des installations d'interface définies au point 4.
 - c) Coûts de construction des locomotives et des voitures à voyageurs construites spécialement au prorata des kilomètres effectués dans le tunnel.
- Ces dépenses d'investissement ont été reprises dans les calculs en tenant compte de l'année où elles seront faites.

11 - Coûts d'exploitation

- a) Coûts de circulation des trains.
Ces coûts ont été étudiés séparément pour les trains de voyageurs et les trains de marchandises eu égard à leurs caractéristiques différentes.
Ces coûts comprennent en particulier : le personnel roulant ; l'entretien et le nettoyage du matériel de traction et remorqué ; le courant de traction ; le personnel affecté à la visite des trains et au changement des locomotives. Les coûts d'exploitation du matériel non construit spécialement ont été calculés en se basant sur l'expérience existante du réseau concerné ou par application des redevances RIC.
- b) Coûts des opérations terminales.
Il s'agit des coûts des mouvements dans les gares voyageurs de Saltwood et Frethun et dans les chantiers marchandises et conteneurs de Cheriton, Frethun et Lille. Ces coûts comprennent les coûts de personnel et les autres coûts d'exploitation tels que l'énergie et l'équipement.
- c) Coûts du contrôle de la circulation dans le tunnel.
Coûts du personnel affecté aux postes de commandement et aux postes de commande d'énergie électrique.
- d) Coûts d'entretien des installations fixes.
Contrôle et entretien courant ; entretien général périodique et grandes réparations périodiques pour toutes les installations décrites au paragraphe 4.

VALEUR D'USAGE AU-DELA DE 2011

- 12 - L'étude de l'effet résiduel a consisté en un examen du flux des bénéfices nets après la fin de la période du bilan (1982-2011) rendus possibles par les investissements réalisés pendant cette période. Pour les besoins du calcul, on a supposé que les niveaux du trafic, les recettes et les coûts d'exploitation continuaient à leur niveau de 2011. On a tenu compte du coût de remplacement du matériel de traction, du matériel remorqué et des éléments d'installations fixes qui auraient besoin d'être renouvelés après l'an 2011, en calculant une charge de capital annuelle appropriée pour chaque type de bien d'équipement, en tenant compte de son coût de remplacement aux prix de l'an 2011 et de sa durée de vie.
- 13 - La valeur à perpétuité du flux des bénéfices annuels nets à partir de l'an 2011 (recettes moins coûts d'exploitation et charges annuelles de capital) a alors été calculée et sommée pour obtenir la valeur totale d'usage en 2011. Cette valeur a ensuite été actualisée rétroactivement en 1979 en utilisant les trois taux d'actualisation indiqués au paragraphe 2.

TESTS DE SENSIBILITE

- 14 - Des tests de sensibilité ont permis d'étudier l'incidence sur le taux de rentabilité interne de certaines variations de données et notamment :
- du coût des investissements (installations fixes et matériel roulant),
 - de la durée de la construction du tunnel,
 - de l'accroissement des trafics voyageurs et marchandises,
 - du niveau des recettes.
- 15 - Les résultats les plus significatifs sont donnés au paragraphe 4.4. du rapport principal.

BILAN ECONOMIQUE

RECETTES, DEPENSES EN CAPITAL, COUTS D'EXPLOITATION ET SOLDES ANNUELS

(en MF aux conditions économiques du 1-7-79)

	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Total 1996- 2000	Total 2001- 2005	Total 2006- 2010	2011	Total 1982- 2011
RECETTES																			
Voyageurs								124	347	357	367	377	386	396	2.128	2.393	2.667	557	10.099
Marchandises								156	312	414	467	475	483	492	2.584	2.815	3.075	647	11.920
Messageries								2	3	4	6	9	13	13	63	63	63	13	252
TOTAL (A)								282	662	775	840	861	882	901	4.775	5.271	5.805	1.217	22.271
INVESTISSEMENT EN CAPITAL																			
Tunnel	44	252	524	994	1.563	1.294	641	229	81						17	4	219		5.862
Installations aux abords du tunnel	79	47	71	85	211	242	208	84	4						36	42	143	2	1.254
Matériels roulants (part affectable au tunnel) :																			
- locomotives					6	58	114			1	2	1	14		21	19	5		241
- voitures à voyageurs - véhicules d'entretien et d'évacuation				2	8	21	50	6	2	1	2	2	2	1	6	6	5		114
TOTAL (B)	123	299	595	1.081	1.788	1.615	1.013	319	87	2	4	3	16	1	80	71	372	2	7.471
COUTS D'EXPLOITATION																			
Circulation des trains :																			
- voyageurs								13	26	27	27	27	28	29	151	167	179	37	711
- marchandises								8	14	16	17	18	18	18	94	101	106	21	431
Opérations d'interface :																			
- voyageurs								2	2	2	2	2	2	2	13	13	13	2	55
- marchandises								7	9	9	9	9	9	9	45	45	45	9	205
Contrôle et surveillance du tunnel								4	5	5	5	5	5	5	26	26	26	5	117
Entretien des installations fixes :																			
- tunnel								12	25	25	25	25	25	31	141	138	153	26	626
- installations aux abords du tunnel								10	19	19	19	23	19	19	103	107	110	19	467
TOTAL (C)								56	100	103	104	109	106	113	573	597	632	119	2.612
SOLDE BRUT [(A - (B + C))]	- 123	- 299	- 595	- 1.081	- 1.788	- 1.615	- 1.013	- 93	+475	+670	+732	+749	+760	+787	+4.122	+4.603	+4.801	+1.096	+12.188

111

111

111

COURBE DE L'EVOLUTION DES BENEFICES ACTUALISES

Bénéfice actualisé en 1979
(en MF 1-7-79)

