

Annexes

Annexe A

Développement des services portuaires et maritimes

A.1. La plupart des arguments en faveur des ports et des services maritimes existants ont été présentés peu avant l'achèvement des études communes, par un groupe de travail animé par le port de Douvres et constitué de représentants du port de Douvres et des compagnies exploitantes (European Ferries plc, P & O ferries Ltd, Sealink UK Ltd, Hoverspeed Ltd), ainsi que d'observateurs du conseil général de la Marine marchande britannique, de l'Association des ports britanniques et du Conseil du comté du Kent. Les exploitants de ferries et les autorités portuaires français et belges qui ont fait connaître leur vue, ont été entendus.

A.2. Les exploitants de ferries soutiennent que les services maritimes sont en mesure d'écouler la totalité du trafic prévisible et ce à un coût sensiblement inférieur au coût actuel. Ils estiment qu'en l'absence de liaison fixe, les tarifs pourraient être réduits d'environ 30 % en termes réels par rapport à leur niveau de 1979/1980. Face à un tunnel permettant le trafic de navettes pour véhicules routiers, les exploitants seraient en mesure de choisir leur trafic et de réduire ainsi encore davantage leurs tarifs, jusqu'à 40 % en dessus du niveau de 1979/1980, ce qui rend douteuse la viabilité économique d'une liaison fixe.

A.3. Ce raisonnement repose fondamentalement sur trois principaux types d'arguments :

- a) la mise en service de navires de plus grande capacité, plus rapides et plus performants (progrès technologique),
- b) la poursuite de la tendance à l'étalement des pointes annuelles de trafic (écrêtement des pointes),
- c) un meilleur ajustement de l'offre à la demande (rationalisation des services).

Progrès technologiques

A.4. Il existe déjà sur les liaisons entre Douvres et la France des ferries capables de transporter 400 unités voitures particulières (UVP) et d'effectuer cinq allers et retours par jour, tandis que les navires plus lents et de

moindre capacité qui ne peuvent effectuer plus de quatre allers et retours par jour, sont progressivement déclassés. Les exploitants espèrent voir entrer en service dans les années 1990 des ferries d'une capacité de 600 UVP. L'accroissement des coûts d'investissement et d'exploitation ne sera toutefois pas proportionnel à l'accroissement de la capacité. Par exemple, le coût de construction d'un navire de 600 UVP capable d'effectuer cinq allers et retours par jour s'élèverait à 210 millions de francs et son coût d'exploitation à 51 millions de francs (prix de 1981), à comparer respectivement à 150 et 33 millions de francs pour chacun des navires de 300 UVP encore en service et qui n'effectuent que quatre allers et retours par jour. Des installations portuaires adéquates (bassins d'amarrage, zones de rassemblement des véhicules, ...) devraient être construites. La mise en service de ferries hybrides assurant le transport des trains sur un pont et des véhicules routiers sur un autre, tels que ceux déjà en exploitation dans la Baltique, permettrait d'améliorer et de développer significativement le trafic actuel « train + ferries ». Ceci entraînerait toutefois de lourds investissements en matière d'installations terminales, évalués à 1,3 milliard de francs pour le seul port de Douvres.

Ecrêtement des pointes

A.5. Le trafic de poids lourds est d'ores et déjà relativement bien étalé sur l'année et les exploitants n'envisagent pas de modification par rapport à la situation actuelle. Par contre, le trafic de voitures particulières et d'autocars accuse une très forte pointe pendant les mois d'été. L'acuité de la pointe tend cependant à diminuer par suite des politiques tarifaires adoptées par les exploitants et des modifications de comportements sociaux, comme par exemple le fractionnement des vacances. Sur les lignes reliant Douvres et la France, la part du trafic total d'automobiles et d'autocars effectué au cours des quatre semaines les plus chargées a été de 18 % en 1981, contre 24 % en 1975. Si l'on extrapole cette tendance, même en supposant un ralentissement du taux de décroissance, on arrive en l'année 2010 à un pourcentage à peine supérieur à 12 %. Divers phénomènes de pointe se produisent au sein même de ces quatre semaines les plus chargées, mais les exploitants ont fait l'hypothèse que la relation actuelle entre les trafics du jour le plus chargé et le trafic global des quatre semaines les plus chargées, resterait inchangé.

Rationalisation des services

A.6. Au cours des dernières années, la capacité totale disponible sur les lignes entre Douvres et la France a largement dépassé la demande, même en période de pointe. Selon les exploitants, il serait possible de parvenir durablement à un meilleur ajustement de l'offre à la demande et de faire en sorte que la capacité totale n'excède pas de plus de 25 % le trafic du jour le plus chargé. Ces 25 % permettraient de tenir compte des variations diverses et des prévisions incertaines de trafic.

A.7. L'effet conjoint de l'écèlement des pointes et de la rationalisation des services serait d'améliorer le taux d'utilisation des navires, c'est-à-dire le nombre de fois qu'est effectivement utilisé dans l'année chaque unité de

capacité (UVP) offerte. Sur les lignes entre Douvres et la France, le taux d'utilisation a été en moyenne légèrement supérieur à 600 tout au long des années 1970. Il a atteint 927 en 1981 du fait d'une brusque augmentation du trafic et de la mise en service des navires plus rapides. Les exploitants prévoient que ce taux croîtrait rapidement jusqu'en 1990, où il atteindrait une valeur de l'ordre de 1 350, puis continuerait à croître plus lentement jusqu'en 2010, où sa valeur serait de l'ordre de 1 450. En d'autres termes, on pourrait transporter en 2010 trois fois plus de trafic qu'aujourd'hui avec le même nombre de navires et une capacité totale simplement double de la capacité actuelle.

Avis du groupe

A.8. Le groupe estime qu'en l'absence de liaison fixe, les services maritimes pourraient effectivement être développés de manière à répondre à tout le trafic prévisible. La réalisation de progrès technologiques est plausible, des navires de plus grande capacité existent déjà ailleurs. Les modifications d'installations portuaires qui s'avèreraient nécessaires ne soulèvent aucune difficulté dans le cas du port de Douvres et des problèmes seulement mineurs dans le cas de quelques ports du continent. Toutefois on ne connaît pas avec certitude le rythme et le coût auxquels seraient mis en application les progrès technologiques potentiels et le groupe a cru pouvoir modifier certaines des hypothèses faites par les exploitants dans le cadre de son évaluation économique. Ces modifications sont décrites en détail dans l'annexe K. Les plus importantes d'entre elles sont les suivantes :

- a) les exploitants ont prévu la mise en service de navires d'une capacité de 600 UVP dans les années 1990. Le groupe a supposé dans le scénario central que la mise en service de navires de plus grande capacité n'interviendrait que vers l'an 2010, compte tenu de ce que les exploitants voudront complètement amortir les navires existants,
- b) contrairement aux exploitants, le groupe a pris en compte les salaires des membres d'équipage affectés aux services de restauration et de vente à bord, dans la mesure où la présence de ces membres d'équipage est nécessaire pour atteindre le ratio minimum passagers/équipage, fixé par les règlements de sécurité,
- c) les exploitants ont supposé que les coûts d'exploitation portuaires et les coûts « à terre » des compagnies de ferries seraient en partie fixes et en partie variables avec le trafic et seraient sujet à des économies d'échelle. Le groupe a estimé pour sa part que ces coûts varieraient directement soit avec le nombre de mouvements de navires, soit avec le trafic.

A.9. Le groupe est d'avis que les exploitants ont nettement surévalué le rythme auquel continuera de se produire le phénomène d'écrêtement des pointes de trafic dans l'avenir.

A.10. Le groupe ne partage pas non plus les vues des exploitants sur leur aptitude, en pratique, à éliminer l'excédent de capacité disponible sans un certain degré d'entente jamais réalisé dans le passé ou rendu impossible par la législation en vigueur. Tant que la concurrence continuera de

s'exercer sous sa forme actuelle, les exploitants seront incités à maintenir des fréquences de service élevées pour garantir leurs parts de marché et dissuader tout nouvel arrivant. Ces dernières années, la capacité totale a dépassé de près de 50 % les besoins pour le jour le plus chargé (y compris la marge de 25 % pour perturbations de trafic). L'hypothèse centrale du groupe est que cet excédent ne tombera pas en-dessous de 40 %, alors que le groupe de travail animé par le port de Douvres a estimé qu'il disparaîtrait entièrement.

A.11. Compte tenu de ces considérations sur l'écrêtement des pointes et la rationalisation des services, le groupe a pris pour hypothèse centrale une croissance du taux d'utilisation jusqu'à la valeur de 1 160. Les valeurs extrêmes utilisées pour les tests de sensibilité sont 930 (valeur proche de celle atteinte en 1981) et 1 400 (valeur à laquelle prétendent parvenir les exploitants).

A.12. Les données des exploitants ne sont pas exprimées en termes de coûts unitaires, mais on peut déduire de leurs chiffres qu'ils prévoient une réduction de plus de 50 % de l'ensemble des coûts d'exploitation et des coûts portuaires (y compris amortissement du capital) d'ici à l'an 2010 sur les lignes entre Douvres et la France. Cette valeur est très supérieure à la réduction des tarifs de 30 à 40 % annoncée par le groupe de travail du port de Douvres et l'on peut se demander dans quelle mesure cette discordance traduit les incertitudes sur les évaluations des coûts ou les interférences avec d'autres lignes maritimes (y compris une éventuelle péréquation entre lignes). Les différences dans les méthodologies employées ne permettent pas une comparaison rigoureuse des évaluations économiques. On peut dire néanmoins que l'hypothèse centrale du groupe conduit en gros à des coûts d'exploitation maritime inférieurs de 10 à 20 % au niveau actuel tel que l'a supposé le groupe de travail du port de Douvres. Les tests de sensibilité conduisent respectivement à une absence de réduction et à une réduction d'un tiers des coûts par rapport à la situation actuelle.

Annexe B

Ponts

Description

B.1. Dans les projets examinés par le groupe l'ouvrage de longueur environ 36 km comporte pour franchir l'essentiel de la brèche (soit environ 30 km en eau profonde) des travées suspendues successives de très grandes portées (voir figure 2), avec de part et d'autre des viaducs d'accès en travées métalliques de portées unitaires de 200 à 300 m. Le tablier dégage un tirant d'air de 60 m au-dessus de la mer.

L'un de ces projets comporte huit travées de 3 000 m et deux travées de 3 750 m ; les pylônes culminent à + 290 m. Le tablier comporte deux étages routiers (chacun à quatre files de circulation) et un étage de service ; l'ensemble est enfermé dans une coque tubulaire de section ellipsoïdale. L'ouvrage comporte 11 piles en eau profonde, dont 2 dans chacun des chenaux principaux.

Un autre projet comporte quinze travées de 2 000 m ; les pylônes culminent à + 265 m. Le tablier a un seul niveau utile et porte deux chaussées à trois files de circulation chacune ; des déflecteurs latéraux continus protègent les usagers des tempêtes et entre les voies de circulation des fentes longitudinales couvertes de caillebotis assurent l'équilibrage aérodynamique du tablier. Ce projet comporte 15 piles en eau profonde dont 3 dans un des chenaux principaux et 4 dans l'autre.

B.2. Un tel ouvrage est exclusivement routier ; si une liaison par voie ferrée doit être assurée, il faut la réaliser distinctement par un tunnel immergé ou foré.

En effet des travées de ce genre ne se prêtent pas au trafic ferroviaire à cause de l'ampleur des déformations pouvant affecter le tablier en service : oscillations latérales sous l'effet du vent, dilatation, flèches sous les charges roulantes lourdes.

B.3. L'implantation exacte n'a pas encore été arrêtée, elle sera probablement proche de celle indiquée sur la figure 1, qui paraît bonne du point de vue géologique et écologique et qui pose peu de problèmes pour le raccordement avec l'infrastructure du moins du côté britannique.

Figure 1
 LOCATION PLAN
 PLAN DE SITUATION

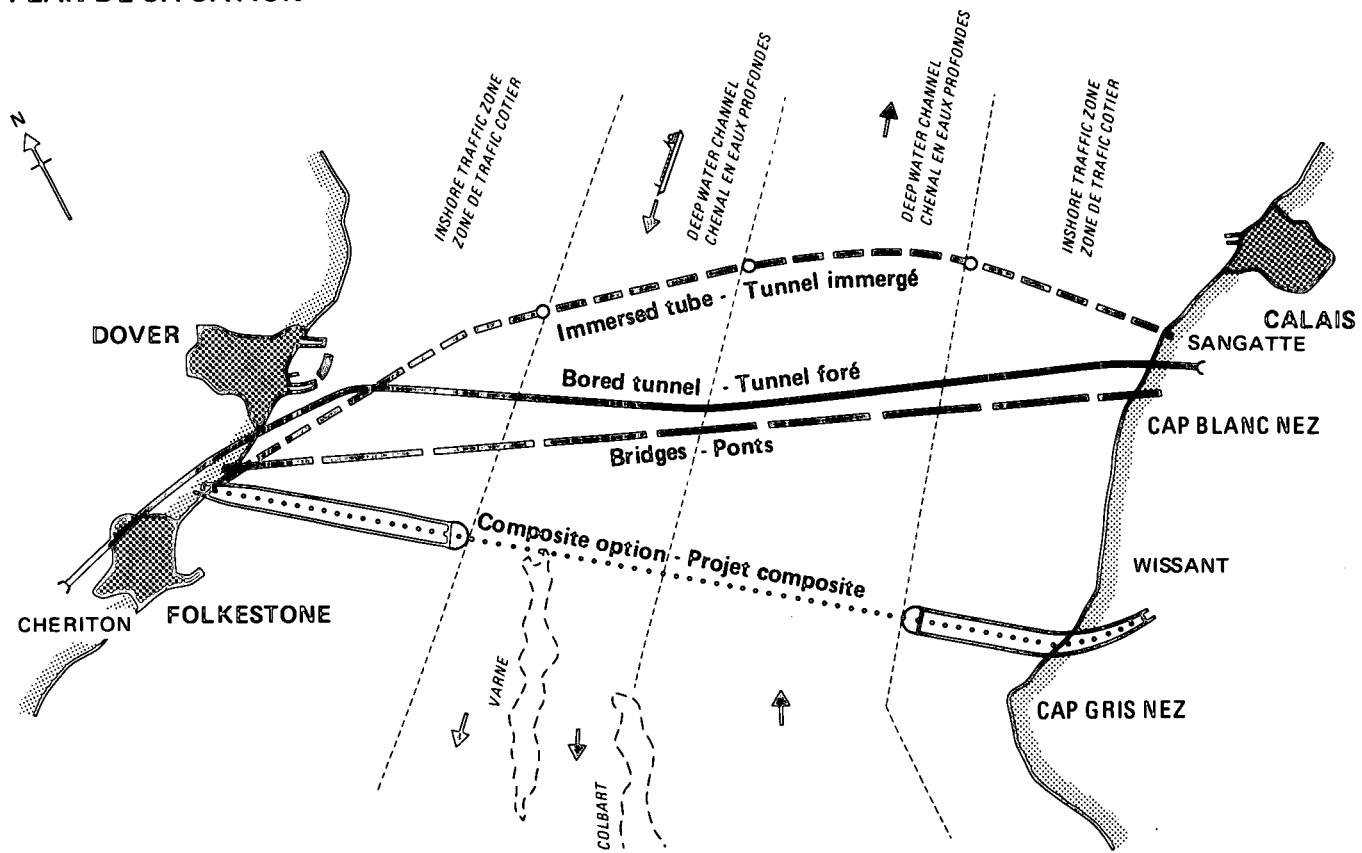
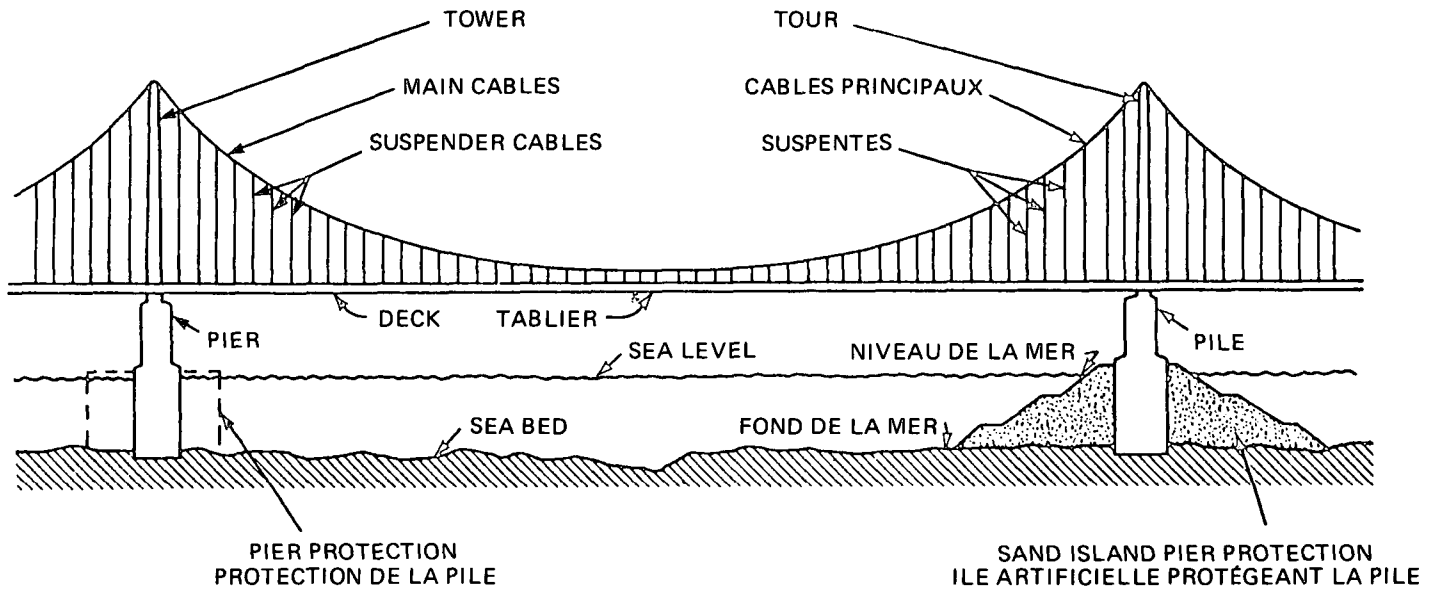


Figure 2
TYPICAL SUSPENSION BRIDGE
PONT SUSPENDU TYPE
Not to scale - Non à l'échelle



B.4. Pour la protection des piles de pont contre les chocs de navires, il a été envisagé, soit des îles artificielles d'une conception traditionnelle, soit des dispositions innovantes : « atolls » constitués d'une couronne d'énormes sacs de sable, ou amortisseurs flottants métalliques ceinturant la pile.

Commentaires

Possibilités de réalisation de l'étude et de la construction

B.5. Le groupe considère comme probablement faisable, au plan purement technique, la conception et la réalisation d'un pont formé de travées successives de 2 000 m environ de portée, incorporant peu de techniques innovantes, bien que cela soit sans précédent et à la limite de la technologie actuelle. Les ponts dont les travées auraient des portées plus importantes, qui porteraient des voies ferrées, ou qui feraient appel à des matériaux qui n'ont pas suffisamment fait leurs preuves, ne sont pas considérés comme faisables.

Sécurité de la navigation et protection des piles de pont

B.6. L'ouvrage intéresse des trafics maritimes considérables : les plus gros navires franchissant le détroit ont un tonnage de 250 000 T ; il y a de l'ordre de 300 mouvements par jour en transit et le nombre de traversées est du même ordre.

Un règlement international a défini dans la zone médiane du détroit deux chenaux principaux réservés à la navigation en transit ; l'un en sens unique vers la mer du Nord côté France, l'autre en sens unique vers l'Océan côté Angleterre, tandis que chacune des zones côtières peut être utilisée dans les 2 sens ; il y a actuellement en moyenne 15 incidents par an entre navires dans la Manche.

D'autre part, il importe non seulement de protéger les piles de pont contre les chocs de navires mais aussi d'assurer une sauvegarde du navire lui-même, notamment si c'est un pétrolier, pour éviter que sa cargaison ne se répande.

Concernant les propositions reçues, le groupe a émis des réserves concernant les protections innovantes. Toute protection de ce genre demanderait une étude complète et des essais, probablement jusqu'au contrôle en grandeur nature, avant d'être admise comme satisfaisante.

Pour ce qui est des îles artificielles en remblais recouverts d'enrochements ou d'une carapace équivalente de protection contre l'érosion, elles ont fait l'objet d'études récentes. Ces études sont encore loin d'être achevées et devraient être précisées, notamment à l'aide d'expériences sur modèles à relativement grande échelle ; elles devraient également être transposées au cas du Pas-de-Calais ; à ce jour on peut seulement en tirer des dimensionnements très approximatifs : il convient qu'une plateforme de largeur 40 à 60 m, au moins entoure la pile au-dessus du niveau de la mer et l'île doit avoir des pentes de talus de 1/3 à 1/5 ; il s'agit donc d'ouvrages

volumineux : pour une hauteur de 30 m on aurait, en ordre de grandeur, un volume de 1,3 million de mètres cubes et une largeur à la base de 350 à 400 m ; pour une hauteur de 60 m ces chiffres deviendraient environ 6,3 Mm³ et 600 m.

Enfin la sécurité des bateaux eux-mêmes résultera essentiellement des mesures prises pour qu'ils restent dans des chenaux, étant observé que l'utilisation du pont par le trafic transmanche réduira considérablement le trafic maritime de traversée et par conséquent des risques de collision entre bacs et navires en transit.

Influence sur l'hydrologie du détroit

B.7. L'influence du chapelet d'îles artificielles sur les courants et les fonds marins (bancs de sable du Varne et du Colbart, érosion ou ensablement des côtes) est à examiner sur un modèle hydraulique de l'ensemble du détroit car le coefficient d'obstruction avec des îles de grand empattement pourrait dépasser 13 %.

Câbles et tabliers de ponts suspendus

B.8. Le fait que le pont comporte une succession de travées suspendues en continuité est encore plus novateur que la grande longueur des portées unitaires et des études préalables bien plus poussées que celles produites à ce jour sont nécessaires ; notamment la stabilité de l'ensemble sous l'action du vent doit faire l'objet d'études sur modèles en soufflerie. En outre, là où les tractions des câbles des travées adjacentes s'équilibrent sur un fût de pile il y a risque pour le pont de périr par effet de « château de cartes » en cas de rupture des câbles dans une travée, ou d'un pylône ; des massifs d'ancrage intermédiaires seraient donc nécessaires sur la longueur de la liaison afin de limiter la longueur des tronçons d'ouvrage interdépendants et l'ampleur du sinistre dû à une rupture de câbles.

D'autre part la protection des câbles contre la corrosion doit être particulièrement renforcée et notamment être conçue à l'épreuve des manipulations lors de la mise en place ; en outre l'expérience montre que c'est le point délicat de tous les ponts suspendus même ceux construits récemment. Les dispositions constructives doivent permettre de remplacer à un coût acceptable tout ou partie d'un câble qui se détériorerait.

Concernant l'interférence du chantier du montage avec la navigation, il est prévu que le tablier est formé de tronçons plus ou moins longs amenés par flottaison et hissés en place, ce qui implique un barrage travée par travée ; mais le pire peut être le levage des câbles de ponts suspendus ; les promoteurs ont indiqué que le processus de mise en place pourrait faire barrer 2 travées (soit au total 4 à 7,5 km) en même temps, ce qui risque en pratique de provoquer la fermeture d'un des chenaux principaux.

Maintenance

B.9. Le groupe, au vu des problèmes que soulève la maintenance de grands ponts suspendus de construction récente, estime que la surveillance, l'entretien, et la réparation d'un ouvrage aussi complexe dans un tel site, ne pourraient être assurées convenablement par application des seules pratiques en usage actuellement.

Autres risques

B.10. Les projets de ponts présentent pour les gouvernements un risque spécifique en cas d'abandon du chantier par un promoteur au cours de la construction, par exemple à la suite de gros retards ou de surcoûts imprévus. Il faudrait alors que les gouvernements interviennent, pour assurer soit l'achèvement de l'ouvrage, soit la démolition des parties déjà construites, celles-ci ne pouvant être abandonnées sur place en l'état. Le coût de cette démolition pourrait représenter une somme très importante. Un pont en service est particulièrement vulnérable au sabotage ; même hors de l'hypothèse d'une rupture complète, si un câble de suspension est endommagé et doit être en partie remplacé, la fermeture du pont s'imposera et aura des conséquences considérables, étant observé que le pont à sa mise en service aurait fait disparaître la plus grande partie des moyens concurrents de franchissement du détroit.

Estimation des coûts et délais, procédures d'études

B.11. A partir des documents disponibles le coût de construction d'un grand pont peut être évalué en valeur fin 1981 entre 25 milliards et 40 milliards de francs suivant les projets ; le coût d'exploitation et de maintenance serait de l'ordre de 200 millions de francs par an ; et le délai de construction serait de l'ordre de 6 ans.

Ces estimations ne comprennent pas une éventuelle liaison ferroviaire distincte en tunnel, et sont sujettes à caution du fait que les techniques mises en jeu sont innovantes et que les études correspondantes, dont le coût pourrait dépasser 100 millions de francs, restent en réalité à faire : on est en effet actuellement dans une situation de blocage, car d'une part, aucun promoteur ne se risque à financer cette dépense avant d'avoir été désigné par les gouvernements comme concessionnaire, et d'autre part les gouvernements se refusent à patronner de telles études, et à choisir le projet d'un promoteur, sans être assurés que le projet correspondant a subi avec succès tous les contrôles et qu'un accord international sur la sécurité de la navigation peut être conclu à son sujet.

La seule issue serait, si les gouvernements sont convaincus que le partie de construire un pont présente un avantage décisif sur les autres formes de liaison, qu'ils financent eux-mêmes ces études avant de charger un promoteur et/ou un organisme public, de la réalisation ; le délai à prévoir pour cette phase est de 3 à 5 ans et il n'est pas certain qu'elle débouche sur des conclusions favorables.

Il convient de signaler cependant que le caractère innovateur d'un tel projet, et l'acquis technologique qui résulterait des études, pourraient justifier l'intérêt qu'y porteraient les gouvernements.

Résumé

B.12. Le groupe conclut qu'il faut compter 3 ans au moins d'études et de négociations pour définir au plan des accords internationaux un système

assurant la sécurité de la navigation, et que cet objectif pourrait même s'avérer hors d'atteinte.

Au niveau technique, les études, expérimentations, et contrôles prendront aussi jusqu'à 3 ans et devront pouvoir être financés pour un montant pouvant atteindre 100 millions de francs, et avec des risques tenant au caractère inédit des problèmes.

La construction et l'exploitation de l'ouvrage sont sujettes à des risques maritimes notables qui pourraient majorer sensiblement les coûts et délais. Le groupe estime que même en remplissant les conditions et levant les doutes ci-dessus, la surveillance et l'entretien d'un pont, et toutes réparations s'il y a lieu, seraient très difficiles avec les procédés et moyens actuellement en usage, ce qui soulève un nouveau doute sur l'opportunité de choisir aujourd'hui ce parti.

Annexe C

Tunnels immergés

Description

C.1. En principe les trois options possibles sont : le tunnel pour rail uniquement, le tunnel pour route uniquement et le tunnel pour rail et route, suivant les croquis de la figure 3.

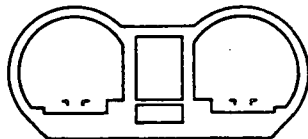
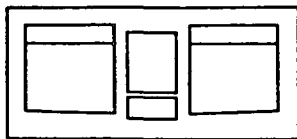
En pratique les projets présentés par les promoteurs comportent deux chaussées unidirectionnelles et deux voies ferrées.

C.2. Plusieurs tracés en plan peuvent être envisagés, qui diffèrent non seulement suivant la configuration du fond marin, mais aussi suivant la qualité des matériaux qui le constituent — craie, sable ou limon. La figure 1 indique un tracé proposé qui se trouve entièrement implanté sur la craie ; dans ce matériau relativement dur le creusement d'une souille par dragage nécessite un engin plus puissant que dans les sables ou limons mais la tranchée peut être taillée avec des flancs assez raides et l'assise de l'ouvrage est plus sûre.

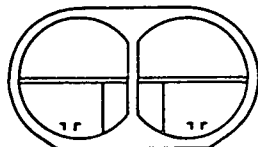
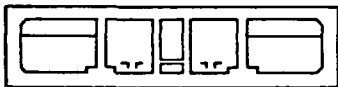
C.3. La position du tunnel par rapport au niveau du fond marin dépend de la pente maximum admissible (1 % pour les voies ferrées et peut-être 5 % pour les routes), de la profondeur d'eau nécessaire à la navigation (26 m ou celle du fond marin s'il est moins profond) et du volume de dragage que représente le creusement de la tranchée. Aux endroits les plus profonds le tunnel pourrait être posé à même le fond marin, pour réduire les variations de pente, pourvu que cela ne crée pas d'interférence avec la navigation ni avec le régime marin et l'écologie. Les tunnels en place doivent être pourvus de remblais de protection contre les ancres de navires qui pourraient être mouillées au voisinage.

C.4. Le tunnel est constitué de caissons alvéolaires mis bout à bout ; ces caissons, de longueur unitaire de 100 à 150 m et pesant jusqu'à 50 000 tonnes, sont des structures en béton armé, avec éventuellement une coque métallique enrobante ; ils sont construits en cale sèche, transportés par flottaison après obturation des extrémités, immergés en place et assemblés sous l'eau.

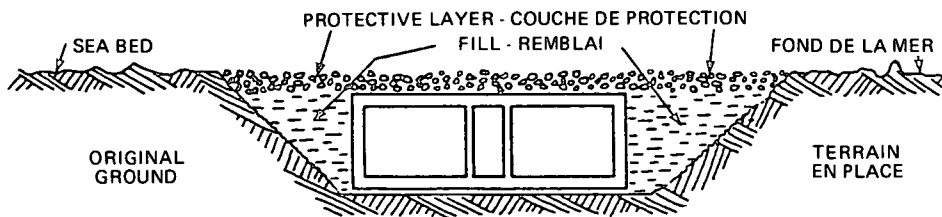
Figure 3
TYPICAL IMMERSED TUBES
TUNNELS IMMERGÉS TYPES
 Not to scale - Non à l'échelle



ROAD OR RAIL TUBES - TWO TYPES
TUNNELS ROUTIER OU FERROVIAIRE - DEUX TYPES



COMBINED TUNNELS (ROAD AND RAIL)
TUNNELS MIXTES (ROUTIER ET FERROVIAIRE)



UNIT POSITIONED IN SEA BED
CAISSON IMPLANTÉ AU FOND DE LA MER

C.5. Pour la ventilation les tunnels routiers comportent des ouvrages de prise et rejet d'air échelonnés sur le tracé et distants d'environ 6 km ; en outre l'espace ferroviaire est utilisé comme gaine de répartition de l'air frais dans les espaces routiers, l'air vicié étant extrait à l'aplomb des cheminées dans les tunnels routiers eux-mêmes (système dit « semi-transversal »).

Commentaires

Faisabilité

C.6. Ce procédé a été utilisé pour un certain nombre de tunnels franchissant des fleuves (la Seine à Paris, le Saint-Laurent au Canada, par exemple) ou des baies (à Hong-Kong, à Tokyo, par exemple).

Les techniques de construction de remorquage et d'assemblage des caissons sont bien éprouvées, mais l'équipement pour les exécuter avec les quantités et les profondeurs proposées et en pleine mer n'existe pas et doit être conçu et réalisé en opérant un véritable changement d'échelle par rapport aux matériels existants. Il en est de même pour les équipements de ventilation des tunnels routiers. Il y a de ce fait des incertitudes sur les délais et les coûts de réalisation et le fonctionnement des matériels correspondants.

Ventilation des tunnels routiers

C.7. Dans l'état actuel du parc de véhicules routiers la ventilation du tunnel nécessite des débits d'air beaucoup plus importants que ce qui serait nécessaire pour fournir l'oxygène aux usagers et aux moteurs, car le renouvellement d'air est dimensionné pour évacuer les polluants critiques que sont l'oxyde de carbone émis par les moteurs à essence et les fumées émises par les moteurs diesel.

Même avec le système semi-transversal et les puits espacés de 6 km selon description ci-dessus, qui permettent une utilisation maximale des volumes du tunnel, les sections d'écoulement d'air sont critiques si on ne veut pas excéder des valeurs raisonnables pour les vitesses d'air et les puissances de ventilation et si on ne veut pas limiter la capacité des chaussées à un volume de trafic très inférieur à celui qu'elles pourraient écouler compte tenu de leurs seules caractéristiques géométriques. Notamment, ce principe de ventilation nécessite un surdimensionnement des alvéoles contenant les voies ferrées.

Avant de mettre en œuvre cette ventilation, sans précédent dans son échelle et dans certaines de ses caractéristiques, des études et expérimentations très poussées seraient indispensables.

Sécurité du tunnel et protection de la navigation

C.8. Le tunnel, une fois posé, ne présente pas de risque. Les puits de ventilation posent des problèmes de protection analogues à ceux des piles

de ponts examinés dans l'annexe B. Toutefois l'espacement des puits est bien plus grand que celui des piles de pont et les implantations ne sont pas conditionnées par des travées rigoureusement égales et alignées mais peuvent dans une certaine mesure s'adapter à la configuration locale des fonds et des chenaux de navigation.

Il convient évidemment de prévoir des puits sur les limites de ces derniers, qui constituent des emplacements déjà interdits à la navigation en transit, de sorte que ces ouvrages ne nécessitent pas de modification des réglementations en vigueur ; avec un tracé voisin de celui de la figure 1, qui offre la configuration la plus favorable, il faut en outre implanter un puits au milieu du chenal principal côté France et un dans chacune des zones côtières.

Il subsiste d'autre part des problèmes au cours de la construction dans la période au cours de laquelle un très grand nombre de caissons partent à brefs intervalles de chaque côte, pesant chacun près de 50 000 tonnes et flottant seulement avec quelques centimètres de franc-bord, sont remorqués, pris par les équipements de pose et mis en place. La construction des puits de ventilation et le programme de pose demandent aussi les mêmes assurances pour la sécurité de la navigation internationale (voir détail en annexe H).

Hydrologie

C.9. L'obstruction du détroit par les ouvrages constituant un tunnel immergé peut se réduire à celle des îles artificielles protégeant les puits de ventilation si le tunnel lui-même est ensouillé sur toute sa longueur ; comme ces puits sont en bien plus petit nombre que les piles d'un projet de pont, leur influence sur le régime hydrologique du détroit sera certainement négligeable et il suffira sans doute d'examiner s'il y a des risques locaux. Par contre la décision de poser le tunnel sur le fond naturel dans les eaux les plus profondes, donc de réduire la section d'écoulement du détroit sur une hauteur égale à l'épaisseur du tunnel et de sa protection, ne pourrait être prise qu'après une étude sur un modèle hydraulique de l'ensemble du détroit.

Le creusement à la drague d'une souille large et profonde et l'emploi d'une partie des déblais en remblai autour des caissons et en couverture, mettra en suspension dans l'eau une quantité notable de matériaux fins : craie délayée, limon, sable, suivant le tracé. Les conséquences écologiques de cette perturbation du milieu naturel doivent être examinées.

Autres risques

C.10. Contrairement aux ponts, en cas d'abandon, le coût de l'intervention gouvernementale ne sera pas élevé, car elle se limiterait à l'enlèvement des puits de ventilation, le tunnel lui-même pouvant être abandonné sur place. Le risque de sabotage n'est pas aussi important que pour un pont, bien que la rupture d'un puits de ventilation en mer puisse avoir des conséquences terrifiantes pour les personnes et les véhicules dans le tunnel si un dispositif d'obturation de sécurité prévu à cet effet n'entraîne pas alors en action.

Planning

C.11. Le groupe n'est pas certain que pour mener à bien les reconnaissances, études et expérimentations qu'il juge nécessaires le délai d'environ trois ans prévu par les promoteurs suffise. En particulier, le délai requis pour élaborer le dispositif de sécurité de la navigation internationale, et s'assurer qu'il convient, ne paraît pas avoir été pris en compte.

Estimation

C.12. A partir des documents existants le coût d'un tunnel mixte routier et ferroviaire, pourrait atteindre 40 milliards de francs. L'importance sans précédent d'une telle construction peut faire douter de la précision de ces estimations.

Résumé

C.13. Le groupe conclut qu'il faut compter trois ans au moins d'études et de négociations pour définir au plan international un système assurant la sécurité de la navigation.

Comme pour les ponts mais dans une bien moindre mesure il faut envisager qu'à l'issue de ce délai les conclusions ne soient pas entièrement favorables au projet présenté.

Avant qu'une décision pour un tel type d'ouvrage puisse être prise, des essais et des études, relativement coûteux, doivent être menés.

Bien que plus réduits que pour les ponts, il restera dans ce parti des risques d'accident de navigation pouvant entraîner pollution et dommages.

Annexe D

Solutions composites

Description

D.1. Les solutions composites comportent des ponts routiers partant des côtes jusqu'à des points situés en limites des chenaux principaux de navigation ; en chacun de ces deux points est établie une île artificielle dans laquelle la route descend à un niveau inférieur à celui du fond marin et pénètre dans un tunnel routier immergé reliant les deux îles. Cette solution peut aussi comporter un tunnel ferroviaire immergé allant d'une côte à l'autre ; entre les îles, le tunnel est alors de plus grande section pour contenir aussi les voies routières. Des îles de ventilation intermédiaires, espacées de 6 km, environ, sont construites entre les îles principales.

D.2. Un tracé possible est représenté sur la figure 1, mais le meilleur tracé reste à déterminer en fonction des études du fond marin et des qualités des terrains rencontrés.

D.3. Le tunnel entre les îles repose sur la plus grande part de sa longueur sur un fond marin de profondeur supérieure aux 26 m requis pour la navigation et nécessite donc un minimum de dragage dans la mesure où l'ouvrage en saillie sur le fond ne modifierait pas le régime hydrologique ; dans le cas contraire il devrait être enterré complètement, avec une couverture de protection en remblai comme sur la figure 3.

Commentaires

Faisabilité

D.4. L'emploi d'aucun matériau nouveau n'est nécessaire pour les îles ou les tunnels immergés ; il pourrait en être employé sur les sections reliant les îles aux côtes si elles devaient comporter certains types de ponts suspendus (cf. annexe B).

Les techniques innovantes peuvent être utilisées dans la construction des ponts suspendus et des îles principales et de nouveaux matériels sont nécessaires pour poser les caissons des tunnels comme cela est décrit dans les annexes B et C respectivement.

Le groupe estime qu'une telle option peut être étudiée tout en rappelant ses observations sur les projets de tunnels immergés et en signalant que la construction des grandes îles en pleine mer peut poser également des problèmes particuliers.

Sécurité de la navigation et protection des ouvrages

D.5. Cette solution pose les mêmes problèmes, respectivement que les tunnels immergés pour les chenaux principaux et les piles de pont pour les appuis des ponts routiers dans les zones côtières et pour les grandes îles principales.

C'est donc la solution qui présente la plus grande variété de risques du point de vue de la navigation.

En particulier les zones côtières étant accessibles à de gros navires la navigation serait beaucoup plus gênée par des viaducs constitués de travées de faibles portées (125 à 250 m ont été envisagés) et comportant donc un grand nombre de piles, que par des ponts suspendus de très grandes portées analogues à ceux analysés dans l'annexe B. Comme en outre l'encombrement et le coût de la protection d'un grand nombre de piles deviendraient prohibitifs, il conviendrait, pour avancer dans l'élaboration de cette solution, soit de résoudre les problèmes posés par de très grandes travées suspendues, soit de rechercher une valeur acceptable de la portée unitaire pour des viaducs formés de travées rigides ; une valeur de 700 m paraît représenter un minimum. Quant aux obstacles occasionnés par la partie en tunnel, ils comportent à coup sûr une île artificielle au milieu du chenal côté français et éventuellement suivant le tracé adopté une île au milieu de l'autre chenal.

Hydrologie

D.6. Même si le tunnel immergé est placé dans une tranchée et ne fait pas saillie sur le fond naturel, l'obstruction du détroit due à la liaison composite est au moins égale à celle d'un grand pont en raison de l'encombrement des îles principales et de l'augmentation du nombre de piles des viaducs côtiers ; une étude d'ensemble sur modèle hydraulique s'impose donc de toutes façons.

Ventilation des tunnels routiers

D.7. Les considérations développées dans l'annexe C sur la ventilation des tunnels immergés sont pleinement valables pour le tunnel de 18 à 20 km de longueur franchissant les chenaux principaux.

Îles principales

D.8. Les éléments spécifiques du système sont les îles artificielles supportant les rampes par lesquelles les chaussées passent du tablier du pont situé à 60 m au-dessus du niveau de la mer au tunnel situé à 50 m au-dessous ; les deux îles concernées sont des structures en béton armé du

type « off shore » dont les dimensions excèdent notablement celles réalisées à ce jour pour l'exploitation pétrolière et sont néanmoins relativement étriquées du point de vue des tracés routiers.

On ne peut guère envisager de ce point de vue une emprise de moins de 500 m × 300 m conduisant à donner aux chaussées des rayons de 125 m et une pente d'environ 8 % pour un tracé qui ait une boucle complète (de forme ovale).

Autres risques

D.9. Cette solution cumule les autres risques mentionnés dans les annexes B et C respectivement pour la partie viaduc et la partie tunnel.

Planning

D.10. Le groupe estime qu'il faudra beaucoup de temps pour réaliser toutes les études et expérimentations liées à cette option ; en particulier, les îles principales demanderont des études poussées sur les méthodes de construction et la protection ultérieure, en sus des essais sur modèles hydrauliques d'ensemble et de détail permettant de prévoir leur influence à long terme sur le régime marin.

Estimations

D.11. Les estimations disponibles pour cette forme de liaison, y compris les terminaux côtiers, sont de l'ordre de 38 milliards de francs. Le groupe ne peut se prononcer sur la validité d'une telle estimation étant donné l'ampleur et la diversité des études et reconnaissances qui restent à faire pour assurer la faisabilité d'un projet, aujourd'hui incertaine.

Comme pour les ponts et les tunnels immergés, se pose le problème de la prise en charge des études nécessaires qui peuvent déboucher sur une conclusion négative.

Résumé

D.12. Le groupe considère que cette solution cumule les risques les plus importants et les difficultés les plus ardues des variantes ponts et tunnels immergés.

Annexe E

Tunnels forés

Description

E.1. Dans ce parti, la liaison fixe est obtenue par forage de tunnels dans le terrain en place à une profondeur variant de 30 à 60 m sous le fond de la mer et de 40 et 110 m sous le niveau de la mer. Les tunnels sont de section circulaire, plusieurs options ont été proposées pour ce qui est de leur nombre et de leurs diamètres. Le groupe a examiné les options suivantes :

— une liaison comportant deux tunnels, l'un de 4,50 m de diamètre à usage de galerie de service et l'autre de 6 m de diamètre dit tunnel principal contenant une voie ferrée ; cette solution est dite « tunnel unique de 6 m »,
— la même solution avec un tunnel principal de 7 m de diamètre ; cette solution est dite « tunnel unique de 7 m ».

— trois tunnels dont une galerie de service de 4,50 m de diamètre et deux tunnels principaux de 7 m de diamètre contenant chacun une voie ferrée ; cette solution est dite « tunnel double de 7 m » (voir figure 4).

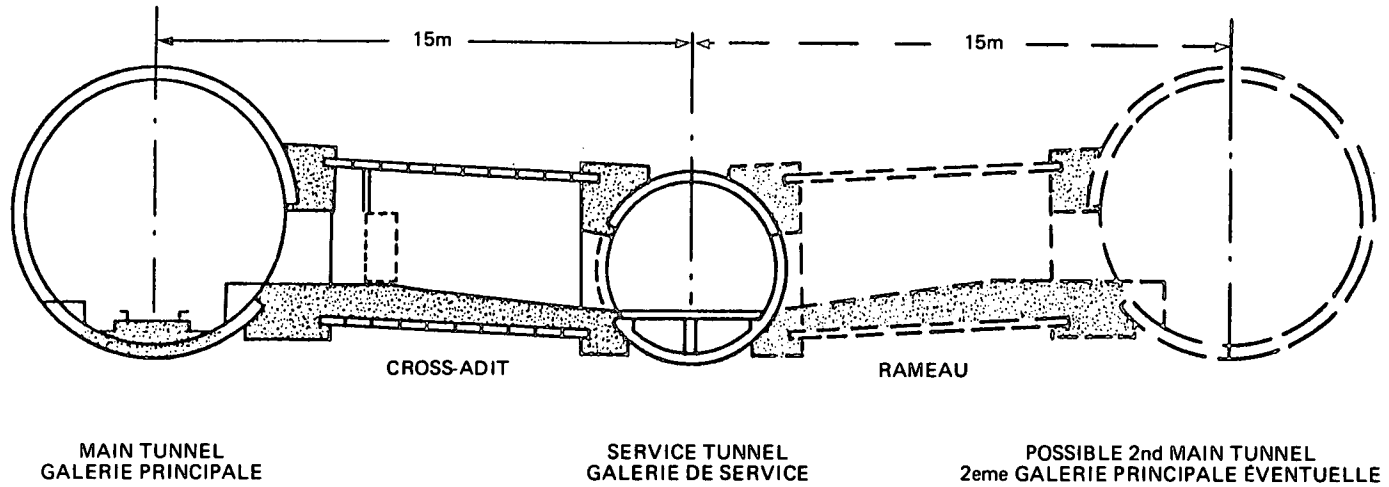
Dans toutes ces solutions les tunnels sont parallèles, à peu près au même niveau et sont distants d'environ 15 m ; ils sont reliés entre eux par des rameaux transversaux tous les 250 à 500 m suivant les projets, ils sont creusés à partir de leurs têtes et de puits d'attaque situés le plus près possible des côtes, ces derniers sont ensuite aménagés pour assurer la ventilation des ouvrages.

E.2. En 1974 un projet de tunnel foré du type « tunnel double de 7 m » avait été étudié jusqu'au stade des projets d'exécution ; les promoteurs de tunnels forés s'appuient tous sur ces études bien plus détaillées que celles faites sur les autres types de liaisons et le groupe a considéré également que les études pouvaient difficilement être affinées dans les délais et avec les moyens dont il disposait.

E.3. Le tracé ne saurait s'écarter de celui qui a été établi pour le projet de 1974, car on avait alors consacré de grands moyens à la détermination du tracé optimal au point de vue géologique (voir figure 1). Ce tracé est implanté en grande partie dans le banc de craie dit « craie inférieure » ou

Figure 4
TYPICAL BORED TUNNEL
TUNNEL FORÉ TYPE
Not to scale - Non à l'échelle

CROSS-SECTION - COUPE TRANSVERSALE



« craie bleue » ; ce terrain sédimentaire de l'ère tertiaire se situe à un niveau inférieur de l'étage dit du cénomanien faisant lui même partie du crétacé ; il est constitué d'une roche tendre, homogène, compacte et peu perméable, comportant une proportion d'argile de 20 à 60 % et ne contenant pas de silex ; les reconnaissances du sol sous la mer ont décelé plusieurs petites failles le long du tracé, qui n'ont pas été estimées très dangereuses pour le creusement du tunnel. Du côté français, à l'approche de la côte et dans la partie sous-terrestre le tracé remonte à travers des étages géologiques supérieurs du crétacé : craies moyenne et supérieure du cénomanien, turonien, sénonien ; ces couches de craies sont moins argileuses, plus dures, contiennent des silex et peuvent être très fissurées, de sorte qu'il faut s'attendre à de fortes arrivées d'eau lors du creusement du tunnel, mais ces arrivées doivent pouvoir être maîtrisées, compte tenu notamment de l'expérience acquise lors de la construction de la descenderie de Sangatte en 1974.

E.4. Côté britannique, l'origine des projets de tunnels examinés se trouve au nord-ouest de Folkestone, à une altitude d'environ 45 m ; côté français l'extrémité est au sud-ouest de Calais, sensiblement au niveau de la mer ; la longueur totale est de 49,5 km dont 8,5 km sous-terrestre côté anglais et 4 km sous-terrestre côté français ; la pente maximale est de 10,5 %.

E.5. Dans toutes les options les tunnels principaux sont équipés d'une voie ferrée électrifiée et le tunnel de service assure l'amenée d'air frais dans le tunnel principal et l'évacuation des personnes en cas de sinistre. Outre les tunnels proprement dits, la liaison comporte des terminaux plus ou moins développés selon les options, qui comprennent les raccordements de la voie ferrée du tunnel aux réseaux ferroviaires nationaux et éventuellement des installations de chargement et de déchargement de rames-navettes destinées à faire traverser le détroit par des véhicules routiers.

Commentaires

Faisabilité

E.6. Le projet fait appel à des techniques éprouvées et ne nécessite pas l'utilisation de matériaux nouveaux. Des études poussées ont déjà été effectuées et les aléas prévisibles ne sont autres que ceux inhérents au creusement d'un très long souterrain avec très peu de points d'attaque possibles. Ces aléas, qui proviennent essentiellement de la qualité du terrain, ne peuvent pas être complètement éliminés par des études si détaillées soient-elles ; cependant dans le cas présent il y a seulement des risques de majoration des délais et des coûts, restant très probablement à l'intérieur de valeurs raisonnables des provisions pour imprévus, le risque que l'ouvrage ne puisse pas être techniquement réalisé paraît exclu.

Sécurité de la navigation et protection du tunnel

E.7. Ce parti permet d'éviter toute interférence avec la navigation et donc n'entraîne aucun risque à cet égard.

Dimensionnement de la liaison par tunnels forés

E.8. Les valeurs adoptées dans les options rappelées ci-dessus pour les diamètres de tunnels résultent des considérations suivantes :

— le gabarit d'une voie ferrée électrifiée par caténaire et pouvant livrer passage au matériel ferroviaire continental nécessite un diamètre de tunnel d'au moins 6 m.

— dans les études de 1973-1974 sur les rames-navettes, les voitures particulières devaient être transportées dans des wagons à double étage avec à chaque étage une hauteur libre d'environ 2 m et une largeur de l'ordre de 3,80 m permettant aux conducteurs et passagers de rester avec leurs voitures pendant tout le voyage ; des wagons à un seul niveau devaient charger dans les mêmes conditions les autocars, les caravanes et les camions de hauteur maximale 4,30 m environ. Le matériel roulant correspondant nécessitait un gabarit plus grand que le précédent et un diamètre de l'ordre de 7 m avait été en conséquence adopté pour les tunnels principaux,

— enfin le diamètre de la galerie de service avait été fixé en 1974 à 4,50 m cette valeur étant jugée minimale pour permettre une excavation efficace (par un tunnelier pleine-face) et ensuite son utilisation pour la reconnaissance du terrain en avant de l'attaque des tunnels principaux. Le groupe n'a pas fait d'examen critique de ces dimensionnements et a convenu, se conformant à l'usage établi, d'appeler :

— « tunnel unique de 6 m » le projet comportant un seul tunnel principal utilisable seulement par des trains classiques ;

— « tunnel unique de 7 m » et « double tunnel de 7 m » les projets comportant respectivement un et deux tunnels principaux accessibles à des rames-navettes.

Mais le groupe estime que ces valeurs nominales des diamètres, y compris celui évoqué pour la galerie de service, ne doivent pas être adoptées comme des valeurs exactes ; celles-ci devront être déterminées à l'issue d'études complémentaires plus détaillées et de mises à jour de celles de 1974, notamment sur divers points évoqués ci-après.

Phasage de la réalisation des tunnels de 7 m

E.9. Le tunnel unique de 7 m peut être exploité dans un premier temps avec des trains classiques à l'exclusion de navettes, les terminaux et le matériel roulant des navettes n'étant pas construits ; la réalisation de ces éléments supplémentaires de la liaison permet dans un second temps de mettre en service le transport des véhicules routiers par transbordement.

On peut envisager de réaliser d'abord un tunnel unique de 7 m puis de creuser un second tunnel de 7 m pour réaliser le « double tunnel de 7 m » ; ce dernier ne se conçoit qu'avec des navettes étant donné sa capacité très supérieure aux seuls besoins ferroviaires classiques ; les terminaux peuvent être réalisés également par phases, par exemple une première

phase prévoyant des installations de transbordement plus petites, proportionnées à la capacité du tunnel unique de 7 m.

Dans le projet de « double tunnel de 7 m phasé » le premier ouvrage construit et mis en exploitation doit être doté dès l'origine des réservations permettant d'y adapter plus tard le second tunnel principal sans gêner, ni a fortiori interrompre l'exploitation et sans trop gêner non plus le chantier. Les principales contraintes proviennent d'une part des rameaux transversaux reliant les trois tunnels entre eux et utilisés notamment pour la ventilation et la sécurité, d'autre part des « traversées-jonctions » demandées par les exploitants ferroviaires pour relier en des points intermédiaires de la liaison les deux voies ferrées à sens unique, c'est-à-dire les tunnels entre eux.

Le groupe observe que ces questions restent à étudier, le projet de 1974 prévoyant la mise en service simultanée des deux tunnels avec des navettes.

Ventilation - refroidissement - pistonnement - désenfumage

E.10. Le problème le plus important, qui n'a pas encore trouvé de solution, est celui du refroidissement des tunnels et des problèmes d'aération connexes, même si de l'avis du groupe il doit exister des solutions efficaces dont le coût ne soit pas dirimant. La même conclusion figurait dans les comptes rendus des études des années 1970 à 1974 et avait recueilli l'accord des parties concernées (gouvernements, réalisateurs, chemins de fer) ; le problème du tunnel unique a d'autre part fait l'objet d'un examen par les chemins de fer dans le cas d'une exploitation ferroviaire classique.

Les questions à résoudre portent :

- sur le confort des voyageurs et du personnel, notamment dans le cas de rames-navettes qui ne sont pas susceptibles d'être très isolées de l'ambiance du tunnel ni a fortiori climatisées ;
- sur l'intensité des « coups de piston » dûs à la pénétration rapide du train dans l'air enfermé dans le tunnel, notamment dans l'option du tunnel unique où il n'est pas possible de faire circuler l'air grâce à des rameaux entre les deux tunnels principaux parcourus en sens inverse ;
- sur l'évacuation des fumées en cas d'incendie et notamment la protection contre l'enfumage des espaces servant au secours.

Ventilation et évacuation de la chaleur

E.11. La façon de résoudre le problème dépendra des études ultérieures visant à appréhender de manière plus précise les quantités de chaleur dégagées par le passage des trains, celles qu'il est possible d'extraire par différents systèmes de ventilation etc. Ces facteurs ne sont en effet pas indépendants de la manière de résoudre les effets de piston ou de traiter l'évacuation des fumées. Une première méthode consiste à porter le diamètre du tunnel de service de 4,50 m à 5,50 m, de façon à y réserver, dans sa partie supérieure une galerie d'environ 6 m². Cette galerie, reliée à intervalles réguliers au tunnel principal, atténuerait l'effet de piston et,

munie de ventilateurs, permettrait l'extraction des fumées. Le reste du tunnel de service serait utilisé pour l'apport d'air neuf, qui serait refroidi avant son introduction dans la galerie. Cette solution est sans doute la meilleure sur le plan aérodynamique mais risque d'être la plus chère, surtout si la construction d'un tel tunnel de service, à 5,50 m de diamètre, ne pouvait se faire sans galerie pilote.

Une seconde méthode consiste à garder le diamètre prévu (4,50 m) au tunnel de service pour l'alimentation en air frais et à refroidir l'air enfermé dans le tunnel à l'aide d'échangeurs où circulerait de l'eau réfrigérée.

Les problèmes en cause sont liés d'autre part à la capacité de la liaison : en augmentant le nombre de trains on augmente la quantité de chaleur à évacuer ; en outre l'énergie dépensée par chaque train et par conséquent la chaleur qu'il dégage, augmente comme le carré de sa vitesse au moins. Des réserves ont été émises sur la possibilité, dans le cas du projet de 1974, de neutraliser toute la chaleur en excédent, en cas d'utilisation maximale des deux tunnels principaux, avec des appareils internes de réfrigération ; au demeurant, la construction d'une deuxième galerie de service peut toujours être envisagée pour augmenter le débit d'air neuf insufflé.

En fait les problèmes de ce type ont été posés avec acuité depuis dix ans par les développements de nouvelles lignes de métro dans les grandes agglomérations et il importe de se fixer d'abord des normes de confort adaptées aux usagers qu'on souhaite accueillir (par exemple, certaines solutions supposent une élévation de la température dans le tunnel jusqu'au 36°C les jours de pointe d'été, avec un fort taux d'humidité !). Par ailleurs un caractère spécifique des ouvrages souterrains est qu'il est très difficile et coûteux, voire impossible, d'en agrandir après coup telle ou telle partie pour satisfaire à de nouvelles exigences fonctionnelles ou remédier à une insuffisance du premier équipement.

La conclusion du groupe sur ce point est que si on prend la décision de principe de réaliser la liaison fixe par un tunnel foré, il est indispensable d'entreprendre immédiatement des études approfondies des installations d'aération et de refroidissement, y compris des expérimentations en vraie grandeur, et de les mener au même degré de détail que les études de gros œuvre et d'équipements ferroviaires faites à fin 1974, afin d'arrêter seulement ensuite le dimensionnement et les principales dispositions du gros œuvre en fonction des résultats de ces études.

Risques

E.12. Le seul risque important de construction est celui de la rencontre d'une faille géologique. Il est improbable qu'avec les techniques actuelles cela puisse mener à l'abandon du projet, mais si c'était le cas, le tunnel pourrait être simplement noyé et abandonné et aucune intervention des gouvernements ne serait nécessaire. Les risques de ruine par sabotage sont très faibles, étant donné l'épaisseur des terrains de couverture de l'ouvrage. Il reste le risque particulier des trains, des passagers, du personnel et des marchandises transportées, mais ce risque peut être minimisé par des systèmes de sécurité de toutes sortes.

Estimations

E.13. Les estimations disponibles se situent dans un éventail de prix de 9 milliards de francs pour le tunnel unique de 6 m, à 18 milliards pour un double tunnel de 7 m. Le groupe n'est pas entré dans le détail de ces estimations considérant que compte tenu de l'expérience acquise les chiffres ont tout lieu d'être corrects, sauf en cas d'accident géologique majeur non connu actuellement qui provoquerait un retard et un supplément de prix, ce qui est jugé improbable.

Résumé

E.14. Le groupe estime que la solution du tunnel foré est à l'heure actuelle la mieux élaborée au plan technique, sous la seule réserve que soient bien résolues les questions pendantes dans le domaine de la ventilation et du refroidissement.

C'est le seul type d'ouvrage qui puisse effectivement être mis en chantier à court délai.

Annexe F

Capacité des divers ouvrages et des réseaux de transport auxquels ils sont connectés

F.1. Les appréciations de la capacité des divers ouvrages sont à classer dans deux chapitres, l'un relatif au rail et l'autre à la route. Pour les partis qui assurent une liaison routière, il faut voir si sa capacité correspond à celle des routes d'accès de chaque côté du détroit, éventuellement améliorées. Pour les liaisons ferroviaires, il faut considérer la capacité d'une part des tunnels uniques (de 6 m ou de 7 m de diamètre) et d'autre part du tunnel double. La capacité d'un tunnel ferroviaire immergé ne diffère pas sensiblement de celle du tunnel foré équivalent. Les capacités des tunnels doivent ensuite être comparées avec celles des infrastructures ferroviaires de chaque côté du détroit.

Rail

Tunnel double de 7 m

F.2. Les principaux facteurs dont dépend la capacité sont l'intervalle de temps entre trains successifs (espacement) et la longueur et la charge utile des trains. La signalisation proposée pour le projet de tunnel double abandonné en 1974 devait permettre d'acheminer 24 trains par heure dans chaque sens, avec un espacement de 2 mn 1/2. En admettant un arrêt total du trafic de 4 h par jour pour l'inspection et l'entretien, ceci donne une capacité théorique de 480 trains par jour dans chaque sens. Dans le projet de 1974, le trafic était un mélange de trains de voyageurs et de marchandises en transit, de navettes à double étage pour les voitures, de navettes à un seul étage pour les voitures et autocars, et de navettes pour les camions. Etant donnée la souplesse du dispositif du double tunnel et la régulation de la marche des trains rendue possible par les techniques modernes de signalisation une capacité proche du maximum théorique peut probablement être obtenue.

Tunnel unique de 6 m ou de 7 m

F.3. En plus des facteurs mentionnés en F.2, la capacité d'un tunnel unique dépend du nombre de trains se succédant dans chaque sens (batterie), et du temps d'aller et retour (durée du cycle) pour les navettes. Le temps de battement exigé à chaque changement de sens est important aussi, de même que la nécessité éventuellement de limiter le nombre de trains présents simultanément dans le tunnel pour des raisons de sécurité. Pour leur projet de tunnel de 6 m, qui livre passage seulement au trafic ferroviaire en transit, les BR et la SNCF prévoient un espacement moyen de 5 mn, des batteries de 10 trains, un battement de 10 mn et une durée du cycle de 180 mn. Sur cette base, et en admettant un arrêt total de 6 h par jour, ils arrivent à une capacité de 60 trains par jour dans chaque sens. Examinant l'alternative d'un tunnel unique de 7 m, ils ont admis, sous quelques réserves, de porter ce chiffre à 70 trains par jour dans chaque sens.

F.4. Une estimation de la capacité d'un tunnel unique de 7 m a été faite indépendamment par l'Inspection des chemins de fer du département britannique des Transports. Elle a prévu un mélange de trains en transit et de navettes, un espacement de 2 mn 1/2, un battement de 5 mn, et une durée d'arrêt total de 4 h ; elle a montré que la capacité du tunnel augmente avec le nombre de trains par batterie, mais que plus le cycle est long plus il devient difficile d'offrir un horaire commercialement attrayant ; des cycles de plus de 200 mn, bien que réalisables, impliquent une mauvaise utilisation des navettes et des terminaux de taille excessive, et soulèvent des problèmes de sécurité du fait du nombre de trains présents simultanément dans le tunnel. Le cycle optimum a été fixé à 150 mn, donnant une capacité théorique de 15 sillons par batterie avec 8 batteries dans chaque sens par journée de 20 h. En prévoyant qu'en pratique une moyenne de 12 sillons par batterie sera utilisée, il en résulte une capacité de 96 trains par jour dans chaque sens.

Ces appréciations divergentes n'ont pu être conciliées et dans son travail, le groupe a tenu compte de capacités totales pouvant se situer entre 140 et 190 trains par jour. Pour les calculs économiques, le chiffre 150 trains par jour a été retenu.

Capacité des infrastructures ferroviaires existantes

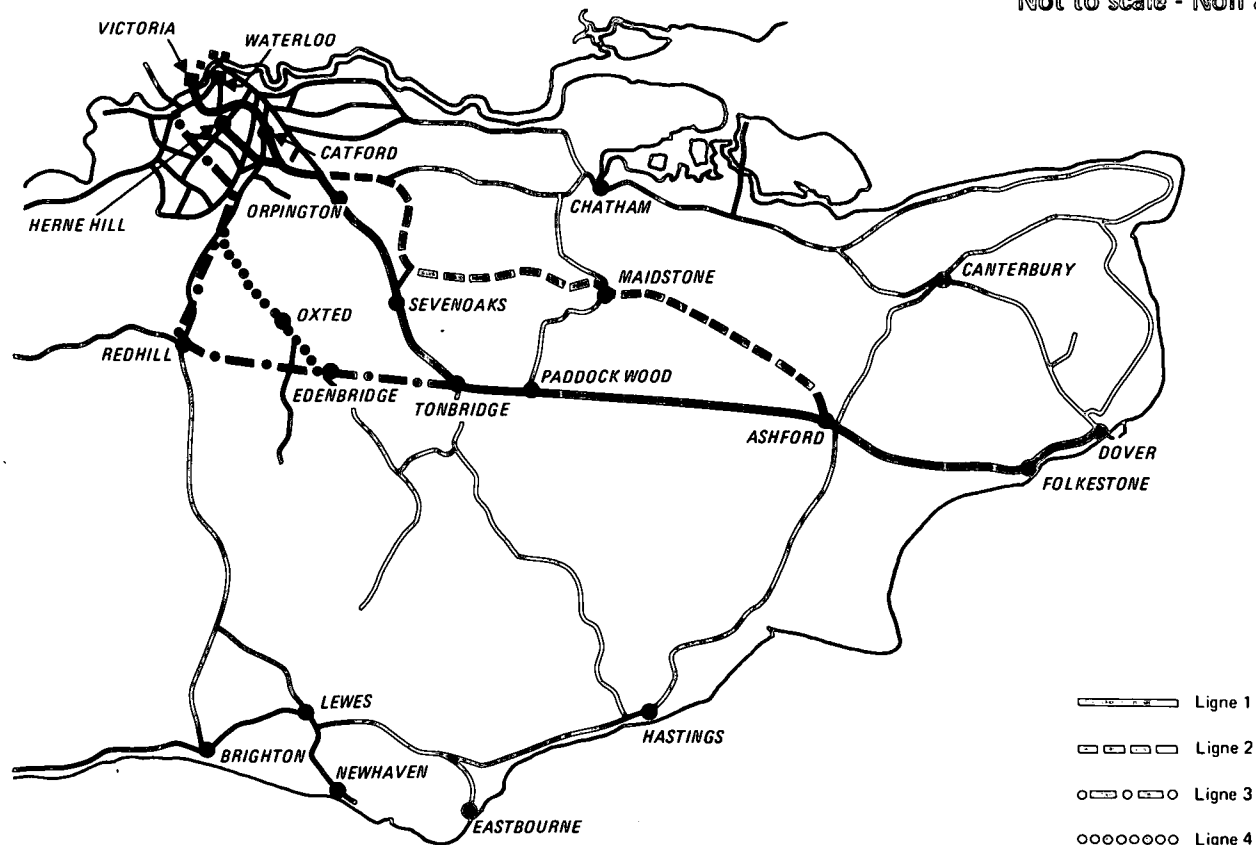
F.5. Cette question a été assez sommairement examinée. D'une façon générale, les limitations de capacité sont susceptibles d'être plus critiques du côté britannique que du côté français en raison de la consistance du réseau de la région sud des chemins de fer britanniques.

Chemins de fer britanniques, région Sud

F.6. Les itinéraires envisageables entre le tunnel et Londres sont représentés sur la figure 5. En pratique, tous les sillons réservés à des « trains-bateaux » (1) réguliers utilisent l'itinéraire n° 1 qui est électrifié de bout en

(1) Trains directs assurant la correspondance avec les bateaux au départ et à l'arrivée.

Figure 5
 RAIL INFRASTRUCTURE - ENGLAND
 INFRASTRUCTURE FERROVIAIRE - ANGLETERRE
 Not to scale - Non à l'échelle



bout par 3^e rail en 750 V continu. L'itinéraire n° 2 est aussi électrifié mais est plus long et plus sinueux. L'itinéraire n° 3 n'est pas électrifié actuellement entre Tonbridge et Redhill. L'itinéraire n° 4 était un de ceux envisagés pour réaliser la ligne à grande vitesse entre Londres et le tunnel en 1974 ; il n'y a actuellement pas de jonction entre les lignes d'Oxted et Redhill-Tonbridge. Les BR prévoient d'améliorer l'itinéraire 1 que le tunnel soit construit ou non ; si un tunnel unique est construit, les BR entreprendront des améliorations supplémentaires sur les itinéraires 1 et 2, comprenant une signalisation réversible entre Ashford et l'entrée du tunnel, une signalisation rénovée entre Ashford et Otford, et des voies d'évitement additionnelles pour les trains de marchandises. Ils électrifieront et resignaliseront aussi la section Redhill-Tonbridge de l'itinéraire 3. Le coût de ces améliorations est estimé à 250 MF (en prix de janvier 1981).

F.7. Avec ces améliorations, on peut programmer environ 36 trains par jour moyen dans chaque sens, ce qui suffit pour écouler la totalité du trafic ferroviaire prévu. Des services supplémentaires peuvent aussi être mis en place pour répondre aux pointes de trafic du tunnel à des heures où ils n'entreraient pas en conflit avec les pointes de trafic de banlieue de la région sud. Les trains de marchandises sont moins difficiles à faire passer car la majorité d'entre eux peut éviter d'emprunter les lignes de la proche banlieue de Londres où apparaissent la plupart des difficultés d'horaires. On a aussi plus de souplesse dans la fixation de leurs délais de route et de leurs itinéraires.

En fait la marge d'incertitude qui subsiste affecte l'aptitude de la région sud à fournir un service voyageurs vraiment fiable, car tous les trains en cause devront circuler sur le réseau déjà saturé qui dessert la proche banlieue.

F.8. Le doublement du tunnel quadruple environ la capacité de la liaison. La majeure partie de cet accroissement est utilisée par les navettes mais le trafic en transit en bénéficierait évidemment aussi ; en outre, ce trafic ne serait plus astreint au regroupement par batteries. Selon la prévision du trafic faite par le groupe, il est improbable que le trafic ferroviaire classique soit alors substantiellement supérieur à celui d'un tunnel unique, de sorte que la capacité de la région sud doit suffire.

F.9. Les chemins de fer britanniques prévoient aussi de réaliser un nouveau terminus à la gare de Waterloo pour recevoir le trafic du tunnel ; le coût de l'ouvrage est estimé à 610 MF et il faudrait faire aussi d'autres travaux à Londres pour environ 390 MF.

F.10. Une contrainte d'exploitation réside dans l'impossibilité pour le matériel roulant continental au gabarit UIC d'emprunter le réseau des BR. Ce matériel est en général un peu plus large, plus haut, et plus long que le matériel des BR et il comporte des dispositions différentes, telles qu'il ne peut pas toujours passer dans les tunnels et les stations des BR. Les trains directs Londres-Paris et Londres-Bruxelles devront être construits spécialement pour ces services et le matériel continental ne pourra pas dépasser le terminal britannique du tunnel.

SNCF

F.11. Les itinéraires existants entre Calais, Paris et Bruxelles sont indiqués sur la figure 6.

Les deux principaux axes de circulation ferroviaire desservant le tunnel passent soit par Hazebrouck soit par Boulogne. Les sections de ligne Calais-Boulogne-Amiens et Calais-Hazebrouck ne sont pas électrifiées. La SNCF envisage l'électrification de cette dernière section (dont le coût est estimé à 300 MF, valeur juin 1981) pour desservir le tunnel, dès son ouverture, sans exclure la possibilité de développer le premier axe (voir paragraphe F.13.). Vu la relativement faible utilisation de ces lignes actuellement, il apparaît que le trafic engendré par un tunnel unique poserait peu de problèmes et que même l'accroissement prévisible dans le cas d'un tunnel double ne nécessiterait pas d'investissement majeur.

Durées de trajet

F.12. Avec les horaires actuels, le « train-bateau » le plus rapide met 1 h 25 mn de Londres à Folkestone, soit une vitesse moyenne de 83 km/h pour un trajet de 188 km. Entre Calais-Maritime et Paris-Nord le meilleur temps est 2 h 55 mn, soit une vitesse moyenne de 102 km/h sur une distance de 299 km. Sur ces bases, et en supposant un temps de parcours du tunnel de 35 mn (et sans ajouter de délai pour les douanes, l'immigration, et le changement de locomotive) le meilleur temps pour le trajet Londres-Paris serait de 4 h 55 mn.

F.13. La SNCF procédera comme il a été dit plus haut, aux travaux d'électrification de la section de ligne Hazebrouck-Calais-Frethun de façon à ce que, dès l'ouverture du tunnel, les trains soient tractés électriquement jusqu'à la sortie britannique du tunnel. Le temps de trajet Paris-Frethun serait alors ramené à 2 h 30 mn. Il paraît possible de gagner encore 10 mn en aménageant l'ensemble de la ligne de façon à autoriser les trains à circuler à 200 km/h, vitesse maximale compatible avec le tracé de la voie. (Une estimation grossière de ces travaux a été chiffrée par la SNCF : environ 300 MF, valeur juin 1981). Aller au-delà suppose la construction d'une ligne nouvelle TGV (branche occidentale du TGV Nord).

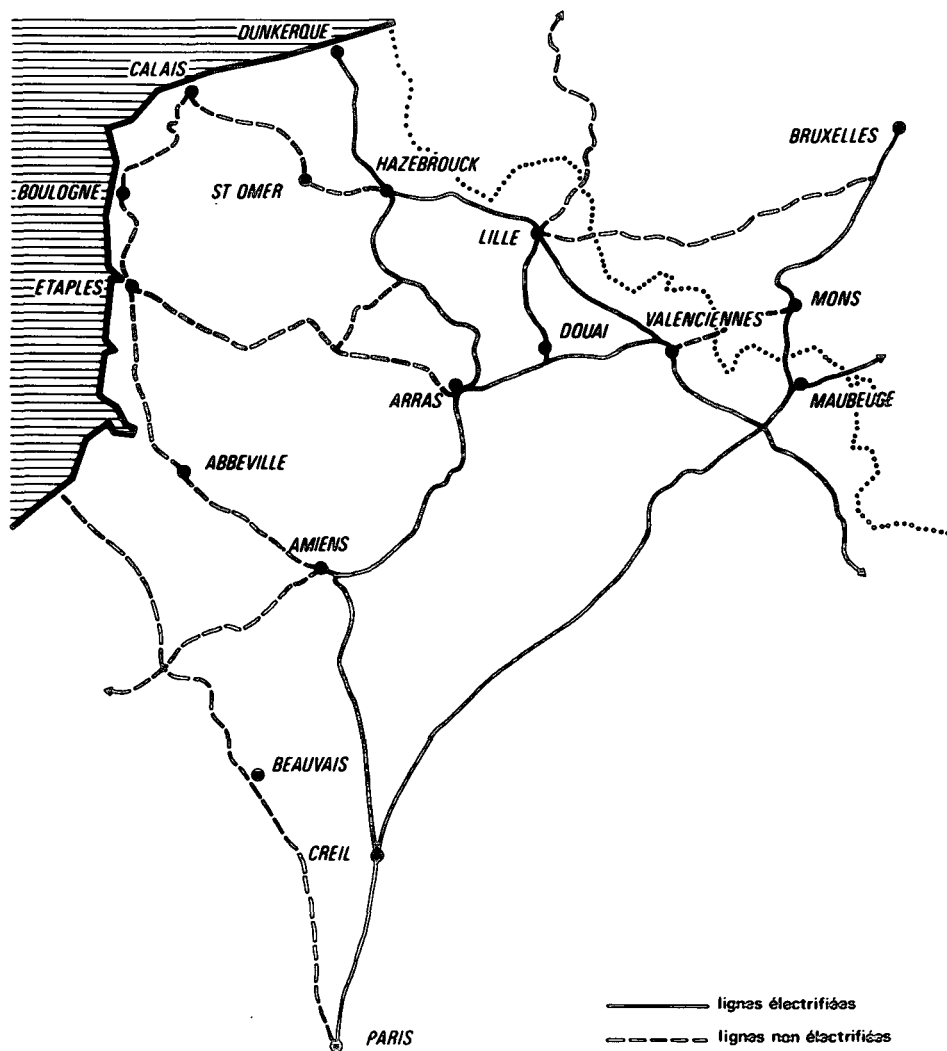
F.14. Cependant une solution intermédiaire, envisagée au titre du projet du tunnel abandonné en 1975, pourrait consister à utiliser la ligne Amiens-Boulogne-Calais, qui raccourcit le trajet de Paris au tunnel d'environ 30 km. Le temps de parcours serait dans cette hypothèse d'environ 2 h 15 mn, mais il serait nécessaire :

- d'électrifier la ligne Amiens-Boulogne-Calais,
- d'améliorer son tracé et de renforcer la voie,
- de l'équiper en block automatique à cantons courts.

Le montant de ces travaux peut être estimé sommairement à 630 MF (ils ne dispensent pas de l'électrification Hazebrouck-Calais).

F.15. Parallèlement BR estime pouvoir acheminer les trains entre Londres et l'extrémité ouest du tunnel en 1 h 10. Si bien que l'on peut espérer un temps de trajet Paris-Londres, à l'ouverture du tunnel compris entre 4 h 15 mn (1 h 10 mn + 35 mn + 2 h 30 mn) et 4 h (1 h 10 mn + 35 mn + 2 h 15 mn).

Figure 6
INFRASTRUCTURES FERROVIAIRES - FRANCE
RAIL INFRASTRUCTURE - FRANCE
 Non à l'échelle - Not to scale



F.16. Une durée de 4 h (comparée à la durée de 4 h 30 mn prise en considération dans les calculs économiques) permettrait une bien meilleure compétitivité par rapport à l'avion, sous réserve que le réseau ferroviaire britannique puisse faire face au trafic supplémentaire avec une qualité de service satisfaisante. En cas de décision positive, des études complémentaires devront être menées sur ce point, en liaison avec les deux compagnies de chemin de fer.

F.17. Les temps de parcours entre Londres et Bruxelles n'ont pas été étudiés en détail mais sont soumis aux mêmes types de contraintes ; s'y ajoutent les problèmes soulevés par le fait que l'électrification des chemins de fer belges est encore à un voltage différent.

Routes

Infrastructures routières

F.18. Les routes menant à la région de Douvres sont indiquées sur la figure 7. Actuellement les voitures et les camions utilisent soit l'axe M 2/A 2 conduisant à Douvres soit l'axe A 20 - A 259 - M 20 qui traverse en partie les villes de Folkestone et Douvres. Les passagers à pied venant par chemin de fer à Douvres prennent un car entre la gare de Douvres-Priory et le quai, ou utilisent les « trains-bateaux » spéciaux qui vont directement au quai. Si une liaison fixe est mise en service en 1992, les autoroutes M 25 et M 20 auront été terminées ; du carrefour giratoire proche de l'extrémité de la M 20 à Cheriton et branché également sur la A 20, une très courte antenne suffira pour raccorder le terminal du tunnel de Cheriton.

Pour les projets de liaisons routières, qui tous atterrissent juste à l'est de Folkestone, une nouvelle route serait nécessaire pour se raccorder à l'actuelle A 20 ; toutefois la voie de branchement serait plus courte si le nouveau tracé projeté pour l'A 20 était construit. Il n'y a pas de problèmes prévisibles dans le cas d'un tunnel avec navettes ni pour des partis de liaison routière sauf peut-être une congestion lors des pointes d'été due au trafic local en période de vacances.

F.19. Côté français, les principales routes utilisées actuellement par le trafic routier en provenance ou à destination de la Grande-Bretagne figurent sur la figure 8.

La région Nord-Pas-de-Calais est bien reliée à l'ensemble du réseau autoroutier européen. Dunkerque est desservi par l'autoroute A 25. L'autoroute A 26 atteint Saint-Omer et va être poursuivie prochainement jusqu'à Nordausques. Boulogne est reliée à l'autoroute A 26 par la RN 42 en cours de mise à 2 x 2 voies.

Figure 7
ROAD INFRASTRUCTURE - ENGLAND
INFRASTRUCTURE ROUTIERE - ANGLETERRE
 Not to scale - Non à l'échelle

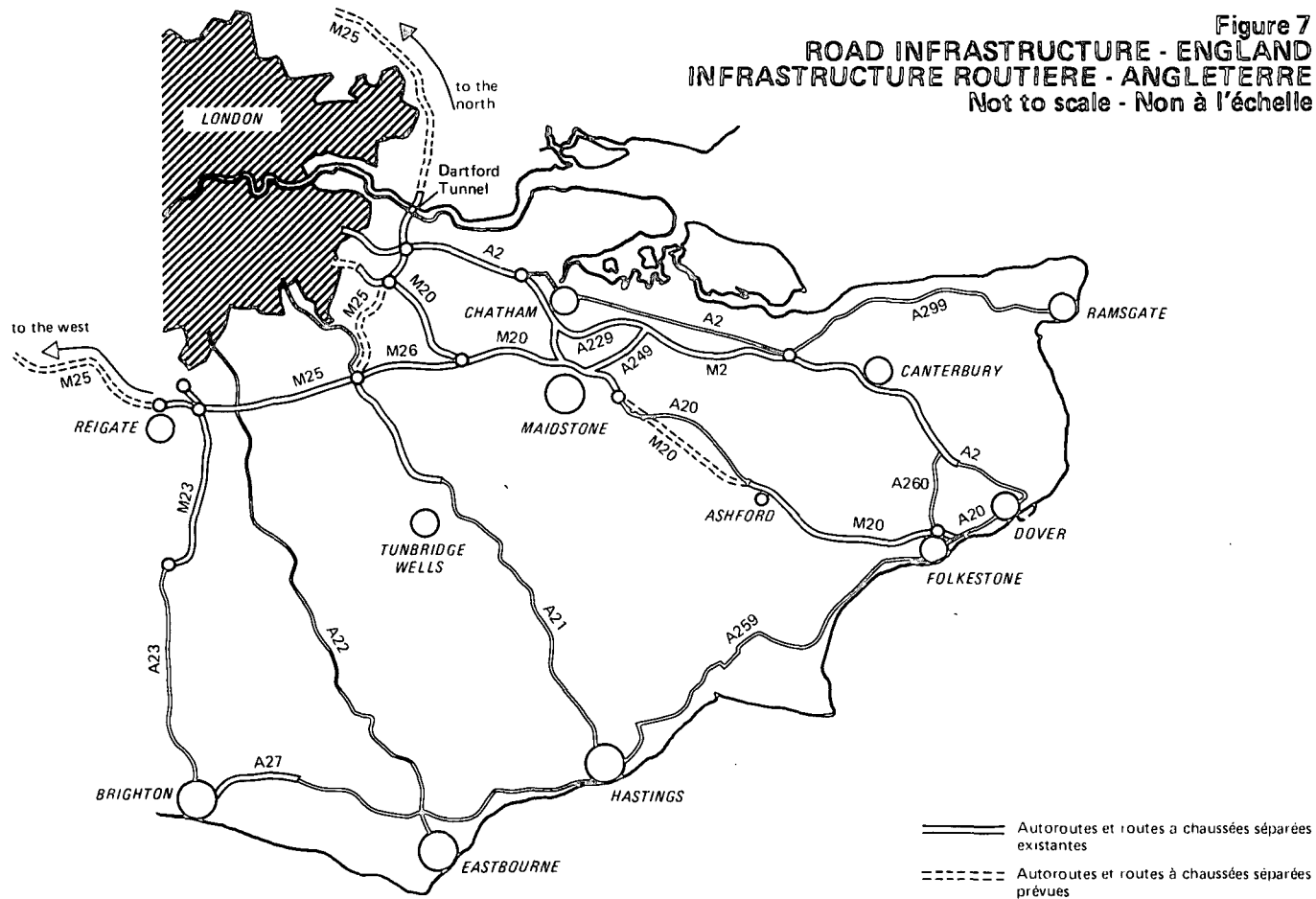
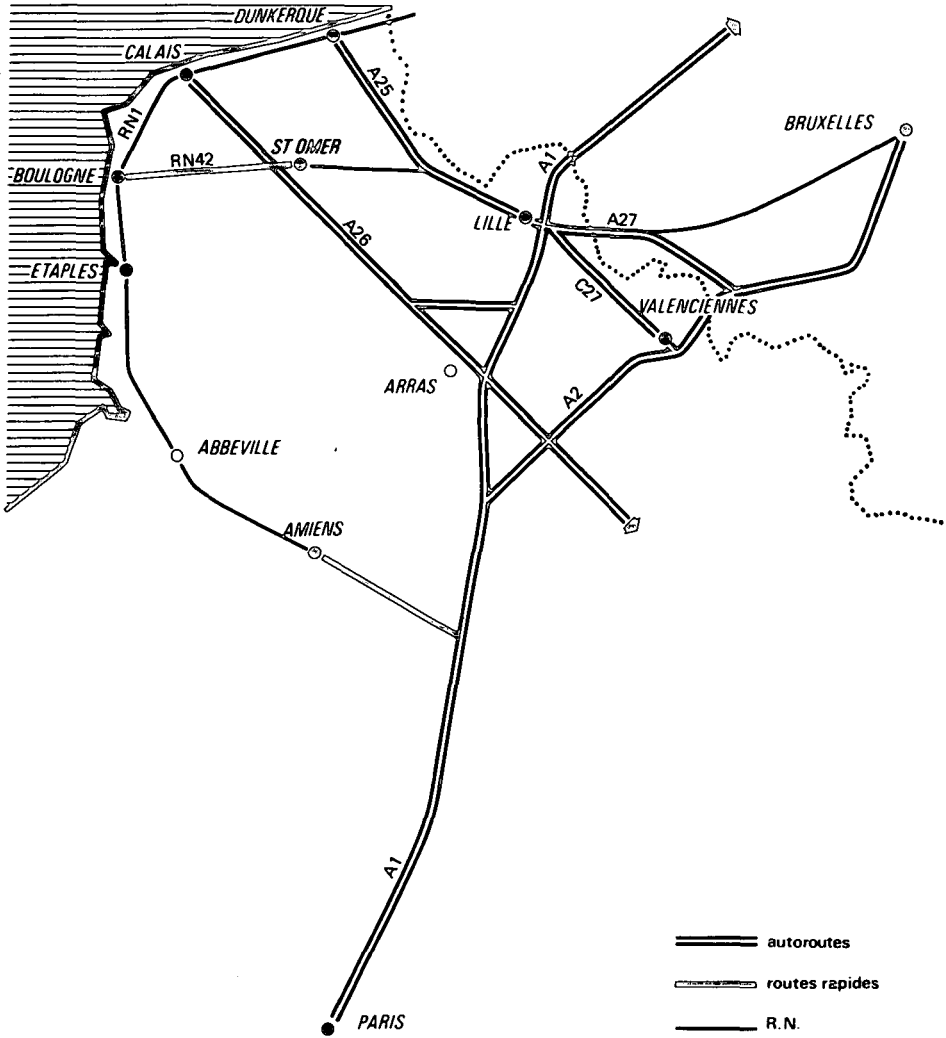


Figure 8
INFRASTRUCTURE ROUTIERE - FRANCE
ROAD INFRASTRUCTURE - FRANCE
 Non à l'échelle - Not to scale



Aujourd'hui, les itinéraires difficiles sont la RN 43 entre Calais et Saint-Omer à 2 voies, la route littorale (RN 41) et la RN 42 entre Boulogne et Saint-Omer en grande partie à 2 voies. Les deux premières sont très proches de la saturation.

Dans un avenir compatible avec l'ouverture d'un lien fixe éventuel l'autoroute A 26 atteindra Calais et sera poursuivie vers Reims ; les infrastructures prévues au schéma directeur d'aménagement et d'urbanisme de Calais pour la desserte du terminal du tunnel et dont les emprises sont réservées aux plans d'occupation des sols des communes concernées pourront être réalisées.

Une voie rapide pourra également être réalisée pour la desserte du littoral tant en direction de Dunkerque et la frontière belge qu'en direction de Boulogne, Amiens et Paris.

Des suppressions de points noirs et l'aménagement de contournement d'agglomérations (Boulogne et doublement de la déviation de Loon-Plage) sont d'ores et déjà prévus sur la RN 1 et une étude d'aménagement de la liaison entre Dunkerque et le réseau autoroutier du littoral belge est en cours.

L'ensemble de ces aménagements fait l'objet d'un programme contractuel entre l'Etat et la région Nord-Pas-de-Calais dont une des priorités majeures est la desserte du littoral.

Ainsi ces infrastructures autoroutières ou à grande circulation devraient sans problème supporter le trafic escompté à travers les différentes solutions de lien fixe et le trafic local sauf peut-être les jours de grand départ.

Examen projet par projet

F.20.1. Ponts :

Selon les normes britanniques et françaises, un pont à 2 × 2 voies doit avoir une capacité suffisante pour écouler les trafics prévus.

F.20.2. Tunnels immergés et solutions composites :

Le principe de ces projets est une route à 2 × 2 voies qui offre amplement la capacité requise pour les trafics prévus ; si une ou deux voies ferrées s'y ajoutent les chiffres du paragraphe suivant s'y ajoutent.

F.20.3. Tunnels forés (principe) :

Il y a beaucoup de mélanges possibles de trains traditionnels et de navettes, et sans aucun doute, ils varieront à l'usage pour répondre à la demande, par exemple avec une plus grande proportion de navettes pour voitures lors de la pointe d'été. La demande dépendra du type de tunnel et de la qualité du service offert, par exemple suivant que les trains sont ou non regroupés en batteries. Le nombre total de services offerts en principe par un tunnel unique est, d'après les paragraphes F.3. et F.4. ci-avant, soit de 70 soit de 96 trains dans chaque sens ; pour un tunnel double, il peut atteindre d'après le paragraphe F.2., 480 trains dans chaque sens.

Capacité des trains

F.21. Pour les besoins du calcul, il a été supposé que les capacités des trains étaient les suivantes :

- Trains de voyageurs : maximum 950 passagers (moyenne 760)
- Trains de marchandises : charge utile moyenne : 400 tonnes
- Navettes pour voitures (double étage) : maximum 268 voitures, transportant chacune en moyenne 2,5 personnes
- Navettes pour autocars (un seul étage) : maximum 26 autocars, transportant chacun en moyenne 40 personnes
- Navettes pour camions : maximum 26 camions, transportant chacun en moyenne une charge utile de 10,5 tonnes.

F.22. Nous avons aussi supposé que pendant la période de pointe (juillet-août) le trafic mensuel serait de 15 % du total annuel et que les jours de pointe de ces mois le sens le plus chargé représenterait les 2/3 du total.

F.23. Le trafic de marchandises est supposé susceptible de s'égaliser sur tous les jours de l'année et ne pas augmenter dans les proportions ci-dessus. Il y a en fait une diminution du trafic de marchandises en août.

Prévisions de trafic

F.24. A partir des prévisions fournies dans le tableau J.6. les chiffres « optimistes » pour les années 1992 et 2000 ont été convertis en charges de trains, selon les bases données ci-avant ; si ce trafic peut être assuré, il en sera de même plus aisément de trafics moindres.

Tunnel unique de 6 m ferroviaire sans navette

F.25. Nombre total de trains nécessaires pour assurer le trafic journalier de pointe dans le sens le plus chargé :

	1992	2000
Trains de voyageurs de jour (supposés remplis à 80 %)	38	49
Trains de marchandises (supposés chargés à 320 t)	22	28

Le tunnel peut facilement écouler ces totaux mais il peut y avoir un problème dans la région Sud des BR en période de pointe, la solution pouvant être facilitée par des modifications d'horaires sur l'itinéraire vers le terminus de Londres. Il est aussi à envisager qu'au moment des pointes les trains auraient peut-être un coefficient de remplissage supérieur à 80 %.

Annexe G

Impact sur l'emploi

Emploi

G.1. Le groupe n'a pas procédé à sa propre évaluation détaillée des effets d'une liaison fixe transmanche sur l'emploi. Toutefois les différents promoteurs ont fourni des estimations grossières des conséquences sur l'emploi de chacun des projets :

A. pendant la phase de construction de la liaison fixe

B. immédiatement après l'ouverture de la liaison fixe

C. à plus long terme.

L'avis — très prudent — du groupe est fondé sur ces estimations et exposé dans la présente annexe.

Phase de construction

G.2. La liaison fixe sera sensiblement génératrice d'emploi au cours de cette phase. Il s'agit :

a. d'emplois directs — main-d'œuvre travaillant sur le chantier proprement dit

b. d'emplois indirects — main-d'œuvre travaillant pour les entreprises fournissant au chantier des matériaux, équipements ou services

c. d'emplois engendrés par les dépenses supplémentaires des travailleurs des catégories a. et b. précédents.

G.3. L'écart entre les estimations fournies par les promoteurs montre la difficulté à exprimer de manière quantitative l'importance ou la localisation des emplois ainsi créés. La distinction entre emplois directs et emplois indirects s'avère également difficile, du fait de l'incertitude quant aux éléments susceptibles d'être fabriqués sur place ou à proximité immédiate du chantier. Dans le cas du pont routier ou du projet composite, l'infrastructure serait en grande partie préfabriquée en des lieux éloignés de l'emplacement de la liaison, puis amenée par mer jusqu'à celui-ci. Au stade actuel, les promoteurs ne sont pas en mesure de fournir d'indications définitives. Par ailleurs, la question de savoir jusqu'où remonter la chaîne des emplois indirects est affaire d'appréciation personnelle.

Pour toutes ces raisons, et d'autres encore, l'estimation des nombres d'emplois directs ou indirects engendrés par la liaison fixe ne peut être que très approximative. Les chiffres suivants doivent donc être considérés avec prudence.

Tableau G.1.

	Emplois de chaque côté	
	directs	indirects
Tunnel unique sans navette	700-1 300	1 100- 2 000
Tunnel unique avec navettes	1 100-2 000	1 700- 3 000
Tunnel double avec navettes (non phasé)	1 300-2 400	2 000- 3 800
Pont routier	3 000-5 000	3 000- 5 000
Projet composite	3 000-5 000	10 000-15 000

Notes :

- a. ces chiffres supposent que les travaux soient également répartis entre la France et la Grande-Bretagne
- b. ils ne prennent pas en compte l'amélioration des réseaux ferroviaires terrestres et la fabrication de matériel roulant spécial — celles-ci pourraient engendrer 500 à 1 000 emplois supplémentaires répartis en différents endroits.
- c. les résultats sont donnés sous forme de fourchettes de manière à exprimer non seulement leur degré d'incertitude, mais aussi le fait que l'emploi variera entre les périodes de pleine charge et de démarrage ou de fin de chantier.

G.4. Il convient de ne pas oublier les points suivants :

- a. Les emplois directs ne correspondent pas en totalité à des créations d'emploi intéressant la population habitant à proximité de la liaison. Les entreprises de construction seront en effet certainement amenées à déplacer une grande partie de leurs effectifs permanents et à ne recruter localement que peut-être un tiers de la main-d'œuvre nécessaire.
- b. En ce qui concerne les emplois indirects, la sur-capacité existante en matière de production (par exemple dans les aciéries) conduirait, dans la réalité, à ne pas créer d'emplois nouveaux malgré les commandes liées à la réalisation de la liaison.
- c. Il serait nécessaire de se préoccuper dès le départ des modalités de fermeture du chantier, les emplois concernés étant, par définition, destinés à être supprimés à l'ouverture de la liaison fixe (sauf dans le cas du tunnel double phasé). Cette suppression viendrait s'ajouter à la réduction des activités maritimes provoquée par la mise en service de la liaison fixe.

G.5. Les promoteurs ont présenté diverses estimations de l'effet multiplicateur sur l'ensemble de l'activité économique et de l'emploi lié à l'investissement dans une liaison fixe, et ont proposé des ratios allant jusqu'à l'unité. Toutes ces estimations doivent être considérées comme tout à fait hypothétiques. Elles supposent notamment que l'investissement dans une liaison fixe ne se substituerait pas à un investissement d'une autre nature.

G.6. Si l'on admet qu'il y aurait un effet multiplicateur, la valeur de celui-ci pourrait dépendre du type de liaison retenu. Les travaux de terrassement requièrent davantage de main-d'œuvre que la production d'acier, et un

ouvrage constitué principalement à base de béton aurait donc un effet multiplicateur plus élevé qu'un ouvrage à base de métal.

Effets de l'ouverture de la liaison fixe

G.7. Il est d'abord nécessaire de situer les niveaux d'emplois maritimes (portuaires et commerciaux) juste avant l'ouverture de la liaison. La croissance de l'emploi sera plus lente que celle du trafic compte tenu des gains de productivité des services maritimes attendus (cf. chapitre 6 et annexe A). Il est également possible que les compagnies maritimes aient tendance à faire face en partie à l'accroissement du trafic en accroissant la charge de travail plutôt que les effectifs de manière à réduire les surnombres au moment de l'ouverture de la liaison.

G.8. Le taux de croissance des emplois maritimes dans chacun des pays sera aussi fonction des modifications éventuelles dans la répartition du tonnage entre les armements français et britannique. Il est probable que la part française tendra à s'accroître quelque peu.

G.9. Du côté britannique, les principaux ports concernés sont Douvres et Folkestone, où respectivement 8 000 et 1 000 emplois dépendent actuellement directement de l'activité maritime (ces chiffres incluent 1 200 emplois environ au titre des services des douanes, de l'immigration et du contrôle sanitaire). A Douvres, ces emplois représentent le tiers environ de la totalité des emplois. Compte tenu des prévisions de trafic et des considérations développées aux paragraphes 7 et 8, on peut raisonnablement penser qu'à l'ouverture de la liaison fixe, le nombre des emplois concernés atteindrait 13 500 dans le cas d'un tunnel (en 1992), et près de 15 000 dans le cas d'un pont ou du projet composite (en 1995).

G.10. Du côté français, les emplois à Boulogne, Calais et Dunkerque, qui sont directement liés aux services maritimes vers Douvres et Folkestone (en incluant les douanes et l'immigration) sont actuellement au nombre d'environ :

1 000 à Boulogne

2 200 à Calais

400 à Dunkerque

soit : 3 600 au total. Ce chiffre pourrait être de l'ordre de 5 000 en 1992, et de 5 500 en 1995.

G.11. L'ouverture d'une liaison fixe se traduirait par une diminution brutale à la fois du trafic et de l'emploi maritimes. Toutefois les compagnies commenceraient vraisemblablement par réduire la charge de travail (cf. paragraphe G.7. ci-dessus) et conserveraient peut-être un certain effectif excédentaire en prévision d'une croissance future de la demande. On peut donc raisonnablement s'attendre à ce que les réductions d'emplois soient légèrement moindres que la baisse du trafic. Dans ce cas, les nombres d'emplois supprimés seraient approximativement les suivants :

Tableau G.2.

	Royaume-Uni		France	
	emplois supprimés	emplois conservés	emplois supprimés	emplois conservés
Tunnel unique sans navette	2 000	11 500	800	4 200
Tunnel unique avec navettes	3 000	10 500	1 200	3 800
Tunnel double avec navettes	5 500	8 000	2 100	2 900
Pont routier	9 000	6 000	3 500	2 000
Projet composite	10 500	4 500	4 000	1 500

G.12. Il apparaît ainsi que dans le cas d'un tunnel unique, le nombre d'emplois maritimes subsistant après l'ouverture de la liaison se situerait à un niveau plus élevé qu'actuellement. La croissance résultant du trafic effacerait assez rapidement les suppressions d'emplois à court terme. L'impact d'une solution à deux tunnels serait plus sérieux, mais seulement dans le cas où les deux tunnels seraient construits et mis en service simultanément. Un phasage de leur réalisation permettrait d'absorber plus facilement les effets sur l'emploi maritime. Ce n'est que dans le cas du pont routier ou du projet composite que se produirait une réduction considérable du nombre des emplois par rapport au niveau actuel.

G.13. Les emplois nécessaires à l'exploitation et à l'entretien de la liaison fixe contribueraient à compenser les suppressions d'emplois maritimes. Ici aussi on ne peut fournir que des ordres de grandeur généraux qu'il faudra affiner ultérieurement. Le nombre des emplois créés sur le littoral ou dans l'arrière-pays dépend notablement de la localisation, encore incertaine, de certaines activités (entretien par exemple). Les meilleures estimations possibles en l'état actuel des choses sont les suivantes :

Tableau G.3.

	Nombre d'emplois nécessaires à l'exploitation et à l'entretien de la liaison fixe et situés sur le littoral (pour chaque pays)
Tunnel unique sans navette	300- 500
Tunnel unique avec navettes	800-1 000
Tunnel double avec navettes	1 500-1 900
Pont routier	1 700-2 200
Projet composite	2 100-2 600

G.14. Ces chiffres tiennent compte des douanes et de l'immigration. On a supposé que le nombre total des emplois créés sur le littoral et dans l'arrière-pays serait à peu près également réparti entre les deux pays, mais pas que la répartition des emplois entre le littoral et arrière-pays serait la même dans chaque pays, d'où la présence de fourchettes d'estimation. Les valeurs indiquées se rapportent à la période immédiatement après l'ouverture de la liaison. Le nombre d'emplois créés augmentera au fur et à mesure de la croissance du trafic.

G.15. La comparaison des tableaux G.2. et G.3. montre qu'il y aurait une réduction sensible de l'emploi sur le littoral dans les deux pays. Toutefois nous pensons que les réductions indiquées dans le tableau suivant pourraient être modifiées de façon importante en fonction des différences d'évolution du trafic d'ici l'ouverture éventuelle d'une liaison fixe.

Tableau G.4.

	Royaume-Uni	France
Tunnel unique sans navette	1 500-1 700	300- 500
Tunnel unique avec navettes	2 000-2 200	200- 400
Tunnel double avec navettes	3 600-4 000	300- 600
Pont routier	6 800-7 300	1 300-1 800
Projet composite	7 900-8 400	1 400-1 900

L'écart entre les deux pays est dû au fait que l'armement britannique sur les lignes entre Douvres et la France est actuellement supérieur à l'armement français, et que la liaison détournera vers la France une partie du trafic des lignes reliant Douvres et la Belgique.

G.16. Il est possible que la plupart des emplois nécessaires à l'entretien et à l'exploitation de la liaison fixe soient occupés par des employés des liaisons transmanches maritimes reconvertis qui, dans de nombreux cas, se retrouveront avec des tâches très voisines mais sur un lieu de travail légèrement différent ; mais les emplois spécialisés poseront des problèmes de reconversion plus sérieux.

Emplois induits

G.17. Il est nécessaire d'analyser l'impact d'une liaison fixe sur les autres activités économiques des régions littorales concernées. Le trafic transmanche crée des besoins pour toutes sortes de services — hôtels, restaurants, tourisme, ventes de carburants, réparations automobiles, etc. Une part importante et croissante de ces besoins est due au phénomène excursionniste. On estime que celui-ci entretient actuellement à Boulogne et à Calais un volume de 300 à 600 emplois secondaires à temps plein, nombre qui tendra à augmenter avec le trafic. Il est difficile de prévoir le nombre d'emplois entretenus par le phénomène excursionniste dans le futur car l'orientation des flux de trafic excursionnistes est très sensible à l'évolution des parités monétaires et des goûts des consommateurs. Actuellement, les flux de trafic sont surtout orientés de la Grande-Bretagne vers la France, mais il n'est pas impossible que l'équilibre soit modifié dans l'avenir, qu'une liaison fixe soit ou non réalisée.

G.18. Toutefois, le point important est que le détournement de trafic transmanche maritime vers une liaison fixe ne se traduirait pas par une réduction du volume d'excursionnistes, d'automobiles et de poids lourds transitant par les régions littorales. En fait, comme il a déjà été signalé, il y aurait une augmentation importante du côté français du nombre des voitures et des poids lourds du fait du trafic détourné des lignes reliant

Douvres et la Belgique. Les projets de pont routier et composite seraient également générateurs d'un trafic transmanche entièrement nouveau (voir les prévisions figurant à l'annexe J).

Dans ces conditions, le groupe, considérant les régions littorales dans leur ensemble, parvient à la conclusion que la réalisation d'une liaison fixe pourrait avoir un effet bénéfique sur les emplois induits au niveau local. Toutefois, des ajustements pourront être nécessaires, en particulier, du côté français, la liaison fixe étant située à proximité de Calais et relativement éloignée de Boulogne et Dunkerque alors que du côté anglais, elle déboucherait près de Douvres et Folkestone.

A plus long terme

G.19. Cette annexe n'a considéré jusqu'à présent que l'impact à court terme sur l'emploi de l'ouverture d'une liaison fixe. Il apparaît toutefois d'après les prévisions de trafic à long terme figurant à l'annexe J, que tous les projets de tunnels permettront le maintien voire la croissance du nombre d'emplois liés aux activités maritimes. De plus, même si le bilan économique de n'importe quel type de liaison fixe est nécessairement lié à la réduction des besoins en effectifs par unité de trafic, le développement continu du volume total de trafic transmanche devrait permettre de maintenir le niveau global des possibilités d'emplois offerts à la fois par les services maritimes et par la liaison fixe.

G.20. La principale difficulté serait de parvenir à une transition en douceur la moins douloureuse possible. Pour ce faire, un phasage soigneux est nécessaire — et possible, l'ouverture d'une liaison fixe ne pouvant intervenir avant la prochaine décennie.

Annexe H

Implication des accords internationaux dans les projets de ponts et tunnels immergés

H.1. Le Pas-de-Calais est la route maritime la plus fréquentée au monde avec environ 300 mouvements de navire transitant par jour auxquels s'ajoutent 200 traversées. Le trafic de transit utilise les chenaux définis par un plan de circulation qui a été accepté par les nations maritimes dans le cadre de l'OMCI (Organisation consultative maritime intergouvernementale). Les deux chenaux principaux sont à sens unique dans un système de « circulation à droite » avec une zone de séparation entre les deux ; à ces chenaux s'associent deux zones côtières qu'utilisent des navires de toutes tailles.

H.2. Chacun des grands projets routiers — ponts, tunnels immergés, solutions composites — implique la création de nouvelles sources de dangers dans le détroit, y compris dans les chenaux en eau profonde, quelles que soient les précautions prises. Bien que cette augmentation des dangers potentiels soit à mettre en balance avec la suppression de la plupart des bacs, le risque d'accidents pourrait se trouver accru.

H.3. La sécurité pendant la construction, alors que les bacs sont encore en service, est encore plus difficile à assurer. La construction des piles de ponts, des îles artificielles, et des puits de ventilation, la mise en place des caissons, prennent beaucoup de place. Tous les promoteurs veulent commencer à construire à partir des deux côtés simultanément, et tous (y compris pour les tunnels immergés) doivent commencer en même temps en pleine mer. L'espace offert à la navigation s'en trouve sérieusement amputé.

H.4. Avant que les gouvernements puissent donner leur appui à l'un de ces projets de liaison, ils doivent s'assurer que la navigation peut continuer en sécurité et sans entraves excessives pendant les travaux. Ceci peut impliquer des modifications des plans initiaux afin de réduire les barrages de chenaux, au prix alors d'un allongement des délais d'élaboration du projet et de construction. Il faut aussi que le promoteur et les administrations publiques françaises et britanniques dressent des plans très détaillés spécifiant comment seraient déviées les routes maritimes dans chaque phase de construction.

H.5. C'est seulement ensuite que les deux gouvernements pourraient entrer en contact avec les autres gouvernements pour s'assurer que les modifications aux règles en vigueur sont admissibles. Il est probable que d'ici-là le traité général en cours de préparation par la conférence des Nations unies sur le droit de la mer (UNLOSC) aura été adopté. Le traité contient des règles applicables aux détroits internationaux qui prévoient que les états riverains des détroits ne doivent pas entraver le passage en transit et doivent faire connaître publiquement tout danger apporté à la navigation, et que le passage en transit ne doit pas être interrompu.

A cet égard les Etats côtiers peuvent édicter des règles pour le franchissement des détroits en transit, et doivent les rendre publiques. En particulier ils peuvent fixer des chenaux et prescrire des systèmes de séparation du trafic. Mais auparavant, ou avant de modifier les dispositions en usage, ils sont obligés par le projet de convention de soumettre leurs propositions à l'organisation internationale compétente en vue de leur adoption (par cette organisation). Egalement l'organisation peut ne pas adopter des propositions qui ne recueilleraient pas l'agrément des Etats côtiers concernés. Pour formuler leurs propositions, les Etats côtiers doivent se consulter mutuellement, et consulter l'organisation internationale compétente. Les navires étrangers exerçant leur droit de passage en transit sont obligés de se plier aux règles ainsi édictées et à défaut l'Etat dont le navire porte le pavillon supporte « la responsabilité internationale pour les pertes et dommages qui en résultent pour les Etats riverains du détroit ».

H.6. On ne peut pas clairement prévoir si des projets d'ouvrages d'art et d'îles artificielles dans le détroit conduiraient à perturber en permanence de façon inacceptable le droit de passage en transit, et si pour un court délai le barrage à la navigation d'une partie du détroit reviendrait à une interruption du passage en transit.

La conclusion dépend essentiellement du projet en cause et des mesures de sécurité sur lesquelles les deux gouvernements donneraient accord. Certainement l'accord de l'OMCI devrait être sollicité.

Tant que les plans en cause ne sont pas dressés il est impossible de dire s'il suffit de les lui notifier, ou si certaines règles de l'OMCI doivent être modifiées, d'où alors une procédure bien plus longue.

Résumé

H.7. Les gouvernements français et britannique ne peuvent pas arrêter leur choix sur un de ces projets avant que les questions de sécurité du passage

(1) OMCI : Organisation maritime consultative intergouvernementale.

des navires aient été élucidées et que les principales nations maritimes se satisfassent des dispositions envisagées, ce qui suppose que les études préalables aient été menées à bien.

Une, et peut-être plusieurs, refonte des plans et des méthodes de constructions, est à envisager pour obtenir l'agrément de l'OMCI ce qui peut prendre un délai de plusieurs années, et même l'acceptation par les deux gouvernements d'un système de sécurité ne peut pas être absolument garantie a priori.

Annexe J

Prévisions de trafic

J.1. Le groupe de travail franco-britannique n'a pas mené ses propres études de prévision de trafic.

Les prévisions de trafic des promoteurs ont été examinées et révèlent des points de vue différents sur la croissance du trafic transmanche et son détournement vers une liaison fixe.

Le groupe de travail a dû en conséquence prendre position sur l'évolution prévisible du trafic transmanche, puis sur les détournements de chaque type de liaison en fonction de la qualité de service offerte.

Les incertitudes inhérentes à ce type d'exercice ont conduit à adopter des prévisions se situant dans une fourchette assez large.

Ces prévisions ont été obtenues par analyse des documents suivants :

- prévisions des promoteurs pour les divers types de liaison (en particulier le travail détaillé effectué par BR et SNCF),
- prévisions de l'étude Coopers Lybrand et Setec Economie réalisée pour la CEE en 1979-1980,
- statistiques sur le trafic transmanche.

Trafic voyageurs

Prévisions globales de trafic

J.2. Le trafic voyageurs a été divisé en cinq catégories :

- a) passagers classiques par mer,
- b) excursionnistes,
- c) passagers en voiture particulière,
- d) passagers en autocar,
- e) passagers aériens.

J.3. Pour les passagers maritimes, le trafic a été divisé en trois groupes de lignes :

- détroit français : lignes de Douvres ou Folkestone à Calais, Boulogne ou Dunkerque et toutes les lignes d'aéroglossiers,
- détroit belge : les lignes de Douvres ou Folkestone à Ostende ou Zeebrugge,
- lignes longues : lignes de la mer du Nord et de la Manche centre et ouest (au départ de Dieppe, le Havre, Cherbourg, Saint-Malo et Roscoff).

J.4. Pour le trafic aérien, les prévisions ont été faites sur les lignes Paris/Londres et Bruxelles/Londres, en excluant le trafic de transit ; c'est en effet ces lignes qui ont paru devoir être les plus touchées par la concurrence d'une liaison fixe. Le reste du trafic européen n'a fait l'objet que d'un examen très succinct et global, car il ne devait donner lieu qu'à un détournement très faible.

J.5. Le tableau J.1. donne les prévisions du marché total voyageurs retenues dans le scénario de base. Globalement ce marché serait multiplié par près de 2,5 d'ici l'an 2000, soit une augmentation annuelle moyenne d'environ 4,5 %. Cet accroissement est à comparer avec celui de 7,4 % pour la période 1973-1980, caractérisée par l'augmentation des prix du pétrole et le ralentissement de la croissance économique. Cet accroissement n'est pas uniforme pour les diverses catégories de trafic.

Trafic excursionnistes

J.6. Il a très fortement augmenté ces dernières années (33 % entre 1980 et 1981), grâce à une politique de ristournes sur les tarifs et aux parités monétaires intéressantes.

Les prévisions sont donc très difficiles pour ce marché. Plusieurs scénarios ont été retenus allant de la stagnation à partir de 1981 (hypothèse basse) à une multiplication par quatre pour l'an 2000 (hypothèse haute).

Trafic de passagers classiques

J.7. Il a été prévu une augmentation de 45 % de 1980 à 1990 et de 75 % de 1980 à 2000.

Ces prévisions sont du même ordre de grandeur que celles calculées par BR - SNCF (3,8 % par an de 1978 à 1990 et 2,6 % par an de 1990 à 2000). En effet, le taux récent d'accroissement du trafic de passagers maritimes sans véhicule (9 % par an) résulte pour une large part du trafic d'excursionnistes).

Trafic de passagers en voiture particulière

J.8. L'accroissement prévu pour ce trafic sur les lignes courtes est de 6,9 % par an de 1980 à 1990 et de 3,6 % par an de 1990 à 2000 ; ceci représente un ralentissement de la croissance par rapport aux 9 % de la période 1973-1980, qui incluent la chute de trafic de 1974 due à la crise pétrolière.

Il est à noter que pour 1981 les résultats sont en augmentation significative par rapport aux tendances passées et particulièrement sur le détroit français, qui avait été il est vrai affecté en 1980 par le blocage des ports par les marins-pêcheurs.

J.9. L'accroissement du trafic passagers en véhicule a été plus fort sur le

(en millions)	1980 observé	1990 prévu	2000 prévu	Taux de croissance annuel 1980 - 2000
<u>Passagers classiques</u>				
Détroit Français	1,9	2,7	3,3	2,8 %
Détroit Belge	2,0	2,8	3,5	2,8 %
Autres lignes	2,5	3,5	4,4	2,9 %
Total Passagers classiques	6,4	9,0	11,2	2,8 %
<u>Excursionnistes</u> (Détroit Français)	2,6	5,9	8,2	5,9 %
Total passagers à pied	9,0	14,9	19,4	3,9 %
<u>Passagers en voiture</u>				
Détroit Français	2,7	5,2	7,9	5,5 %
Détroit Belge	1,3	1,9	2,3	2,9 %
Autres lignes	2,1	3,1	3,9	3,1 %
Total passagers en voiture	6,1	10,2	14,1	4,2 %
<u>Passagers en autocar</u>				
Détroit Français	1,8	5,2	8,0	7,7 %
Détroit Belge	0,8	1,7	2,3	5,4 %
Détroit routes	0,5	0,8	1,1	5,2 %
Total passagers en autocar	3,1	7,7	11,4	6,7 %
Total Passagers maritimes	18,2	32,8	44,9	4,6 %
<u>Passagers aériens</u>				
Londres-Paris/Bruxelles hors transit	2,4	2,9	3,5	1,9 %
Marché total passagers	20,6	35,7	48,4	4,4 %

détroit français que sur le détroit belge : 9,7 % par an de 1973 à 1980 contre 7,4 %. On prévoit que la croissance plus rapide du marché des lignes françaises continuera.

Trafic de passagers en autocar

J.10. Ce trafic a augmenté beaucoup plus vite que celui des passagers en voiture. Sur la période 1973-1980 (pour les lignes courtes), l'accroissement annuel est de 20 % contre 7 % pour les voitures ; il atteint même 40 % pour 1981. Cette croissance plus rapide a été prise en compte dans les prévisions, mais avec une décélération très sensible par rapport aux tendances passées. En 1990 sur les routes courtes, le nombre des passagers en autocar approcherait celui des passagers en voiture.

Le groupe de travail considère que les promoteurs n'ont pas en général porté une attention suffisante à l'importance de ce marché et à la rapidité de son développement.

Trafic de passagers aériens

J.11. Ces dernières années la croissance de ce trafic a été plus lente que celle du trafic maritime. Un accroissement annuel de 2 % jusqu'à l'an 2000 a été retenu pour la ligne Londres/Paris. Cela représente une augmentation de 50 % sur la période, le trafic Londres/Bruxelles n'augmentant lui que d'un tiers.

Détournement de voyageurs vers une liaison fixe

J.12. Le tableau J.2. donne les taux de détournement retenus par catégorie de trafic et type de liaison, dans le scénario de base.

Ces prévisions ont été faites dans l'hypothèse où les tarifs de la liaison fixe seraient égaux ou un peu inférieurs à ceux des ferries. Si le niveau tarifaire s'écartait sensiblement de ces valeurs, le trafic de la liaison fixe serait modifié (d'après les études Coopers & Lybrand - Setec, une variation de 20 % des tarifs entraîne une variation, en sens inverse bien entendu, d'environ 20 % sur le trafic).

Passagers classiques

J.13. La très grande majorité de ces voyageurs sur le détroit français utilise le rail pour la partie continentale de leur voyage. Un coefficient de détournement de 90 % a donc été retenu pour un tunnel ferroviaire à voie unique. Des valeurs plus faibles ont été prises sur le détroit belge et les lignes longues, respectivement 55 % et 15 %, à cause d'une part de la moindre proportion d'usagers utilisant le chemin de fer et d'autre part de l'allongement du parcours terrestre entraîné par l'utilisation d'une liaison fixe.

Pour un double tunnel, le problème des rafales étant supprimé et les horaires étant donc plus souples, les détournements retenus sont supérieurs de 5 % à cause du tunnel simple, (toutefois pour les lignes longues, le coefficient de 15 % a été conservé).

	Tunnel 6/7 m sans navette	Tunnel 7 m ⁽¹⁾ avec navette:	Tunnel 2 x 7 m	Pont	Pont + Tunnel
<u>Passagers classiques</u>					
Détroit Français	90 %	90 %	95 %	20 %	90 %
Détroit Belge	55 %	55 %	60 %	15 %	55 %
Autres lignes	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %
Excursionnistes (Détroit Français)	10 %	10 %	20 %	50 %	50 % ⁽²⁾
Total passagers à pied ⁵ (en million)	32	32	39	28	49
<u>Passagers en voiture</u>					
Détroit Français	- ⁽³⁾	20 %	60 %	90 %	90 % ⁽³⁾
Détroit Belge	-	10 %	30 %	70 %	70 %
Autres lignes	-	5 %	15 %	25 %	25 %
Total Passagers en voiture ⁽⁵⁾ (en millions)	-	14	43	69	69
<u>Passagers en autocar</u>					
Détroit Français	0 %	15 %	50 %	90 %	90 %
Détroit Belge	0 %	8 %	20 %	60 %	60 %
Autres routes	0 %	3 %	10 %	15 %	15 %
Total passagers en autocar ⁽⁵⁾ (en millions)	0	12	40	77	77
<u>Passagers aériens⁽⁴⁾ (en millions)</u>					
Londres-Paris/Bruxelles	30	30	40	5	30
Marché total passagers ⁽⁵⁾ (en millions)	16	23	41	50	61

(1) en dehors des contraintes de capacité

(2) dont 45 % par la route et 5 % par le rail

(3) quantité négligeable (25 000 voitures par an en 1991) représentant le trafic acheminé de façon classique par le chemin de fer (train-auto-couchette)

(4) sur les autres itinéraires, le coefficient de détournement sera très faible. On estime pour 1991 à 300 000 par an le nombre de voyageurs détournés de ces lignes vers une liaison ferroviaire et à 100 000 celui détourné vers une liaison routière

(5) scénario B en l'an 2000.

Dans le cas d'un pont, les passagers classiques étant obligés d'emprunter des autocars, un report de 15 à 20 % sur les lignes courtes a été retenu.

Excursionnistes

J.14. Pour un tunnel unique sans navette le détournement de 10 % se justifie par le service limité, tant en nombre qu'en qualité, prévu pour ces voyageurs. Même avec un service de navettes, la capacité de transport des excursionnistes resterait limitée. Un tunnel double, offrant des possibilités supérieures, pourrait attirer un trafic double.

Mais il semble que l'attrait d'un voyage en bateau figure dans les motivations des excursionnistes. Aussi même un pont, avec les facilités de voyage par autocar qu'il offrira, ne devrait-il pas détourner plus de 50 % du trafic.

Le détournement des excursionnistes sera sensible à l'éventuelle mise en place d'un service hors taxe comparable à celui des ferries.

Les prévisions de trafic excursionnistes comportant beaucoup d'incertitudes peuvent se situer dans une fourchette très large.

Dans le cas des ponts on devrait observer un certain trafic induit d'excursionnistes, restant toutefois limité.

Passagers en voiture

J.15. Pour un tunnel de 6 m sans navette, on envisage seulement des trains auto-couchettes. Ce trafic ne dépassera pas 25 000 voyageurs par an et représente un détournement très faible du trafic voitures des ferries. Avec un tunnel de 7 m, offrant un service de navettes à deux étages de grande capacité, le détournement des lignes courtes est estimé entre 15 et 20 %. Toutefois la capacité limitée et les temps d'attente entre les rafales rendraient ce service de navettes moins attractif que dans un double tunnel où il peut être fréquent et régulier. Pour ce schéma, on a retenu un détournement de 60 % sur le détroit français et de 30 % sur le détroit belge. Un pont routier, supprimant les ruptures de charge, attirerait certainement la très grande majorité du trafic automobile des lignes courtes et peut-être 25 % du trafic des lignes longues.

Passagers en autocar

J.16. Aucun détournement n'est prévu pour le tunnel de 6 m, car il impliquerait un report modal.

Pour les autres tunnels, les coefficients de détournement prévus sont légèrement inférieurs à ceux du trafic de voyageurs en voiture, car la traversée maritime permet une coupure agréable dans un long voyage ; une telle coupure peut du reste être mise à profit par les organisateurs de voyages accompagnés en prévoyant pendant ce temps des rafraîchissements, des achats de denrées dédouanées ou même un repas.

La plupart du trafic des lignes courtes sera cependant détourné vers un pont et peut-être 15 % du trafic des lignes longues.

Passagers aériens

J.17. Un tunnel ferroviaire allongerait le voyage de centre à centre de Londres vers Paris ou Bruxelles de 50 mn à 1 h par rapport aux lignes

aériennes. Toutefois, le temps perdu dans les trajets terminaux et dans les attentes à l'embarquement sera considérablement réduit pour un transport ferroviaire. En outre le coût des services devrait y être plutôt moins élevé. Par ailleurs la concurrence du transport ferroviaire sera accrue, par rapport à la situation actuelle, par la suppression des ruptures de charge. Etant donné la part importante sur ces lignes des voyageurs d'affaires, particulièrement sensibles aux gains de temps, on a retenu un détournement de 30 % du trafic aérien hors transit pour un tunnel simple et de 40 % pour un tunnel double, qui sera plus attractif grâce à des horaires plus souples.

On a estimé que 0,3 million de passagers supplémentaires seront détournés des autres lignes européennes, ce qui représente une part minime du marché total. Le détournement du trafic aérien vers un pont routier, nécessitant un report vers la voiture ou l'autocar, ne devrait être que très limité.

Trafic marchandises

Prévisions globales de trafic

J.18. Le fret maritime transporté par charge complète, comprenant les marchandises transportées par camion, par conteneurs et par les services train-ferry, présente le plus grand potentiel de détournement vers tous les types de liaison fixe.

Les trafics ont été décomposés par groupes de lignes maritimes. Les prévisions du marché total sont données dans le tableau J.3. dans le scénario de base.

J.19. On prévoit que le tonnage transporté par charge complète augmentera de 5 % par an jusqu'en 1990 et de 3 % par an de 1990 à 2000. Il sera donc multiplié par 2,3 de 1980 à 2000. Ces taux d'accroissement sont très modestes comparés à l'augmentation annuelle de 12 % constatée sur la période 1971-1980, avec en particulier un taux de 18 % pour le trafic de transport par roulage, laquelle reflète les changements structurels du commerce extérieur britannique et en particulier :

— L'augmentation de la part des échanges avec la CEE.

— La généralisation du transport par charge complète et transport routier qui tend à concentrer le trafic sur les services de transport par roulage des lignes maritimes courtes.

Cette évolution ne pourra continuer indéfiniment.

J.20. Le trafic de transport par roulage devrait doubler entre 1980 et 1990 et augmenter de 40 % de 1990 à 2000. Ces prévisions impliquent que la part du transport routier dans le transport par charge complète passe des deux-tiers à un peu plus des trois-quarts.

Prévisions de trafic marchandises transportés par charge complète

Tableau J.3

(en millions de tonnes)	1980 observé	1990 prévu	2000 prévu	Accroissement annuel de 1980 à 2000
<u>Fret routier</u>				
Détroit Français	2.6	5.1	7.2)	5.2 %
Détroit Belge	2.8	5.5	7.7)	
Autres Routes	4.8	9.4	13.2)	
<u>Fret rail</u>				
Détroit Français	0.7	0.9	1.2)	2.5 %
Détroit Belge	0.7	0.9	1.2)	
<u>Conteneurs</u>				
Lignes Françaises	.6	.8	1.0	2.5 %
Lignes Belges	1.0	1.1	1.2	1.0 %
Lignes Hollandaises	2.7	3.6	4.5	2.5 %
TOTAL	15.9	27.3	37.2	4.3 %

Détournement du trafic marchandises vers une liaison fixe

J.21. Le tableau J.4. donne les coefficients de détournement retenus dans le scénario de base par type de liaison.

On a regroupé le trafic marchandises en deux catégories :

- le fret ferroviaire,
- le fret routier dans le cas d'un pont et des tunnels avec navettes.

Trafic ferroviaire

J.22. Pour tous les types de tunnel, la mise en place d'une ligne directe permettra le détournement de tout le trafic ferroviaire de la ligne Douvres/Dunkerque, à l'exception des matières dangereuses, dont le transport est interdit dans le tunnel.

On a estimé le coefficient de détournement à 95 %. Le détournement retenu pour la ligne Harwich/Zeebrugge a été limité à 50 % à cause de l'allongement de la distance de transport.

Une ligne ferroviaire directe attirera une partie du trafic conteneurs, estimée à 35 % pour le trafic français (1) et à des valeurs nettement plus faibles pour les trafics belges et hollandais.

On prévoit en outre un petit report modal de 7 % du trafic de transport par roulage vers le rail représentant environ 1,5 million de tonnes. Ce faible report modal se justifie par les avantages présentés par le transport routier pour beaucoup de types de marchandises, particulièrement en Grande-Bretagne.

Les prévisions sont les mêmes pour tous les types de tunnel, à l'exception du double tunnel de 7 m où le report du transport par roulage vers le rail a été diminué d'un tiers pour prendre en compte la meilleure qualité de service offerte par les navettes dans ce cas.

Trafic routier

J.23. Le détournement du trafic routier vers une liaison fixe est fonction de la qualité de service offerte et de la compétitivité des tarifs appliqués. Un tunnel de 7 m à voie unique, n'offrant qu'un service irrégulier à cause des rafales ne devrait attirer que 20 % du trafic du détroit français et encore moins pour les autres lignes.

Un double tunnel de 7 m avec un service de navettes très fréquent sera beaucoup plus attrayant. On a estimé le détournement de trafic à 60 % pour le détroit français et à 25 % pour le détroit belge.

Une liaison permettant un trafic routier sans rupture de charge et appliquant des tarifs compétitifs attirerait certainement la quasi-totalité du trafic du détroit français et plus de la moitié de celui du détroit belge. Le détournement des lignes longues, estimé à 15 %, ajouterait un trafic non négligeable.

Dans le cas d'un pont seul, un trafic supplémentaire serait obtenu par report modal du rail vers la route, mais il resterait marginal.

(1) Ce taux est relativement modeste, du fait qu'il s'agit d'une moyenne sur l'ensemble des lignes françaises, dont les lignes courtes ne représentent pas la plus grande part. Si on considérait les lignes courtes isolément, on devrait prendre un coefficient de détournement nettement plus élevé, car les conteneurs sont généralement acheminés par fer sur les trajets terrestres.

Coefficients de détournement du trafic marchandises

Tableau J.4

	Tunnel 6/7 m sans navette	Tunnel 7 m avec navette	Tunnel 2 x 7 m	Pont	Pont + Tunnel
I - TRAFIC RAIL					
détourné Ro-Ro ⁽¹⁾	7 %	7 %	5 %	0 %	5 %
détourné conteneur					
France	35 %	35 %	35 %	0 %	35 %
Belgique	15 %	15 %	15 %	0 %	15 %
Hollande	5 %	5 %	5 %	0 %	5 %
détourné rail					
France	95 %	95 %	95 %	0 %	95 %
Belgique	50 %	50 %	50 %	0 %	50 %
II - TRAFIC ROUTIER					
détourné Ro-Ro					
Déroit Français	0 %	19 %	59 %	90 %	90 %
Déroit Belge	0 %	8 %	25 %	60 %	60 %
Autres Routes	0 %	3 %	8 %	15 %	15 %
détourné conteneurs					
France	0 %	0 %	0 %	10 %	0 %
Belgique	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %
Hollande	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
détourné rail	0 %	0 %	0 %	5 %	0 %

(1) Ro-Ro ou Roll On-Roll Off :Transport par roulage

Trafic induit

J.24. Les estimations du trafic induit ne peuvent être que très aléatoires. Pour les tunnels aucun trafic de ce type n'a été pris en compte. Pour une liaison routière directe, la possibilité d'un trafic induit sera plus grande bien que dépendante du niveau des tarifs. En se fondant sur une politique de tarifs promotionnels, on a retenu un tarif induit représentant 10 % du trafic des lignes courtes. Aucun type induit de marchandises n'a été pris en compte, car le gain du coût resterait faible par rapport au coût total du transport.

Résultats des prévisions de trafic

J.25. Le tableau J.5. donne les prévisions de trafic pour chaque type de liaison découlant des hypothèses précédentes.

Les tableaux J.6. et J.7. montrent les écarts retenus entre les scénarios optimistes et pessimistes. Ils reflètent bien les incertitudes qui pèsent tant sur les prévisions de marché total que de détournement vers une liaison fixe.

Trafic restant sur les lignes maritimes

J.26. Ces prévisions sont obtenues par différences entre les prévisions de trafic du marché total et de chaque type de liaison. Le tableau J.8. donne pour l'an 2000 les trafics assurés par les ferries du détroit français en l'absence de liaison fixe et pour chaque type de liaison, dans le cas du scénario de base. On constate qu'une liaison routière réduirait le trafic de véhicules assuré par les ferries au quart de son volume actuel.

Avec un double tunnel, le détournement serait moindre et, dans le contexte de croissance du marché, le volume de trafic de véhicules à l'an 2000 serait à peu près le même qu'en 1980.

L'activité des ferries ne serait par contre que très peu affectée par la mise en service d'un tunnel simple avec ou sans navettes et le trafic de l'an 2000 resterait nettement supérieur à celui de 1980.

Les liaisons ferroviaires réduiront pratiquement à néant le trafic de passagers classiques sur les ferries. Toutefois, les excursionnistes étant beaucoup moins détournés, le nombre de passagers à pied sur les ferries du détroit français pourrait en 2000 être supérieur à celui de 1980.

Pour les options de liaison fixe les plus restreintes, le nombre de piétons transportés en ferry serait nettement plus grand qu'en 1980, à la condition que le trafic excursionnistes continue à croître. C'est seulement dans le cas d'une liaison fixe à la fois ferroviaire et routière que le trafic de piétons restant sur les ferries à l'an 2000 serait inférieur à celui de 1980.

J.27. Les tableaux J.9. et J.10. donnent les trafics restant respectivement sur les ferries du détroit belge et sur ceux des autres lignes (en 2000 et pour le scénario central). Sur le détroit belge les prévisions montrent que le détournement de véhicules est bien moindre que sur le détroit français et que la part des excursionnistes est plus faible.

Sur les autres lignes, les coefficients de détournement sont suffisamment bas pour que la croissance prévue du trafic ne soit pratiquement pas altérée, même par les options de liaison les plus importantes.

(en millions)	Tunnel 6/7 m sans navette		Tunnel 7 m ⁽¹⁾ avec navette		Tunnel 2 x 7 m		Pont routier		Pont + Tunnel		Solution mixte	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
<u>VOYAGEURS RAIL</u>												
détourné maritime	4,6	5,5	4,6	5,5	4,9	5,9			4,6	5,5	4,9	5,9
détourné aérien	1,2	1,4	1,2	1,4	1,5	1,7			1,2	1,4	1,5	1,7
excursionnistes	0,6	0,8	0,6	0,8	1,3	1,6			0,3	0,4	3,1	4,1
trafic induit	-	-	-	-	-	-					0,2	0,2
<u>VOYAGEURS EN VOITURE</u>	0,025	0,036	1,5	2,0	4,4	6,0	7,5 ⁽²⁾	10,0 ⁽²⁾	7,2	9,7	7,2	9,7
trafic induit	-	-	-	-	-	-	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0
<u>VOYAGEURS EN AUTOCAR</u>	0	0	1,0	1,4	3,2	4,6	10,5 ⁽³⁾	14,5 ⁽³⁾	9,0 ⁽³⁾	12,5 ⁽³⁾	6,2	8,8
trafic induit	-	-	-	-	-	-	0,9 ⁽⁴⁾	1,2 ⁽⁴⁾	0,9 ⁽⁴⁾	1,2 ⁽⁴⁾	0,7	1,0
<u>FRET RAIL</u> (en millions de tonnes)												
détourné rail	1,4	1,7	1,4	1,7	1,4	1,7	-	-	1,4	1,7	1,4	1,7
détourné conteneur	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	0,8	-	-	0,7	0,8	0,7	0,8
report modal Ro-Ro	1,5	2,0	1,5	2,0	1,0	1,3	-	-	1,0	1,3	1,0	1,3
<u>FRET ROUTIER</u>	-	-	1,8	2,3	5,5	7,3	10,2	13,3	10,0	13,0	10,0	13,0

(1) en dehors des contraintes essentielles de capacité

(2) y compris le trafic détourné de l'aérien

(3) y compris le trafic détourné du chemin de fer vers l'autocar et le trafic d'excursionnistes détourné vers l'autocar

(4) y compris un trafic induit d'excursionnistes voyageant par autocar.

Scénario optimiste

Prévisions de trafic

(en millions)	Tunnel 6/7 m sans navette		Tunnel 7 m ⁽¹⁾ avec navette		Tunnel 2 x 7 m		Pont routier		Pont + Tunnel		Solution mixte	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
<u>VOYAGEURS RAIL</u>												
détourné maritime	5,3	6,4	5,3	6,4	5,7	6,8			5,3	6,4	5,7	6,8
détourné aérien	1,5	1,8	1,5	1,8	1,9	2,2			1,5	1,8	1,9	2,2
Excursionnistes	1,8	2,8	1,8	2,8	3,6	5,6			0,9	1,4	8,2	12,7
trafic induit											0,2	0,2
<u>VOYAGEURS EN VOITURE</u>	0,1	0,14	2,2	3,0	6,6	9,0	9,6 ⁽²⁾	13,0 ⁽²⁾	9,3	12,6	9,3	12,6
trafic induit	-	-	-	-	-	-	1,0	1,3	1,0	1,3	1,0	1,3
<u>VOYAGEURS EN AUTOCAR</u>	0,0	0,0	1,5	2,1	4,9	6,9	17,7 ⁽³⁾	25,7 ⁽³⁾	15,4 ⁽³⁾	22,7 ⁽³⁾	8,1	11,4
trafic induit	-	-	-	-	-	-	1,2 ⁽⁴⁾	1,5 ⁽⁴⁾	1,2 ⁽⁴⁾	1,5 ⁽⁴⁾	1,0	1,3
<u>FRET RAIL</u> (en millions tonnes)												
détourné rail	1,7	2,0	1,7	2,0	1,7	2,0	-	-	1,7	2,0	1,7	2,0
détourné conteneur	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	-	-	0,9	1,0	0,9	1,0
report modal Ro-Ro	2,0	2,6	2,0	2,6	1,3	1,7	-	-	1,3	1,7	1,3	1,7
<u>FRET ROUTIER</u>	-	-	2,2	2,9	7,3	9,5	12,3	16,0	12,0	15,6	12,0	15,6

(1) en dehors des contraintes essentielles de capacité

(2) y compris le trafic détourné de l'aérien

(3) y compris le trafic détourné du chemin de fer vers l'autocar et le trafic d'excursionnistes détourné vers l'autocar

(4) y compris un trafic induit d'excursionnistes voyageant par autocar

Scénario pessimiste

Prévisions de trafic

Tableau J.7

(en millions)	Tunnel 6/7 m sans navette		Tunnel 7 m ⁽¹⁾ avec navette		Tunnel 2 x 7 m		Pont routier		Pont + tunnel		Solution mixte	
	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000	1991	2000
<u>VOYAGEURS RAIL</u>												
détourné maritime	3,3	3,9	3,3	3,9	3,4	4,1			3,3	3,9	3,4	4,1
détourné aérien	0,8	1,0	0,8	1,0	1,0	1,2			0,8	1,0	1,0	1,2
excursionnistes	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2			0,1	0,1	0,4	0,4
trafic induit	-	-	-	-	-	-					0,2	0,2
<u>VOYAGEURS EN VOITURE</u>	0	0	0,7	1,0	2,2	3,0	3,8 ⁽²⁾	5,0 ⁽²⁾	3,6	4,8	3,6	4,8
trafic induit	-	-	-	-	-	-	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
<u>VOYAGEURS EN AUTOCAR</u>	0	0	0,5	0,7	1,6	2,3	4,3 ⁽³⁾	5,8 ⁽³⁾	3,4 ⁽³⁾	4,7 ⁽³⁾	3,1	4,4
trafic induit	-	-	-	-	-	-	0,6 ⁽⁴⁾	0,7 ⁽⁴⁾	0,6 ⁽⁴⁾	0,7 ⁽⁴⁾	0,4	0,5
<u>FRET RAIL</u> (en millions de tonnes)												
détourné rail	1,0	1,2	1,0	1,2	1,0	1,2	-	-	1,0	1,2	1,0	1,2
détourné conteneur	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5
report modal Ro-Ro	1,0	1,3	1,0	1,3	6,7	0,9	-	-	0,7	0,9	0,7	0,9
<u>FRET ROUTIER</u>	-	-	1,3	1,7	3,9	5,1	7,2	9,3	7,0	9,1	7,0	9,1

(1) en dehors des contraintes essentielles de capacité

(2) y compris le trafic détourné de l'aérien

(3) y compris le trafic détourné du chemin de fer vers l'autocar et le trafic d'excursionnistes détourné vers l'autocar

(4) y compris un trafic induit d'excursionnistes voyageant par autocar.

Trafic restant sur les ferries du Déroit Français

Tableau J.8

	1980	Sans lien 2000	Tunnel 6/7 m sans navette 2000	Tunnel 7 m avec navette 2000	Tunnel 2x7 m 2000	Pont 2000	Pont + Tunnel 2000
<u>VOYAGEURS</u> (en millions)							
Voyageurs classiques	1,9	3,3	0,3	0,6	0,2	2,6	0,3
Excursionnistes	2,6	8,2	7,4	7,5	6,6	4,1	4,1
Voyageurs en voiture	2,7	7,9	7,9	6,5	3,2	0,8	0,8
Voyageurs en autocar	1,8	8,0	8,0	7,0	4,0	0,8	0,8
<u>FRET Ro - Ro</u>							
Millions tonnes	2,6	7,2	6,7	5,6	2,7	0,7	0,4
<u>VEHICULES</u>							
U.V.P. (Millions)	2,8	8,5	6,2	6,9	3,4	0,8	0,7

Trafic restant sur les ferries du Déroit Belge

Tableau J.9

	1980	Sans lien 2000	Tunnel 6/7 m sans navette 2000	Tunnel 7 m avec navette 2000	Tunnel 2x7 m 2000	Pont 2000	Pont + Tunnel 2000
<u>VOYAGEURS</u> (en millions)							
Voyageurs classiques	2,0	3,5	1,6	1,8	1,4	3,0	1,6
Voyageurs en voiture	1,3	2,3	2,3	2,1	1,6	0,7	0,7
Voyageurs autocar	0,8	2,3	2,3	2,1	1,8	0,9	0,9
<u>FRET Ro - Ro</u>							
Millions de tonnes	2,8	7,7	7,2	6,7	5,4	3,1	2,7
<u>VEHICULES</u>							
U.V.P. (Millions)	2,2	5,7	5,4	5,0	4,0	2,2	2,0

Trafic restant sur les ferries des autres routes

Tableau J.10

	1980	Sans lien 2000	Tunnel 6/7 m sans navette 2000	Tunnel 7 m avec navette 2000	Tunnel 2x7 m 2000	Pont 2000	Pont + Tunnel 2000
<u>VOYAGEURS</u> (en millions)							
Voyageurs classiques	2,5	4,4	3,7	3,8	3,7	4,2	3,7
Voyageurs en voiture	2,1	3,9	3,9	3,7	3,3	2,9	2,9
Voyageurs en autocar	0,5	1,1	1,1	1,1	1,0	0,9	0,9
<u>FRET Ro - Ro</u>							
Millions de tonnes	4,8	13,2	12,3	12,1	11,5	11,2	10,6
<u>VEHICULES</u>							
U.V.P. (Millions)	3,7	9,3	8,8	8,6	8,0	7,7	7,4

Annexe K

Comparaisons économiques des diverses solutions

K.1. La présente annexe expose la méthodologie utilisée dans l'étude de rentabilité économique, les principales hypothèses faites et les résultats obtenus.

Méthodologie de l'étude de rentabilité économique

K.2. Les termes des comparaisons faites ont été d'une part chaque option de liaison fixe et d'autre part le cas où les services maritimes et aériens resteraient seuls à faire face au développement du trafic prévu. L'ensemble des coûts d'investissements et d'exploitation et les gains de temps ont été pris en compte. Dans le cas des liaisons routières, où on a prévu un trafic induit non négligeable, les avantages relatifs à ce dernier ont été chiffrés. L'évolution économique a été faite seulement pour les effets sur les transports, sans tenir compte explicitement des critères tels que les impacts sur l'environnement, l'activité économique régionale, l'emploi, la consommation énergétique.

L'étude résumée ici ne peut donc être considérée comme une évaluation économique complète (1).

Le groupe de travail ne s'est pas attaché à séparer les coûts et avantages selon les nations concernées.

K.3. L'option « pas de liaison fixe » n'a pas fait l'objet d'une évaluation complète séparée. Ont été chiffrés seulement les coûts et avantages supplémentaires relatifs aux liaisons maritimes et aériennes dans le cas où elles devraient acheminer le trafic dont a été supposé le détournement si la liaison fixe est réalisée.

(1) On se reportera en conséquence également aux annexes traitant des autres critères énumérés précédemment.

K.4. En ce qui concerne le trafic supposé détourné des lignes maritimes, les coûts de la traversée de la Manche par la liaison fixe ont été comparés à ceux du transport par les ferries Douvres-Calais. On a donc supposé que les coûts des parties terrestres des trajets ne seraient pas changés. Cette approche n'est pas rigoureuse, puisque, pour les lignes autres que celles du détroit français, il aurait fallu normalement tenir compte qu'une liaison fixe entraînerait des économies plus grandes sur les ferries, mais aussi des surcoûts sur les parcours terrestres du fait de leur allongement. Il n'a pas été possible, dans les délais impartis, de procéder à une telle évaluation plus rigoureuse, qui aurait nécessité la décomposition du trafic selon toutes les origines et toutes les destinations. Il est toutefois possible d'affirmer que la simplification opérée va dans le sens d'une évaluation prudente de la rentabilité d'une liaison fixe.

Par ailleurs, dans le cas d'un report modal camion vers chemin de fer, on a également négligé la différence de coût des transports terrestres. Cela va aussi dans le sens d'une évaluation prudente, car le terme négligé jouerait en faveur de la liaison fixe, bien que le trajet par chemin de fer soit en général plus long que par route.

K.5. En ce qui concerne le trafic aérien détourné, on a comparé les coûts pour les lignes aériennes de Londres à Paris et Bruxelles à ceux des mêmes trajets par chemin de fer et liaison fixe. On n'a pas tenu compte des différences de coûts relatives aux trajets terminaux (entre les gares ou aéroports et les villes).

K.6. On a supposé que, si une liaison fixe est réalisée, on obtiendra sur les services maritimes et aériens des économies d'investissements et d'exploitation proportionnelles au trafic détourné. Ceci veut dire qu'on n'a pas pris en compte d'économies d'échelle, et qu'on a supposé une possibilité d'adaptation rapide des services aux variations de trafic. Certes cette approche, assez satisfaisante dans un contexte d'augmentation du trafic des liaisons maritimes et aériennes, l'est moins si le trafic détourné est tel qu'on observe une sur-capacité sur ces lignes après mise en service d'une liaison fixe ; en effet, du moins dans la période qui suivra immédiatement, il risque de n'y avoir guère d'utilisation alternative valable pour le matériel en excédent.

En matière d'investissements portuaires, on n'a pris en compte aucune économie au moment de la mise en service d'une liaison fixe (car les installations libérées ont été considérées comme non récupérables), mais on a tenu compte des économies correspondant aux investissements ultérieurs érudés. Pour les aéroports au contraire, on a supposé que les installations libérées seraient utilisées pour d'autres lignes aériennes, vu l'expansion d'ensemble du transport aérien et le caractère marginal des lignes concernées par rapport au trafic total des aéroports, et on a donc intégré dans les économies la valeur de ces installations.

K.7. En ce qui concerne les liaisons fixes, les coûts d'investissement pris en compte comprennent ceux de l'ouvrage lui-même, plus les infrastructures routières et ferroviaires associées et le matériel roulant nécessaire.

Les coûts d'entretien et d'exploitation de la liaison, et le cas échéant des services ferroviaires associés, ont été décomposés en éléments fixes et en éléments fonctions des niveaux de chaque catégorie de trafic.

K.8. L'analyse a aussi intégré les gains de temps des voyageurs détournés des ferries et les pertes de temps des passagers détournés des lignes aériennes. Pour les passagers en voiture et ceux en autocar et pour les excursionnistes, les gains de temps ont été pris égaux à la différence entre le temps de traversée de la Manche par ferries et celui par la liaison fixe. Pour les autres voyageurs, les gains (ou pertes dans le cas des lignes aériennes) de temps ont été déterminés à partir des différences de durée de trajet escomptées sur les relations Londres-Paris et Londres-Bruxelles.

K.9. Des estimations des avantages relatifs au trafic induit de voitures particulières et d'autocars ont été aussi effectuées pour les options comportant une liaison routière.

K.10. L'étude de rentabilité économique a été faite sur une période s'achevant en 2030. Ont été calculés :

- le bénéfice actualisé, déterminé en monnaie constante avec un taux d'actualisation de 7 % (1),
- le taux de rentabilité interne.

Ces calculs ont été effectués pour les six options de liaison fixe suivantes :

- a) Tunnel ferroviaire à voie unique de 6 m de diamètre sans navette pour véhicules
- b) Tunnel ferroviaire à voie unique de 7 m de diamètre sans navette pour véhicules
- c) Tunnel ferroviaire à voie unique de 7 m de diamètre avec navettes pour véhicules
- d) Tunnel ferroviaire double 2 × 7 m avec navettes pour véhicules
- e) Liaison routière sans rupture de charge seule
- f) Liaison routière sans rupture de charge + tunnel ferroviaire à voie unique de 6 m de diamètre.

En outre ont été étudiées des options de tunnel ferroviaire 2 × 7 m réalisé par phases.

K.11. L'étude de rentabilité économique a été menée sur la base de trois scénarios :

- hypothèse haute (ou optimiste),
- hypothèse de base
- hypothèse basse (ou pessimiste).

Les scénarios correspondent à des fourchettes larges mais non irréalistes sur un certain nombre de paramètres ; dans l'hypothèse haute, on a retenu

(1) C'est le taux d'actualisation normalement utilisé pour les études de rentabilité économique des investissements publics en Grande-Bretagne. En France, le taux de 9 % reste souvent utilisé bien qu'il ne soit plus officiel, mais un groupe de travail interministériel a recommandé d'adopter désormais 7 %.

pour chaque paramètre la valeur la plus favorable à la liaison fixe ; dans l'hypothèse basse, on a retenu pour chaque paramètre la valeur la plus défavorable à la liaison fixe.

Les paramètres dont les valeurs varient ainsi selon les scénarios sont :

- les prévisions de trafic (cf. annexe J),
- les coûts d'investissements et les dates de mise en service,
- la taille et le taux d'utilisation des ferries futurs,
- les coûts des services aériens.

Les hypothèses relatives aux coûts (1)

Coûts de la liaison fixe et des infrastructures terrestres associées :

K.12. Ont été examinées les estimations faites par les promoteurs sur les coûts d'investissements relatifs aux différents types de liaison fixe. Mais, dans aucune d'elles, on ne trouve une analyse des coûts comportant l'ensemble des éléments pour l'ensemble des options. La plupart des promoteurs par exemple n'ont pas inclus le coût des infrastructures routières et ferroviaires nécessaires pour assurer les accès à la liaison fixe. En outre, les estimations des promoteurs diffèrent en fonction de la précision de leurs études, des méthodes de construction proposées et de leur degré d'optimisme ou de pessimisme à propos des aléas. On a donc cherché à rendre cohérentes entre elles les estimations des différents types de liaison ; pour cela, on a évalué de la même façon les éléments communs à plusieurs options. Par ailleurs, on a tenu compte des niveaux de trafic retenus par le groupe de travail, et en particulier on a ajusté en conséquence les besoins en matériel ferroviaire.

K.13. Les coûts d'investissements et les dates de mise en service (2) sont entachées d'incertitudes, notamment dans le cas des liaisons routières — ponts ou tubes immergés — qui nécessitent l'extrapolation de la technologie actuelle. Des fourchettes ont donc été adoptées.

Pour l'une des extrémités de la fourchette (hypothèse optimiste), on s'est fondé sur les estimations des promoteurs en matière de coûts et de dates d'achèvement.

Pour l'autre extrémité de la fourchette, on a retenu :

- dans le cas des tunnels, un retard de deux ans, et une augmentation des coûts de 50 % pour les travaux sur les accès ferroviaires et de 30 % pour les autres investissements ;

(1) Tous les coûts ont été établis en valeur janvier 1981 et sont des prix hors taxes.

(2) Celles-ci ont été prévues comme suit :

— tunnels : 1991 dans l'hypothèse optimiste, 1992 dans l'hypothèse centrale, 1993 dans l'hypothèse pessimiste ;

— liaisons routières (avec ou sans tunnel ferroviaire parallèle) : 1994 dans l'hypothèse optimiste, 1995 dans l'hypothèse centrale, 1997 dans l'hypothèse pessimiste.

— dans le cas des liaisons routières (où les incertitudes sur les coûts ont été considérées beaucoup plus grandes), un retard de trois ans et un doublement des coûts.

Dans le scénario central, on a retenu, par rapport à l'hypothèse optimiste :
— dans le cas des tunnels, un an de retard et 10 % d'accroissement des coûts ;

— pour les liaisons routières, un an de retard et 25 % d'augmentation des dépenses d'investissements.

K.14. Le tableau K.1. donne les principaux éléments de coûts d'investissement pris en compte, à la fois durant la période de construction et après mise en service. Il indique aussi l'incidence des fourchettes retenues sur les coûts totaux, en tenant compte pour chaque scénario non seulement des variations des coûts unitaires retenues, mais aussi des différences des niveaux de trafic (cf. annexe J).

K.15. Les coûts figurant dans le tableau K.1. ont été intégrés dans l'étude de rentabilité économique en tant que suppléments d'investissement par rapport à l'option pas de liaison fixe. On a considéré que la liaison fixe ne permettrait aucune économie sur les infrastructures routières et ferroviaires des autres secteurs géographiques.

Coûts d'exploitation de la liaison fixe et des services associés :

Coûts variables dans le cas des liaisons ferroviaires

K.16. Ceux-ci ont été estimés à partir des informations contenues dans la proposition conjointe BR-SNCF. A été incluse une marge de 15 % (tant sur les coûts fixes que sur les coûts variables) pour les frais administratifs et commerciaux et autres dépenses indirectes. Les coûts d'exploitation variables relatifs au passage d'un train dans le tunnel ont été pris égaux à :

— 2 170 F pour un train de voyageurs ;

— 2 350 F pour un train de marchandises.

Les coûts d'exploitation variables des navettes pour véhicules ont été supposés sensiblement égaux à ceux des trains de marchandises.

K.17. En fonction d'hypothèses sur les coefficients de remplissage des différents types de trains, on est arrivé aux coûts d'exploitation unitaires suivants :

Trains de voyageurs : on a supposé une moyenne de 385 passagers par train, soit un taux de remplissage moyen annuel de 40 % ; d'où un coût d'exploitation variable de 5,70 F par voyageur pour la traversée du tunnel.

Trains de marchandises : on a supposé un chargement moyen de 400 tonnes, d'où un coût d'exploitation variable de 5,90 F par tonne.

Navettes à deux étages pour voitures : avec un taux de remplissage moyen de 30 %, chaque navette transporterait 86 automobiles, à un coût de 27,40 F par voiture ; on a supposé une moyenne de 2,5 passagers par voiture.

Navettes pour poids lourds : on a supposé qu'elles transporteraient en moyenne 13 camions, soit un taux de remplissage de 50 %. En prenant une charge moyenne de 10,5 tonnes par camion, on arrive à un coût d'exploitation variable de 17,10 F par tonne de marchandises.

Navettes à un seul étage pour voitures et autocars : avec un coefficient de remplissage moyen de 30 %, chaque navette emporterait 13 autocars, d'où un coût d'environ 180 F par autocar, soit 4,50 F par passager si on suppose qu'un car transporte en moyenne 40 personnes.

Les taux de remplissage ci-dessus ont été pris constants, alors qu'ils augmenteront avec les années en fonction de l'augmentation prévisible du trafic. Cette simplification va dans le sens d'une évaluation prudente de la rentabilité de l'ouvrage projeté. Notons cependant que cela pénalise, par rapport aux autres options, le tunnel à voie unique de 7 m avec navettes, car c'est le seul où on devrait observer une saturation à certaines périodes et donc où les taux de remplissage augmenteront notablement.

Coûts d'exploitation variables dans le cas des liaisons routières

K.18. Dans le cas des liaisons routières, il y a lieu de tenir compte des coûts d'exploitation des véhicules circulant sur l'ouvrage. Dans leur estimation, on a intégré l'ensemble des coûts kilométriques, entretien et amortissement compris, en excluant toutefois l'incidence des taxes sur les carburants. Les valeurs utilisées sont (pour la longueur de l'ouvrage) de 17,10 F par voiture, 113 F par autocar et 77,80 F par camion.

Coûts fixes d'exploitation

K.19. Ces coûts comprennent :

- l'entretien de la liaison fixe proprement dite,
- celui des installations ferroviaires pour trains classiques situées aux extrémités de l'ouvrage,
- celui des installations pour les navettes,
- les contrôles d'exploitation de la liaison fixe,
- ceux des terminaux ferroviaires,
- ceux des terminaux pour navettes.

K.20. Dans le cas des tunnels, on s'est fondé, pour ce qui concerne le trafic ferroviaire classique, sur les données de la proposition BR-SNCF. Pour les navettes, on a utilisé les informations fournies par d'autres promoteurs. Dans le cas d'une liaison routière, vu le peu d'informations fournies par les promoteurs à ce sujet, notamment dans le cas d'un pont, on a dû se contenter pour les coûts fixes d'exploitation d'un ordre de grandeur, qu'on a pris égal à 200 millions de francs par an.

Le tableau K.2. récapitule les hypothèses faites sur les coûts fixes d'exploitation.

Ces derniers sont en gros en rapport avec la nature et l'importance des prestations offertes. Toutefois, on utilisera avec précaution les différences de coûts entre liaisons routières et liaisons ferroviaires.

Coûts des transports terrestres routiers et ferroviaires

K.21. Ces coûts ont été considérés comme communs aux options avec ou sans liaison fixe et n'ont donc pas été pris en compte, sauf dans le cas du trafic détourné des lignes aériennes, où on a considéré le coût des trajets Londres-Paris et Londres-Bruxelles par train (cas d'une liaison fixe ferroviaire) ou voiture (cas d'une liaison fixe routière) ; on a retenu les valeurs suivantes :

- 51,70 F par voyageur en chemin de fer,
- 80,00 F par voyageur en voiture.

On a mis en regard les économies faites sur les lignes aériennes.

Coûts des services aériens et coûts aéroportuaires

K.22. Les coûts des services aériens ont été évalués à partir d'informations fournies par des responsables de l'aviation civile. On a utilisé une analyse des coûts actuels sur des lignes courtes comparables à Londres-Paris et Londres-Bruxelles. On a considéré que, vu l'expansion d'ensemble du transport aérien, on ferait des économies proportionnelles au volume de trafic détourné.

Les coûts d'investissements en avions et sur les aéroports ont été estimés sur la base des prix actuels les plus courants. Ils ont été exprimés en montants par passagers, tout comme les coûts d'exploitation des avions et des aéroports. Les valeurs retenues figurent dans le tableau K.3.

K.23. Il résulte de ces hypothèses que le coût du transport aérien sur les lignes Londres-Paris et Londres-Bruxelles ressort actuellement à 384 F environ par passager pour un aller simple, ce qui semble à peu près cohérent avec les recettes moyennes perçues sur les lignes européennes les plus courtes.

Pour l'avenir, un certain nombre d'incertitudes se fait jour : évolution de la productivité, laquelle devrait dépendre de l'environnement réglementaire, des salaires, des consommations en carburant et du prix de ce dernier. Globalement, on peut s'attendre à une réduction du coût du transport aérien. Dans le scénario de base, on a supposé une réduction de 10 % par rapport à la situation actuelle ; dans l'hypothèse haute, on a gardé le coût actuel ; dans l'hypothèse basse, on l'a réduit de 30 %.

Coûts portuaires et des services maritimes

K.24. On a considéré que, en l'absence d'une liaison fixe, les services maritimes pourraient être développés pour faire face à toute la croissance prévisible du trafic transmanche. Le problème était alors d'évaluer le coût des services maritimes constituant une alternative à la réalisation d'une liaison fixe.

On a porté une attention particulière aux données actuelles sur les coûts des services maritimes et à leur évolution future vraisemblable, étant donné la grande incidence sur les résultats du calcul de rentabilité des hypothèses relatives aux coûts du transport maritime.

Le groupe de travail du Port de Douvres a fourni des éléments intéressants à la fois sur les coûts des services maritimes et sur les facteurs susceptibles de les abaisser de façon significative à l'avenir. Ces éléments, qui

concernent les lignes courtes au départ de Douvres, ont été examinés en détail par le groupe de travail franco-britannique, afin que ce dernier puisse se faire une opinion sur les hypothèses de coûts à prendre en compte, et notamment sur les fourchettes à considérer. Ont été recueillis également les avis d'autres spécialistes du transport maritime.

Investissements en bateaux

K.25. Le nombre de navires nécessaires pour acheminer un volume donné de trafic sur les lignes du détroit français est déterminé par :

- la taille des bâtiments,
- la mesure dans laquelle leur capacité est utilisée.

K.26. Les ferries les plus récents en service sur les lignes considérées sont des unités de 400 UVP à usage multiple, pouvant effectuer quelque 5 allers et retours par jour.

Il a été considéré que, durant la période couverte par l'étude économique, on pourrait bien assister à la mise en service de bateaux significativement plus grands, disons des navires de 600 UVP à usage multiple, qui effectueraient le même nombre d'allers et retours dans la journée.

Cependant, la date d'introduction de telles unités reste incertaine. Dans le scénario de base, on a supposé que les bateaux de 600 UVP deviendraient la règle vers 2010, c'est-à-dire après un cycle de renouvellement des navires (20 ans) suivant la mise en service d'une liaison fixe ; les coûts des services maritimes jusqu'en 2010 ont été estimés à partir des caractéristiques des nouveaux ferries de 400 UVP, supposés remplacer progressivement les plus petites unités encore en service, ce qui représente déjà une amélioration considérable par rapport à la situation actuelle.

Dans l'hypothèse haute, on a considéré que des bateaux de 400 UVP resteraient utilisés jusqu'en 2030. Dans l'hypothèse basse, on a supposé que les navires de 600 UVP seraient la règle dès 1990. Le degré de sévérité de la concurrence entre armateurs sur ces lignes pourrait bien constituer un facteur déterminant pour le rythme auquel seront introduits de nouveaux bateaux plus grands, plus performants.

K.27. Le coefficient d'utilisation de la flotte dépend de la répartition temporelle du trafic et de la marge de sécurité prise par les armateurs pour écouler le trafic de pointe. Il peut aussi être amélioré par la mise en service de bateaux plus rapides permettant d'augmenter l'offre de transport durant les jours critiques, et par la mise en œuvre de politiques tarifaires destinées à induire un meilleur étalement du trafic. Ces deux facteurs, ainsi que la croissance plus rapide du trafic poids lourds, mieux réparti temporellement que le trafic de véhicules de tourisme, ont contribué à augmenter ces dernières années le taux d'utilisation de la flotte, comme le montre le tableau K.4.

K.28. Actuellement, les armateurs disposent d'une capacité de transport supérieure de 50 % à celle qui serait nécessaire pour assurer le trafic de pointe maximum. Bien qu'il semble possible, en théorie, de réduire en grande partie, si ce n'est en totalité, ce surplus par une organisation

coordonnée des services de ferries et d'augmenter ainsi l'utilisation de cette capacité sur l'ensemble de l'année, une telle solution n'est probable que s'il existe une situation de monopole sur le marché transmanche. Si la concurrence joue, on ne peut savoir avec certitude dans quelle mesure on observera une réduction de cet excès de capacité. Pour le scénario central, on a pris en compte un excès de capacité ramené à 40 %, tandis qu'il a été maintenu à 50 % dans le scénario optimiste et pris égal à 30 % pour le scénario pessimiste.

K.29. On a en outre fait l'hypothèse d'une atténuation de la pointe de trafic des quatre semaines les plus chargées en juillet et août. Cette atténuation serait due à l'accroissement plus rapide du trafic poids lourds que celui du trafic automobile (la différence des taux d'accroissement diminuant cependant) et à une meilleure répartition temporelle du trafic de véhicules de tourisme, les quatre semaines précitées ne représentant plus que 15 % \pm 2,5 % du trafic annuel total, au lieu de 18 % maintenant.

Les pointes journalières de trafic ont été estimées ensuite en supposant inchangée la répartition actuelle du trafic à l'intérieur des quatre semaines de pointe.

K.30. De ces hypothèses découlent que des taux d'utilisation se situant dans la fourchette 930-1 400 sont plausibles et ces valeurs ont été prises respectivement pour les scénarios optimiste et pessimiste. La valeur de 1 160 a été utilisée dans le scénario central. Ces taux ont servi de base au calcul de la réduction de la flotte consécutive au détournement de trafic par une liaison fixe. Ils sont tous beaucoup plus élevés que ceux constatés pendant la décennie passée.

K.31. Les coûts des navires ont été basés sur les montants d'acquisition habituels. On n'a pas pris en compte l'éventualité que ces prix soient sous-estimés par le jeu des subventions à la construction navale. Les conditions financières intéressantes généralement obtenues pour l'achat de ces bateaux n'ont pas été prises en compte. Le coût d'un ferry de 400 UVP a été estimé à 177 MF, celui d'un ferry de 600 UVP à 210 MF (toujours en francs de janvier 1981).

Coûts d'exploitation des ferries

K.32. Ce sont les coûts marginaux d'exploitation à long terme qui ont servi dans le calcul coûts-avantages. Aucune perte ou économie d'échelle significative liée à la taille de la flotte n'étant prouvée, on n'en a pas tenu compte.

Les coûts d'exploitation comprennent :

- les coûts directs de fonctionnement des navires incluant les frais de personnel, de fuel et d'entretien, fonction du nombre et du type de bateaux,
- les coûts de fonctionnement à terre de l'armement naval : marketing, administration, supposés fonction du volume de trafic,
- les coûts d'exploitation des ports, fonction pour certains du nombre de bateaux et pour d'autres du volume de trafic. (La répartition des coûts d'exploitation entre véhicules et passagers a été effectuée à partir de celle des recettes actuelles).

K.33. Les ventes au détail, en particulier le hors taxe mais aussi la restauration, compliquent le problème des coûts directs. Ces revenus peuvent être comptabilisés en déduction des coûts de personnel, mais le personnel correspondant est nécessaire pour que soit satisfaite la taille minimale de l'équipage prescrite par les règles de sécurité. Par ailleurs, l'existence à long terme de ce commerce hors taxe est incertaine à l'intérieur de la CEE.

Dans le calcul, les coûts d'équipage ont été estimés en conséquence à partir du nombre minimum imposé par les règlements de sécurité, et les recettes duty free n'ont pas été prises en compte.

K.34. Les coûts directs de fonctionnement des ferries se fondent sur les coûts courants estimés pour les navires de 400 UVP et 600 UVP en ne supposant pas d'évolution des salaires, pas d'augmentation de la productivité, ni du prix du fuel. On a estimé que les variations possibles se neutraliseront approximativement.

K.35. Les coûts indirects relatifs aux ferries et aux ports ont été estimés à partir d'un coût annuel par bateau, prenant en compte sa taille et son taux d'utilisation. Le tableau K.5. donne les coûts variables à long terme par bateau et par an dans les trois scénarios.

K.36. On a fait l'hypothèse que les passagers classiques pourraient être transportés pour un faible coût additionnel en terme de dépenses d'investissement et d'exploitation. Une valeur de 15 F a été retenue dans les scénarios central et optimiste comme coût total de transport d'un passager classique. Pour le scénario pessimiste, on a pris 10 F.

K.37. Le tableau K.6. résume les coûts unitaires par traversée retenus, sur les lignes du détroit français, pour chaque catégorie de trafic et pour chaque scénario.

Coût des infrastructures portuaires

K.38. Il a été considéré que les infrastructures portuaires existant au moment de la mise en service d'une liaison fixe n'auraient pas d'usage alternatif, et par conséquent qu'il ne fallait pas compter, à l'actif d'une liaison fixe, une valeur de récupération d'ouvrages portuaires. On a tenu compte par contre de ce qu'une liaison fixe permettrait ultérieurement des économies d'infrastructures portuaires, du fait qu'il ne serait plus nécessaire de réaliser certains investissements pour faire face à la croissance du trafic. Le chiffre de 216 F par UVP supplémentaire a été retenu comme ratio de tels investissements, pour l'ensemble des ports britanniques et continentaux concernés (on a négligé les coûts relatifs aux installations à terme pour les passagers).

Gains de temps

K.39. Le tableau K.7. indique les durées moyennes de trajet estimées pour les passagers classiques allant de Londres à Paris ou de Londres à Bruxelles par avion, par train + bateau, par train passant dans le tunnel. On a indiqué à part les temps de marche ou d'attente. Ces derniers, vu leur pénibilité, ont

été multipliés par 2 dans l'évaluation des gains de temps, pour ce qui concerne les déplacements de loisirs.

K.40. On voit sur le tableau que le tunnel est supposé faire perdre 50 mn à 1 h aux passagers détournés des lignes aériennes Londres-Paris et Londres-Bruxelles, mais réduirait le temps de marche ou d'attente d'environ 1 h 20. Pour les voyageurs détournés des services train + ferry, le gain de temps serait de 2 h 10 sur Londres-Paris et de 2 h 45 sur Londres-Bruxelles, tandis que le temps de marche ou d'attente serait diminué de 45 mn.

Dans la durée du trajet par train empruntant le tunnel, on a inclus le temps nécessaire aux formalités douanières et de police supposées faites dans les gares (leur durée a été supposée égale à celle observée dans les aéroports). On a donc estimé que ces formalités ne seraient pas faites dans les trains. Cette hypothèse a été faite par souci de prudence ; on peut en fait fort bien concevoir que les formalités se passent dans les trains, comme cela se passe dans nombre de trains internationaux.

Les voyageurs abandonnant l'avion pour la voiture, si une liaison fixe routière est réalisée, ont été supposés perdre 2 h sur le trajet Paris-Londres ou Londres-Bruxelles.

K.41. On a prévu un gain de temps de 30 mn pour le trafic de véhicules et pour les excursionnistes détournés des ferries vers un tunnel. Dans le cas d'une liaison fixe routière, on a porté ce gain de temps à 1 h, les ruptures de charge étant évitées.

La durée des formalités douanières et de police a été supposée inchangée.

Valeurs du temps

K.42. On n'a pas fait d'estimations spécifiques des valeurs du temps pour le trafic transmanche. On a donc utilisé des valeurs couramment adoptées par les ministères des Transports britannique et français. Le tableau K.9. donne ces valeurs, à partir desquelles deux calculs séparés ont été effectués (l'un pour les valeurs britanniques, l'autre pour les valeurs françaises) pour déterminer l'avantage total pour l'ensemble du trafic détourné.

K.43. Dans le cas du trafic détourné des lignes aériennes, le temps de trajet serait allongé. On a supposé qu'une grande proportion des voyageurs détournés effectueraient un déplacement professionnel (60 % sur Londres-Paris et 80 % sur Londres-Bruxelles) ; des valeurs du temps assez hautes ont été prises pour ces derniers : 5,46 £ (soit 54,6 F) comme valeur britannique, 60 F comme valeur française.

Globalement, en tenant compte du coefficient 2 dont ont été affectés les temps de marche ou d'attente pour les déplacements de loisirs, on est arrivé à un coût par passager aérien détourné de 2,94 £ (29,6 F) pour un tunnel et de 5,88 £ (59,2 F) pour une liaison fixe routière.

Avantages relatifs au trafic induit

K.44. C'est seulement dans le cas d'une liaison fixe routière qu'un trafic induit significatif a été jugé plausible.

On rappelle que le trafic induit est celui qui ne traverserait pas la Manche si une liaison fixe n'était pas réalisée.

Les coûts correspondant à l'acheminement de ce trafic ne sont pas compensés par des économies sur d'autres modes de transport. Mais (sous peine de trouver que le trafic induit diminue la rentabilité d'une liaison fixe) on doit considérer que les voyages supplémentaires effectués procurent des satisfactions, que l'on peut traduire sous forme d'avantages monétaires au moyen de la méthode suivante :

Dès lors que les personnes correspondantes (1) n'auraient pas entrepris la traversée en l'absence de liaison fixe, c'est que la valeur qu'ils attachent aux satisfactions procurées par le voyage est inférieure au prix généralisé (tarif + valeur du temps) du transport sans liaison fixe ; mais elle est supérieure au prix généralisé du transport par la liaison fixe. D'où l'idée de prendre, pour cette valeur du voyage, la moyenne des prix généralisés du transport avec et sans liaison fixe (2).

K.45. On a supposé que le trafic induit utiliserait des tarifs promotionnels inférieurs de 10 % aux plus bas tarifs des ferries (excursionnistes en dehors des périodes de pointe) et gagnerait une heure sur le temps de traversée actuel.

L'avantage par voyageur induit a été trouvé égal à :

- avec les valeurs du temps britanniques : 43,40 F pour les excursionnistes et passagers en autocar — 73,00 F pour les passagers en voiture,
- avec les valeurs du temps françaises : 53,40 F pour les excursionnistes et passagers en autocar — 78,00 F pour les passagers en voiture.

Résultats de l'étude de rentabilité

K.46. Le tableau K.10. donne le bénéfice actualisé à 7 % et le taux de rentabilité interne obtenus pour chaque type de liaison fixe et pour chaque scénario, avec les valeurs du temps britanniques. Le tableau K.11. donne les mêmes résultats avec les valeurs du temps françaises.

Pour tous les projets, on constate de grandes variations du taux de rentabilité entre les scénarios. Ceci est dû à l'ampleur des différences entre les hypothèses sur les trafics, sur les coûts d'investissements et dates de mise en service, sur les évolutions des coûts des services maritimes et aériens.

K.47. Ces écarts sont spécialement marqués pour les options routières, du fait des incertitudes particulièrement grandes sur leurs coûts et dates

(1) Le trafic induit a été supposé négligeable en matière de marchandises.

(2) Cette formulation est équivalente à celle qui est donnée classiquement à partir d'un raisonnement mathématique fondé sur l'intégration de la courbe (assimilée localement à une droite) donnant le trafic en fonction du prix généralisé.

d'achèvement : leur rentabilité peut être fort mauvaise ou bonne selon le scénario (encore faut-il que ces types de liaison s'avèrent techniquement faisables).

K.48. Pour les tunnels, on a obtenu des taux de rentabilité interne variant dans le scénario de base de 4 à 7 % avec les valeurs du temps britanniques et de 5 à 8 % avec les valeurs du temps françaises. Dans l'hypothèse haute, on a trouvé des taux de rentabilité plus attractifs.

Les taux de rentabilité apparaissent plus faibles dans le cas du tunnel à voie unique avec navettes que pour les autres tunnels, en particulier dans l'hypothèse haute où la contrainte de capacité intervient davantage. On doit toutefois signaler que ce type de tunnel a été pénalisé par la façon dont la contrainte de capacité a été introduite (limitation du trafic total annuel à un certain niveau, sans tenir compte du fait que la saturation n'empêchera pas la croissance du trafic en dehors des pointes) et par le fait qu'on a conservé le même montant d'installations terminales que pour le tunnel 2×7 m qui sont alors mal rentabilisées dans un tunnel à voie unique, alors qu'on pouvait les réduire dans ce cas si le doublement ultérieur de l'ouvrage n'était pas envisagé à court ou moyen terme.

K.49. C'est le tunnel à double voie qui est apparu procurer la meilleure rentabilité parmi les liaisons ferroviaires, malgré les dépenses initiales plus élevées qu'il nécessite.

On a étudié plusieurs solutions de phasage permettant d'aboutir à un tunnel double lorsque la croissance du trafic le justifierait, tout en limitant les investissements initiaux. Les résultats de cette analyse figurent plus loin.

K.50. Le tableau K.12. donne, pour le scénario de base, la décomposition du bénéfice actualisé par postes de coûts et d'avantages, ceci pour chaque option de liaison fixe.

Les plus grands avantages proviennent, pour toutes les options et notamment pour les liaisons fixes les plus ambitieuses, des économies faites sur les services maritimes (en investissements et coûts d'exploitation). Les économies sur les services aériens sont en gros du même ordre pour tous les tunnels, leur importance relative étant plus grande pour le tunnel de 6 m ; elles sont faibles dans le cas d'une liaison fixe routière. La contribution des gains de temps est relativement petite, mais ne doit pas être négligée du fait que les taux de rentabilité obtenus sont à la limite de ce qui est admissible.

Ce n'est que dans le cas d'une option routière que le bénéfice actualisé de la liaison fixe est positif ; dans le cas d'une liaison routière seule, il l'est même sans tenir compte des gains de temps et avantages relatifs au trafic induit.

Tests de sensibilité

K.51. Des tests de sensibilité ont été effectués. Pour cela, on a fait varier les valeurs des paramètres principaux par rapport au scénario de base, en prenant pour l'un les valeurs extrêmes utilisées dans les autres scénarios, sans, comme dans ces derniers, changer les valeurs des autres paramètres (ce qui est peut être plus réaliste que ce qui a été fait pour les scénarios

optimiste et pessimiste, car il est peu vraisemblable que tous les paramètres atteignent les valeurs les plus favorables ou qu'ils atteignent tous les valeurs les plus défavorables).

Les résultats obtenus figurent dans le tableau K.13.

K.52. Le niveau du trafic obtenu aura pour toutes les options un impact important sur le taux de rentabilité.

Ceci provient des coûts d'investissements élevés et des faibles coûts d'exploitation d'une liaison fixe, et aussi des très grands écarts entre les prévisions de trafic des divers scénarios : entre l'hypothèse haute et l'hypothèse basse, le rapport est de 1,5 pour les passagers classiques sans véhicule, de 3 pour les voitures et les autocars, de presque 2 pour les camions.

La rentabilité du tunnel à voie unique avec navettes est relativement moins améliorée par l'hypothèse optimiste de trafic, du fait de la contrainte de capacité.

K.53. Le deuxième facteur est, par ordre d'importance décroissante, les variations de coûts et délais.

K.54. La taille des ferries et leur taux d'utilisation ont, avec les fourchettes retenues, moins d'impact ; rappelons que les hypothèses faites vont jusqu'à admettre des accroissements de 50 % de la taille des bateaux actuels les plus modernes et du taux d'utilisation annuel de la flotte obtenu en 1981.

Les coûts aériens ont plutôt plus d'effets sur la rentabilité des options les plus limitées : 30 % d'accroissement de ces coûts multiplie par 1,1 le taux de rentabilité interne du tunnel de 6 m, mais n'ont pratiquement pas d'effet dans le cas d'une liaison fixe routière.

K.55. Outre les tests mentionnés ci-dessus, on a effectué les suivants :

a) *Incidence des coûts d'exploitation ferroviaires :*

S'ils varient de 50 %, le taux de rentabilité des tunnels est multiplié (ou divisé) par un facteur compris entre 1,05 et 1,08.

b) *Incidence des pertes de temps des passages aériens :*

Si on n'en tient pas compte, le taux de rentabilité interne du tunnel de 6 m est multiplié par 1,06 environ ; l'effet sur les options les plus ambitieuses est négligeable.

c) *Incidence de la période sur laquelle a été effectué le calcul de rentabilité*

Cette période (allant jusqu'à 2030, rappelons-le) couvre moins de 40 années d'exploitation d'une liaison fixe, et seulement un cycle complet de remplacement des ferries (20 ans). Pour couvrir deux cycles complets, on a prolongé la période jusqu'en 2040. Le taux de rentabilité est alors multiplié par un facteur compris entre 1,03 et 1,04.

Réalisation par phases d'un tunnel 2 × 7 m

K.56. Les taux de rentabilité obtenus pour un tunnel 2 × 7 m sont nettement plus élevés que ceux des tunnels à voie unique avec ou sans

navettes. Mais, compte tenu des considérations exposées au § K.49, il est apparu souhaitable de rechercher si la rentabilité d'un tunnel 2×7 m ne pouvait pas être encore améliorée en prévoyant une réalisation de l'ouvrage par phases.

Certes, au départ la qualité de service serait alors réduite et la capacité plus limitée. Mais l'extension ultérieure de l'ouvrage serait prévue.

Les stratégies de phasage qui ont été examinées ont fait l'objet d'une étude de rentabilité conduite sur les mêmes bases que celles exposées précédemment.

K.57. La construction d'un tunnel 2×7 m peut être scindée en trois étapes possibles.

Étape I : Tunnel à voie unique de 7 m de diamètre avec investissements associés pour trains classiques, mais sans navettes pour véhicules ; le trafic serait alors celui du tunnel 6 m ; un coût supplémentaire de 1 200 MF serait nécessaire pour préserver la possibilité de mettre ultérieurement en service des navettes et de doubler l'ouvrage.

Étape II : Mise en service de navettes pour véhicules, ce qui entraîne un coût de 5 000 MF (pour la réalisation des installations terminales et l'acquisition du matériel roulant) ; le trafic serait alors celui du tunnel de 7 m à voie unique avec navettes.

Étape III : Doublement du tunnel et adaptation des installations terminales, avec acquisition du matériel roulant supplémentaire pour faire face à un service accru ; le coût de cette phase serait d'environ 5 000 MF ; on aurait alors un tunnel 2×7 m complet.

Une réalisation phasée entraînerait un sur-coût d'environ 1 000 MF. Mais, du fait que certains travaux seraient retardés, les dépenses d'investissements actualisées seraient moindres que dans le cas d'une réalisation en une seule phase.

K.58. On a étudié les trois stratégies de phasage suivantes (les dates de mise en service indiquées le sont à titre d'exemples, d'autres pourraient être envisagées) :

Stratégie X : réalisation en 3 phases :

- étape I en 1992
- étape II en 1997
- étape III en 2005

Stratégie Y : réalisation en 2 phases :

- étape I en 1992
- étapes II et III groupées en 1997.

La mise en service de navettes pour véhicules serait alors différée jusqu'au doublement de l'ouvrage.

Stratégie Z : réalisation en 2 phases :

- étapes I et II groupées en 1992,
- étapes III en 1997.

Des navettes pour véhicules utiliseraient donc le tunnel dès le début.

Résultats des calculs de rentabilité

K.59. Les tableaux K.14. et K.15. donnent le bénéfice actualisé (à 7 %) et le taux de rentabilité interne obtenus pour chaque stratégie, dans chacun des trois scénarios explicités précédemment (la période de calcul restant limitée à 2030). On a repris dans les tableaux, à titre de comparaison, les valeurs trouvées pour le tunnel 2 × 7 m non phasé. Le tableau K.14. correspond aux valeurs du temps britanniques, le tableau K.15. aux valeurs du temps françaises.

Le tableau K.16. donne, pour les valeurs du temps britanniques et pour le scénario central, la décomposition du bénéfice actualisé par postes.

K.60. Une réalisation phasée diminuerait le taux de rentabilité d'un tunnel 2 × 7 m, mais seulement marginalement dans le cas de la stratégie Y ; L'une des raisons de cette diminution provient de ce que, la période d'évaluation économique s'arrêtant en 2030, les durées d'exploitation prises en compte diminuent s'il y a phasage, passant de 38 ans à 35 pour les stratégies Y et Z et à 25 pour la stratégie X.

Si on compare les stratégies Y et Z, on s'aperçoit que le fait de retarder jusqu'au doublement de l'ouvrage l'exploitation de navettes pour véhicules augmenterait le bénéfice actualisé, malgré la perte correspondante de trafic. Ceci provient de ce qu'un service de navettes pour véhicules dans un tunnel à voie unique entraîne des coûts élevés en regard du trafic probable, ce dernier étant réduit par l'exploitation en rafales. Il y a lieu toutefois de reprendre ici l'observation faite précédemment sur le pessimisme de la façon dont la contrainte de capacité a été introduite.

K.61. Dès lors que les travaux de première phase sont les mêmes dans les stratégies X et Y, le choix entre elles et le planning du développement après l'étape I pourraient n'être arrêtés que plus tard. La mise en œuvre de la stratégie Z nécessiterait par contre une décision plus précoce.

Tableau K.1

Coûts d'investissements de la liaison fixe et des infrastructures associées (Scénario central) (en millions de F de janvier 1981)

	Tunnel 6 m	Tunnel sans navette	Tunnel avec navettes	Tunnel 2 x 7 m	Liaison routière	Liaison routière + tunnel
<u>Liaison fixe proprement dite</u>	8 320	9 530	9 530	12 960	25 100	33 420
<u>Installations terminales</u>						
i. Pour trains classiques	1 530	1 530	1 530	1 530	-	1 530
ii. Pour navettes	-	-	4 280	4 280	-	
<u>Infrastructures terrestres</u>	1 870	1 870	1 870	1 870	1 500	3 370
<u>Matériel roulant</u>						
i. Matériel classique	1 600	1 600	1 600	1 310	-	1 660
ii. Navettes	-	-	610	1 200	-	
iii. Trains de service	60	60	60	60	-	60
Total investissement initial	13 380	14 590	19 480	23 210	26 600	40 040
<u>Investissements ultérieurs</u>						
i. Infrastructures	2 340	2 340	4 130	4 330	-	2 160
ii. Matériel roulant	980	980	160	2 380	-	830
<u>Total investissements jusqu'à 2030</u>						
Hypothèse centrale (B)	16 700	17 910	23 770	29 920	26 600	43 030
Hypothèse optimiste (A)	15 760	16 860	21 450	28 720	21 600	36 820
Hypothèse pessimiste (C)	19 250	20 680	28 650	33 790	41 600	60 920

Nota : Les installations terminales prévues pour le tunnel de 7 m avec navettes ont été dimensionnées en vue d'un doublement éventuel de l'ouvrage

Tableau K.2

Coûts d'exploitation et d'entretien annuels de la liaison fixe

	Tunnel à voie unique sans navette	Tunnel avec navettes	Tunnel 2 x 7 m	Liaison routière	Liaison routiè- re + tunnel
<u>Entretien</u>					
Liaison fixe proprement dite	38	38	55	200 (1)	238
Installations terminales pour trains classiques	29	29	29		29
Installations terminales pour navettes	-	22	33		-
<u>Exploitation</u>					
Contrôles d'exploitation de la liaison fixe	8	8	8		8
Terminal pour trains classiques	18	18	18		18
Terminal pour navettes	-	24	47		-
Total	93	139	191	200	293

(1) Chiffre total couvrant exploitation et entretien

Tableau K.3

Coûts des services aériens actuels
 (Coûts par passager pour un aller Londres-Paris ou Londres-Bruxelles) (en F de janvier 1981)

	Investissements	Exploitation	Total
Aéroports	16	36	52
Avions	32	300	332
			<hr/> 383

Tableau K.4

Evolution de l'utilisation annuelle de la flotte sur les principales lignes maritimes du Détroit Français

	PCU transportées (en milliers)	Capacité de la flotte (en PCU) (1)	Taux d'utilisation annuel de la flotte (2)
1972	853,2	1 630	523
1973	918,8	1 603	573
1974	1 065,6	1 845	578
1975	1 285,3	1 875	686
1976	1 404,7	2 387	588
1977	1 782,9	3 100	575
1978	2 014,6	3 225	625
1979	2 081,7	2 985	697
1980	2 183,2	3 270	668
1981	2 678,5	2 890	927

Source : Dover Harbour Board

(1) PCU : Passenger car unit; cette mesure britannique du nombre de véhicules transportés s'obtient en comptant pour chaque voiture particulière et pour 6 un camion ou un autocar (elle est donc différente de l'unité véhicule -UVP- utilisée souvent en France, car le coefficient de pondération des cars et camions alors pris est de 4 en moyenne).

(2) Nombre de PCU transportés chaque année par PCU de capacité.

Tableau K.5

Coûts d'exploitation annuels par bateau (en millions de F de janvier 1981)

	Scenario haut 400 PCU		Scenario central 400 PCU 600 PCU		Scenario bas 600 PCU
	Coûts directs	51,6	51,6	58,2	58,2
Coûts des opérations à terre (coûts portuaires exclus)	7,8	10,0	15,0	17,7	
Coûts portuaires	13,4	15,8	21,2	24,1	
Total annuel par bateau	72,8	77,8	94,4	100,0	

Tableau K.6

Coûts d'exploitation maritime par unité de trafic (en F de janvier 1981)

Scenario central	Par passager sans véhicule	Par voiture y compris passagers	Par autocar y compris passagers	Par tonne de marchandises RoRo
	Jusqu'en 2010	15	205	1 606
Après 2010	15	173	1 414	79
Scenario haut (A)	15	233	1 774	113
Scenario bas (C)	19	144	1 114	69

Tableau K.7

**Durée moyenne du trajet Londres-Paris
(de centre à centre)**

	Durée totale	dont temps de marche ou d'attente
	Par avion	4 h 25 mn
Par train utilisant le tunnel	5 h 15 mn	25 mn
Par train + bateau	7 h 25 mn	1 h 10 mn

Tableau K.8**Durée moyenne du trajet Londres-Bruxelles
(de centre à centre)**

	Durée totale	dont temps de marche ou d'attente
Par avion	4 h 00 mn	1 h 45 mn
Par train utilisant le tunnel	5 h 00 mn	25 mn
Par train + bateau	7 h 45 mn	1 h 10 mn

Tableau K.9**Valeurs du temps afférentes au trafic maritime (en F par heure)**

	Valeurs britanniques (1)	Valeurs françaises
Par passager classique sans véhicule (2)	10,7	23
Par excursionniste	6,8	23
Par autocar	272	920
Par voiture	33,5	42,5
Par camion	37,2	60

(1) Les valeurs britanniques ont été converties en francs français ; ici comme partout dans le présent document, au taux de 10 F pour une livre (soit sensiblement la valeur moyenne pour ces dernières années).

(2) Valeur pondérée en supposant que 8 % des passagers classiques sans véhicule effectuent un déplacement professionnel.

Tableau K.10

Résultats du calcul de rentabilité avec les valeurs du temps britanniques

	Tunnel 6 m	Tunnel 7 m sans navettes	Tunnel 7 m avec navettes	Tunnel 2 x 7 m	Liaison routière	Liaison routière + tunnel
Scenario A (hypothèse haute ou optimiste)						
TRI (1)	9,1	8,5	6,1	12,3	13,9	12,0
BA (2)	+ 2 890	+ 2 210	- 1 480	+ 14 560	+ 18 280	+ 18 450
Scenario B (hypothèse de base ou centrale)						
TRI	5,4	5,0	4,0	7,3	8,4	7,1
BA	- 2 010	- 2 820	- 4 740	+ 870	+ 3 410	+ 420
Scenario C (hypothèse basse ou pessimiste)						
TRI	1,6	1,2	1,0	2,4	0,3	0,0
BA	- 6 640	- 7 570	- 10 350	- 10 570	- 15 730	- 22 370

(1) TRI : taux de rentabilité interne (en pour cent)

(2) BA : bénéfice actualisé en millions de francs (valeur janvier 1981), avec un taux d'actualisation de 7 %.

Tableau K.11

Résultats du calcul de rentabilité avec les valeurs du temps britanniques

	Tunnel 6 m	Tunnel 7 m sans navettes	Tunnel 7 m avec navettes	Tunnel 2 x 7 m	Liaison routière	Liaison routière + tunnel
<u>Scenario A</u>						
(hypothèse haute ou optimiste)						
TRI (1)	10,7	10,0	7,0	13,4	15,0	13,2
BA (2)	+ 4 980	+ 4 300	+ 40	+ 17 570	+ 21 230	+ 22 940
<u>Scenario B</u>						
(hypothèse de base ou centrale)						
TRI	6,8	6,2	5,1	8,1	9,1	8,0
BA	- 350	- 1 160	- 3 180	+ 3 130	+ 5 480	+ 3 730
<u>Scenario C</u>						
(hypothèse basse ou pessimiste)						
TRI	2,5	2,0	1,7	3,0	0,7	0,6
BA	- 5 560	- 6 490	- 9 210	- 9 170	- 14 890	- 20 640

(1) TRI : taux de rentabilité interne (en pour cent)

(2) BA : bénéfice actualisé en millions de francs (valeur janvier 1981), avec un taux d'actualisation de 7 %.

Tableau K.12

Décomposition du bénéfice actualisé (Scénario central) (en millions de F valeur janvier 1981)

	Tunnel 6 m	Tunnel sans navette	Tunnel (2) avec navettes	Tunnel 2 x 7 m	Liaison Routière	Liaison routière + tunnel
<u>Eléments relatifs à la liaison fixe</u>						
Coût de construction actualisé	- 5 570	- 6 370	- 6 370	- 8 670	- 14 130	- 18 600
Renouvellements d'installations	- 110	- 120	- 120	- 150	-	- 90
Infrastructures terminales et terres- tres	- 2 290	- 2 290	- 5 160	- 5 140	- 700	- 2 550
Renouvellements correspondants	- 290	- 290	- 600	- 600	-	- 240
Matériel roulant	- 1 060	- 1 060	- 1 270	- 1 760	-	- 900
Coûts d'exploitation fixes	- 630	- 630	- 940	- 1 300	- 1 090	- 1 600
Coûts d'exploitation variables						
(i) Passagers sans véhicules (y compris excursionnistes)	- 310	- 310	- 270	- 360	- 90	- 290
(ii) Voitures avec leurs passagers			- 120	- 460	- 410	- 400
(iii) Autocars avec leurs passagers			- 30	- 150	- 150	- 150
(iv) Marchandises Ro-Ro			- 230	- 900	- 600	- 590
(v) Marchandises sur wagons	- 180	- 180	- 150	- 150	-	- 130
Coûts d'exploitation des transports Terrestres (1)	- 440	- 440	- 390	- 550	- 120	- 370
Total	- 10 880	- 11 690	- 15 650	- 20 200	- 17 280	- 25 270

(1) Pour les passagers détournés des lignes aériennes seulement

(2) Trafic supposé constant à partir de 1 995 du fait de la contrainte de capacité

Tableau K.12 (suite)

Décomposition du bénéfice actualisé (Scénario central) (en millions de F valeur janvier 1981)

		Tunnel 6 m	Tunnel sans navette	Tunnel (2) avec navettes	Tunnel 2 x 7 m	Liaison routière	Liaison routière + tunnel
<u>Economies sur les services maritimes et aériens</u>							
Ferries :	Investissements	+ 630	+ 630	+ 990	+ 2 220	+ 2 600	+ 2 960
	Exploitation (3)	+ 3 690	+ 3 690	+ 5 790	+ 12 590	+ 14 390	+ 16 530
Services aériens :	Investissements	+ 410	+ 410	+ 360	+ 520	+ 70	+ 340
	Exploitation	+ 2 890	+ 2 890	+ 2 550	+ 3 610	+ 500	+ 3 610
Investissements portuaires		+ 60	+ 60	+ 30	+ 300	+ 350	+ 380
Total		+ 7 680	+ 7 680	+ 9 720	+ 19 240	+ 17 910	+ 22 610
<u>Gains de temps</u>							
Passagers sans véhicule (y compris excursionnistes)		+ 1 540	+ 1 540	+ 1 340	+ 1 660	+ 310	+ 1 480
Passagers aériens		- 350	- 350	- 300	- 430	- 120	- 300
Passagers en voiture				+ 90	+ 350	+ 990	+ 990
Passagers en autocar				+ 30	+ 140	+ 470	+ 470
Conducteurs de camions				+ 30	+ 120	+ 360	+ 350
Total gains de temps (avec valeurs britanniques)		+ 1 190	+ 1 190	+ 1 190	+ 1 830	+ 2 010	+ 3 000
Total gains de temps (avec valeurs françaises)		+ 2 850	+ 2 850	+ 2 750	+ 4 090	+ 3 980	+ 6 220
Avantages relatifs au trafic induit avec les valeurs du temps britanniques (entre parenthèses avec les valeurs du temps françaises)						+ 780 (+ 870)	+ 780 (+ 870)
Bénéfice actualisé total		- 2 010	- 2 820	- 4 740	+ 870	+ 3 410	+ 420
		(- 350)	(- 1 160)	(- 3 180)	(+ 3 130)	(+ 5 480)	(+ 3 730)

(3) Y compris coûts d'exploitation portuaire

Tableau K.13

Tests de sensibilité

Taux de rentabilité interne obtenu en faisant varier un seul des paramètres par rapport au scénario central (A : valeur favorable du paramètre - C : valeur défavorable du paramètre)

	Tunnel 6 m	Tunnel 7 m sans navettes	Tunnel 7 m avec navettes	Tunnel 2 x 7 m	Liaison routière	Liaison routière + tunnel
<u>Scénario central</u>	5,4	5,0	4,0	7,3	8,4	7,1
<u>Trafic prévu</u>						
A	6,9	6,4	4,1	9,3	10,4	9,8
C	3,6	3,3	3,0	4,7	4,8	4,2
<u>Coût et délais de construction</u>						
A	6,3	5,9	5,0	8,0	9,8	8,4
C	3,9	3,6	1,6	6,1	4,9	4,1
<u>Taille des bateaux</u>						
A (400 PCU)	5,6	5,2	4,3	7,5	8,7	7,3
C (600 PCU)	5,2	4,8	3,6	6,7	7,7	6,6
<u>Taux d'utilisation des bateaux</u>						
A (930)	6,3	5,8	5,1	8,6	10,0	8,5
C (1 400)	4,8	4,5	3,3	6,4	7,2	6,1
<u>Coûts des services aériens</u>						
A	5,7	5,3	4,2	7,5	8,4	7,2
C	5,1	4,7	3,8	7,1	8,4	7,0
<u>Autres tests</u>						
<u>Coûts d'exploitation des trains</u>						
+ 50 %	5,8	5,3	4,4	7,7		7,2
- 50 %	5,1	4,7	3,7	6,8		7,0
<u>Exclusion des pertes de temps relatives au trafic détourné de l'avion</u>	5,7	5,3	4,2	7,4	8,4	7,2
<u>Extension jusqu'à 2040 de la période d'évaluation économique</u>	5,6	5,2	4,2	7,5	8,7	7,4

Tableau K.14

**Résultats du calcul de rentabilité pour les
tunnels 2 × 7 m phasés avec les valeurs
du temps britanniques**

	Stratégie X	Stratégie Y	Stratégie Z	Rappel des résultats pour le tunnel 2 × 7m non phasé
Scenario A (hypothèse haute ou optimiste)				
TRI (1)	9,8	11,7	10,8	12,3
BA (2)	+ 6 920	+ 11 850	+ 10 780	+ 14 560
Scenario B (hypothèse centrale ou de base)				
TRI	6,2	7,1	6,8	7,3
BA	- 1 700	+ 170	- 1 490	+ 870
Scenario C (hypothèse basse ou pessimiste)				
TRI	1,8	2,2	2,0	2,4
BA	- 9 550	- 9 510	- 10 690	- 10 570

(1) TRI : taux de rentabilité interne (en %)

(2) BA : bénéfice actualisé en millions de francs (valeur janvier 1981), avec un taux d'actualisation de 7 %.

Tableau K.15

**Résultats du calcul de rentabilité pour les tunnels 2 × 7 m
phasés avec les valeurs du temps françaises**

	Stratégie X	Stratégie Y	Stratégie Z	Rappel des résultats pour le tunnel 2 × 7 m non phasé
SCENARIO A				
(Hypothèse haute ou optimiste)				
T.R.I. (1)	10,9 %	12,8 %	11,9 %	13,4 %
B.A. (2)	+ 9 430 MF.	+ 14 780 MF.	+ 13 600 MF.	+ 17 570 MF.
SCENARIO B				
(hypothèse centrale ou de base)				
T.R.I.	7,1 %	8,0 %	7,7 %	8,2 %
B.A.	+ 240 MF.	+ 2 300 MF.	+ 1 660 MF.	+ 3 130 MF.
SCENARIO C				
(hypothèse basse ou pessimiste)				
T.R.I.	2,5 %	2,9 %	2,6 %	3,0 %
B.A.	- 8 210 MF.	- 8 090 MF.	- 9 260 MF.	- 9 170

(1) T.R.I. : taux de rentabilité interne (en pour cent)

(2) B.A. : bénéfice actualisé en millions de francs (valeur janvier 1981, avec taux d'actualisation de 7 %).

Tableau K.16

**Décomposition du bénéfice actualisé pour les tunnels 2 × 7 m phasés
(Scénario central - Valeurs du temps britanniques)**

(en millions de F - valeur janvier 1981)

	Stratégie X	Stratégie Y	Stratégie Z	Tunnel 2 x 7 m non phasé (rappel)
<u>Éléments relatifs à la liaison fixe</u>				
Coût de construction actualisé	- 7 370	- 8 080	- 8 000	- 8 670
Renouvellements d'installations	- 130	- 130	- 130	- 150
Infrastructures terminales et terrestres	- 4 380	- 4 180	- 5 470	- 5 140
Renouvellements correspondants	- 500	- 500	- 600	- 600
Matériel roulant	- 1 540	- 1 660	- 1 760	- 1 760
Coûts d'exploitation fixes	- 990	- 1 100	- 1 190	- 1 300
Coûts d'exploitation variables				
(i) Passagers sans véhicule (y compris excursionnistes)	- 320	- 350	- 350	- 360
(ii) Voitures avec leurs passagers	- 250	- 350	- 390	- 460
(iii) Autocars avec leurs passagers	- 60	- 120	- 120	- 150
(iv) Marchandises Ro-Ro	- 490	- 680	- 750	- 900
(v) Marchandises sur wagons	- 160	- 150	- 160	- 150
Coûts d'exploitation ferroviaires à l'extérieur du tunnel (1)	- 470	- 520	- 520	- 550
Total	- 16 660	- 17 830	- 19 440	- 20 200

(1) Pour les passagers détournés des lignes aériennes seulement

Tableau K.16 (suite)

**Décomposition du bénéfice actualisé pour les tunnels 2 x 7 m phasés
(Scénario central - Valeurs du temps britanniques)**

(en millions de F - valeur janvier 1981)

	Stratégie X	Stratégie Y	Stratégie Z	Tunnel 2 x 7 m non phasé (rappel)
<u>Economies sur les services maritimes et aériens</u>				
Ferries : Investissements	+ 1 470	+ 1 860	+ 1 990	+ 2 220
: Exploitation (1)	+ 8 300	+ 10 350	+ 11 130	+ 12 590
Services aériens : Investissements	+ 440	+ 490	+ 490	+ 520
: Exploitation	+ 3 110	+ 3 410	+ 3 410	+ 3 610
Investissements portuaires	+ 110	+ 200	+ 200	+ 300
Total	+ 13 430	+ 16 310	+ 17 220	+ 19 240
<u>Gains de temps</u>				
Passagers sans véhicule (y compris excursionnistes)	+ 1 550	+ 1 630	+ 1 630	+ 1 660
Passagers aériens	- 380	- 410	- 410	- 430
Passagers en voiture	+ 200	+ 280	+ 300	+ 350
Passagers en autocar	+ 80	+ 110	+ 120	+ 140
Conducteurs de camions	+ 70	+ 90	+ 100	+ 120
Total	+ 1 530	+ 1 690	+ 1 730	+ 1 830
Bénéfice actualisé total	- 1 700	+ 170	- 490	+ 870

(1) Y compris coûts d'exploitation portuaires

Annexe L

Impacts locaux

Effets locaux en France

L.1. Outre les effets sur les activités maritimes et l'emploi, il convient de prendre en considération l'impact de la liaison fixe sur l'activité agricole, sur l'environnement, sur le tourisme et sur le commerce local.

Impact sur l'activité agricole

L.2. Si le projet du tunnel simple ferroviaire sans navette n'a que peu de conséquences, les installations terminales et les infrastructures associées au tunnel ferroviaire avec navettes ne manqueraient pas de poser des problèmes aux exploitations agricoles situées au débouché du tunnel.

A cet égard, une zone d'aménagement différé de 1 820 ha avait été créée pour permettre de contrôler le marché foncier du site à l'ouest de Calais qui devait accueillir le terminal du tunnel projeté dans les années 1970.

Cette procédure a permis à l'Etat d'acquérir 158 ha mais a gêné considérablement les exploitants agricoles laissés dans l'incertitude et dans l'impossibilité d'investir. Elle arrive à expiration au mois de mai 1982.

Une nouvelle zone d'aménagement différé devrait être créée à ce moment. Toutefois, celle-ci pourrait être réduite aux besoins des équipements nécessaires à l'activité des projets actuels soit environ 400 ha. D'autre part, des emplacements sont prévus aux documents d'urbanisme des communes concernées pour les infrastructures associées.

L.3. Toutes les mesures devront cependant être prises pour réduire et compenser équitablement les préjudices subis par les exploitants agricoles de la zone concernée.

Impact sur l'environnement

L.4. L'impact sur l'environnement serait très différent selon le type de liaison fixe.

Le débouché du tunnel est situé en zone rurale, à l'extérieur mais à

proximité du site des caps Gris-Nez et Blanc-Nez classé « Grand Site national ». Relativement faible dans le cas de la réalisation d'un tunnel ferroviaire de 6 m, l'impact sur l'environnement serait plus sensible pour le tunnel de 7 m avec navettes.

La réalisation des équipements nécessaires (terminal, infrastructure d'accès) devrait être précédée des études d'impact nécessaires pour permettre leur intégration la meilleure au paysage rural et réduire les nuisances.

Compte tenu de l'importance de l'ouvrage, porte de la France et de l'Europe continentale, cette intégration devrait pouvoir être exemplaire.

L.5. Par contre les projets routiers (pont et pont tunnel) semblent indiquer que l'accès du pont se ferait au sein même du Grand Site national des caps inscrits à l'inventaire des sites et en cours de procédure de classement. Il en résulterait inévitablement un dommage irréparable du site dont la qualité est exceptionnelle.

Impact sur les activités touristiques et commerciales

L.6. Comme l'indique les annexes G et J une part importante du trafic passagers du transmanche maritime concerne des excursionnistes : environ 30 % du trafic total, soit 2 600 000 passagers en 1980. Selon le type de liaison fixe, ce trafic essentiellement de tourisme et de commerce local risque d'être modifié.

Le tunnel ferroviaire de 6 m ne capterait que très peu d'excursionnistes, en laissant cependant au trafic maritime les possibilités existantes actuelles. Le projet de tunnel de 7 m avec navettes permettrait une traversée plus rapide mais entraînerait une focalisation de ce trafic sur le débouché du tunnel. Les projets de pont routier et pont tunnel favoriseraient évidemment le phénomène excursionniste.

L.7. Dans tous les cas, la liaison fixe apporterait une augmentation générale du trafic transitant par la région Nord-Pas-de-Calais. Quel que soit le projet, le littoral Nord-Pas-de-Calais devrait donc pouvoir profiter d'un trafic excursionniste et touristique grâce à la présence des sites naturels existants et aux possibilités de développement d'activités touristiques et commerciales.

A cet égard, les projets régionaux de parcs naturels, de bases de loisirs, de centre international de la mer devraient permettre d'attirer et de retenir la clientèle de passage.

Effets locaux en Grande-Bretagne

L.8. Le comté du Kent restera inévitablement le lieu de passage pour la plupart du trafic, en expansion, à destination et en provenance de l'Europe. Aucun type de liaison fixe ne peut réduire ce trafic. Cependant la partie du

littoral du Kent la plus proche de la France possède une beauté naturelle exceptionnelle et un intérêt scientifique manifeste. En effet, les « falaises blanches de Douvres » sont quasiment un monument national. Les habitants du Kent sont concernés par les effets du trafic de transit et par ceux, éventuels, d'une liaison fixe sur l'agrément et l'écologie. Toutes ces considérations doivent être prises en compte simultanément avec les autres aspects, notamment économiques.

Les installations terminales dans le Kent

L.9. Tous les schémas de tunnel supposent une station terminale ferroviaire près de l'entrée du tunnel, à Cheriton, au nord de Folkestone. Les schémas prévoyant en plus des services de navettes pour véhicules automobiles nécessitent une station terminale routière, également à Cheriton. Celle-ci inclurait sans doute des équipements transférés de leur localisation actuelle. Ils pourraient alors se situer plus loin sur la ligne de Londres, par exemple à Ashford ou entre Cheriton et le tunnel de Saltwood.

L.10. Les deux-tiers environ du site de Cheriton qui avaient été retenus pour établir le terminal, en 1975, appartiennent au ministère des Transports. Il serait nécessaire d'obtenir des pouvoirs nécessaires en matière d'expropriation pour le tiers restant, ne concernant qu'une famille. Ces mêmes pouvoirs seraient également nécessaires pour le futur emplacement, encore indéterminé, situé à l'intérieur des terres. De plus, la qualité de l'environnement de certaines propriétés des villages de Frogholt Newington et de Peene serait affectée pendant la construction et après la mise en service.

L.11. La majeure partie du site de Cheriton se trouve dans un périmètre classé pour sa beauté (AONB : Area of Outstanding Natural Beauty). La station terminale serait, inévitablement, visible de Folkestone et des villages avoisinants, bien que les travaux préparatoires effectués en 1974 suggèrent que l'impact peut être réduit par des plantations ou en installant des écrans.

L.12. Une partie du site de Cheriton se trouve également à l'intérieur d'un périmètre de protection de la nature (AHNCV : Area of High Nature Conservation Value). Tout chantier de construction doit être alors soigneusement organisé pour éviter d'endommager un site classé d'intérêt scientifique (SSSIS : Statutory Sites of Special Scientific Interest) : utilisation temporaire de certains sols, poussières, modification du régime hydrologique local.

L.13. Un pont doublé d'une liaison ferroviaire, ou un projet composite nécessiterait également une station terminale, peut-être plus petite, à Cheriton. Dans le projet composite, le contrôle des frontières et les aires de service nécessaires, peuvent être situés sur les îles artificielles. Dans le cas d'un pont, ces activités pourraient être localisées soit juste à l'Est de Capelle-Ferne, soit à l'amont de l'Alkham Valley. Ces deux emplacements se trouveraient dans les « Downs », dans une zone de beauté naturelle remarquable, et très visibles. Les projets de pont ou les solutions composites nécessitent un court passage en tunnel sous la falaise, au débouché à terre du pont. Ces falaises, connues sous le nom des « falaises

blanches de Douvres » sont à la fois classées comme SSSI, AONB et AHNCV.

L.14. Tout projet de pont, de tunnel immergé ou tout projet composite aurait des effets sur les fonds marins. Il y aurait un risque de déplacement des bancs de sable. Les travaux pourraient entraîner des conséquences fâcheuses pour la faune et la flore marines et celles situées sur les lais, soit directement, soit indirectement en modifiant le régime des dépôts d'alluvions et de sédimentations, ainsi que par les risques de pollution.

Station terminale à Londres

L.15. Les problèmes se posent différemment au terminus de Londres (Waterloo), où l'on devra satisfaire simultanément les besoins croissant générés par le trafic ferroviaire urbain.

Quelques aménagements devront également être prévus le long de la ligne entre Londres et la côté, notamment un saut de mouton à Stewarts Lane (près de Nine Elms).

Routes dans le Kent

L.16. La majeure partie du trafic conduisant aux ports emprunte la A2/M2 ou la A20/M20. Malgré l'achèvement de la nouvelle A20 entre Folkestone et Douvres, le trafic utilisant la A20/M20 continuera à traverser le centre de Douvres pour rejoindre les Eastern Docks (bien que le développement des Western Docks atténue le problème). De plus, des terrains supplémentaires seront nécessaires pour faire face, sur le plan des contrôles douaniers, à la croissance du trafic de marchandises. Ces terrains peuvent se trouver en remblais (sans doute près de la A2 pour un accès facile aux Eastern Docks) : soit aux Eastern Docks, soit aux Western Docks. Ainsi, la croissance du trafic maritime impliquerait un accroissement des terrains et l'amélioration de la desserte de Douvres.

L.17. Toute autre solution qu'une liaison ferroviaire sans navette risque de rendre inutiles certaines améliorations du réseau routier de Douvres. De tels ouvrages seraient tous reliés directement à la M 20, qui serait elle-même reliée à la M 25 près de Londres et donc à l'ensemble du réseau autoroutier. En dehors du trafic local, les véhicules automobiles auront tendance à emprunter la M 20, évitant ainsi la traversée des villes et des villages du Kent. De la même façon, le trafic continuant vers Douvres aura tendance à emprunter la A2/M2, plus commode, qui possède maintenant de bonnes caractéristiques jusqu'à la M 25.

L.18. Le groupe a conclu (voir chapitre 7 du rapport) que les solutions en tunnel ne devraient pas générer de trafic induit important (comparativement au trafic total transmanche). Le trafic routier dans le Kent ne devrait donc pas s'accroître sensiblement, du fait de l'ouvrage. Au contraire, un tunnel pourrait, avec succès, détourner au profit du rail un trafic conséquent de conteneurs actuellement acheminés par la route, entraînant ainsi un gain sur le plan de l'environnement.

L.19. Quant aux ponts et aux projets composites, ils peuvent induire un trafic de l'ordre de 10 % du trafic total (essentiellement en voyageurs, bien

moins important en marchandises). De tels projets détourneraient au profit de la route des trafics ferroviaires. De plus, en détournant du trafic des routes maritimes de la Manche ouest ou transitant par les ports est de l'Angleterre, le trafic routier à travers le Kent s'accroîtrait de 10 % supplémentaires.

Effets au-delà du Kent

L.20. Le détournement des trafics maritimes empruntant la Manche ouest ou les ports est ne se traduira pas par une baisse d'activité mais par une réduction des taux de croissance. Il est quasiment impossible de décrire les effets d'une liaison fixe sur les régions situées au-delà du Kent. Il est cependant vraisemblable que les solutions les plus complètes, comprenant la continuité routière, auront un effet attractif et pourront attirer des activités industrielles dans le sud-est de l'Angleterre, à moins que des mesures de planification très strictes, touchant à la protection de l'environnement, ne les limitent rigoureusement.

