**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses
**Band:** 117 (1991)
**Heft:** 17

**Artikel:** Le Tunnel sous la Manche
**Autor:** Quinche, Daniel
**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-77632

**Nutzungsbedingungen**
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 11.07.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Le Tunnel sous la Manche

**Il est des projets dont le gigantisme est tel qu'il est absolument impossible à quiconque de seulement le concevoir, sans le découvrir de ses propres yeux : tel est le cas du Tunnel sous la Manche, le plus grand programme de construction en Europe.**
**Le présent article en révèle les impressionnantes prouesses techniques, déployées dès les premiers coups de pioche donnés à Sangatte et Folkestone en décembre 1986.**
**Car il faut souligner aujourd'hui à quel point la construction du tunnel de transport le plus long du monde aura été laborieuse, en regard des forages traditionnels d'autres ouvrages. Pourtant, bien au-delà des contraintes techniques, l'étonnant, dans cette volonté de «réaliser», se situe au niveau des défis politiques, institutionnels, financiers et humains – défis qui ont permis la réalisation d'un projet grandiose.**

## Introduction

A l'issue d'une consultation internationale, la société Eurotunnel - société en participation créée entre les deux sociétés concessionnaires française et anglaise France-Manche et The Channel Tunnel Group - a été chargée le 20 janvier 1986, par la France et la Grande-Bretagne, de la conception, du financement, de la réalisation et de l'exploitation de la future liaison fixe trans-Manche.
Pour financer le projet sans aucune aide ni garantie des pouvoirs publics, Eurotunnel a passé un contrat de prêts

PAR DANIEL QUINCHE, ECHANDENS

auprès d'un syndicat bancaire international de plus de 200 établissements.
Le contrat de construction du lien fixe, couvrant la conception et la réalisation de l'ouvrage et du système de transport, a été confié par Eurotunnel à Transmanche Link. Ce groupement associe les compétences des dix grands constructeurs français et britanniques qui ont été à l'origine du projet.
Transmanche Link a été créé par les deux groupements d'entreprises Transmanche Construction (France) et Translink (Grande-Bretagne) pour traiter et mener à bien le contrat de construction (voir encadré).
Pour les entreprises, il s'agit de concevoir et de réaliser un système de transport qui comprendra :
- deux tunnels ferroviaires identiques destinés aux navettes et aux trains directs
- un tunnel de service
- des terminaux à Coquelles près de Calais en France et près de Folkestone au Royaume-Uni, avec des raccordements aux réseaux routiers et ferroviaires nationaux
- des navettes spécialement conçues pour le transport des véhicules de tourisme, autocars et camions.

Les trois tunnels auront environ 50 km de long chacun. Le tunnel de service est situé entre les deux tunnels principaux auxquels il sera relié par des rameaux de liaison tous les 375 m. Ce tunnel de service permettra la ventilation des tunnels principaux et servira d'accès aux équipes d'entretien et de sécurité.
Aux extrémités du projet, chacun des terminaux sera relié à son réseau routier national. Les routes d'accès et l'agencement des terminaux permettront aux véhicules d'accéder rapidement aux navettes. Chaque terminal comportera des aires de stationnement, des postes de péage et des postes de contrôle douanier.
La mise en œuvre d'un tel système de transport exige des études préalables touchant à des domaines aussi divers que la géologie, les structures, la distribution électrique, la ventilation, le refroidissement du tunnel, les systèmes de contrôle et de communication, et le matériel roulant.
Ce système de transport sera capable d'assurer chaque année l'acheminement de 41 millions de passagers et de 23 millions de tonnes de fret.
Ce sera la ligne ferroviaire la plus chargée du monde. Le parc des navettes comportera plus de 500 wagons dès la mise en service du projet. Les voitures, autocars et camions embarqueront directement dans les navettes qui effectueront le trajet entre les deux terminaux en 35 minutes.
Les navettes auront une capacité de transport de 3450 véhicules par heure dans chaque sens (saturation des tunnels), soit l'équivalent du trafic d'une autoroute.

## Hier...

### Avant-propos

Il y a quelques millions d'années, l'Angleterre était reliée au continent par un isthme. Le premier document sérieux établissant l'existence d'une telle jonction revient au géologue et physicien *Nicolas Desmarets* (1725-1815). A l'occasion d'un concours relatif à l'étude des moyens pour faciliter la communication entre la France et l'Angleterre, lancé en 1750 par l'Académie des Sciences, des Belles-Lettres et Arts d'Amiens, Nicolas Desmarets présente un mémoire (qui remporte le concours) intitulé : «Dissertation sur l'ancienne jonction de l'Angleterre à la France ou le détroit de Calais, sa formation par la rupture de l'isthme, sa topographie et sa constitution géologique». Ce mémoire contient de nombreuses observations et un argumentaire montrant la similitude de formations géologiques de part et d'autre du détroit.
Par érosion marine, cet isthme a disparu pour faire place au détroit du Pas-de-Calais, large de 32 km et dont la profondeur ne dépasse guère 60 m. L'idée de relier de nouveau l'Angleterre au continent de manière artificielle va intéresser de nombreux ingénieurs dès le début du XIX$^{e}$ siècle. De 1802 à 1985, une centaine de projets peuvent être recensés.
Le premier projet d'un lien fixe trans-Manche, digne d'intérêt, a été conçu par l'ingénieur des Mines français *Albert Mathieu-Favier* en 1802, qui propose à Bonaparte, alors Premier consul, un tunnel foré, composé de deux galeries superposées : celle du dessus, constituée par une route pavée où, à la lueur des torches à huile, circulent des malles-poste, et celle du dessous, destinée à l'écoulement des eaux d'infiltration. La durée du trajet est évaluée à 5 heures. L'aération du tunnel est assurée, à intervalles réguliers, par des cheminées. Il prévoit la création d'une île artificielle sur le Banc de Varne, banc qui n'est immergé que de quelques mètres. Rehaussée par des remblais, cette île artificielle permettrait la construction d'une ville internationale et d'un port de refuge où la noblesse du monde entier se donnerait rendez-vous, le haut lieu de l'amitié entre les peuples (dixit Albert Mathieu-Favier). Malheureusement, le Traité de paix d'Amiens, signé la même année, ne dura pas longtemps et le conflit entre les deux pays reprit, enterrant du même coup le projet du tunnel foré.
Le début des trains à vapeur vers 1830 fait apparaître des projets de plus en plus axés sur des solutions ferroviaires sous-marines. Entre 1833 et 1867 se réalisent des relevés hydrographiques et géologiques du sous-sol du détroit du Pas-de-Calais afin d'établir la première carte du relief sous-marin. En 1867, *Aimé Thomé de Gamond* présente son dernier projet, inspiré de celui présenté à Napoléon III en 1856 : un tunnel ferroviaire foré dans la craie

reliant le cap Gris-Nez à Folkestone (36,040 km). Le tunnel est percé de trois puits servant de cheminées d'aération et transformés chacun en îlot. Ce projet reçoit l'approbation de Napoléon III et de la reine Victoria qui craint le mal de mer et déclare : « Si cet ingénieur parvient à faire cela, je lui donne ma bénédiction en mon nom personnel et au nom de toutes les ladies d'Angleterre. »

En 1868, à l'initiative des deux pays, est créé le *Comité franco-britannique pour l'étude du tunnel sous-marin.* Quatre ans plus tard, Londres voit la création de la première société concessionnaire britannique *The Channel Tunnel Company*, dans le but de réaliser des travaux préliminaires de forage aux environs de Douvres et de Calais. Non loin des chantiers actuels, des puits sont creusés. Côté français, le puits atteint une profondeur de 90 m et a un diamètre de 5,40 m. Il doit servir de point de départ à la galerie horizontale de 2,14 m de diamètre. L'inauguration est prévue pour 1891 ! Côté anglais, les conservateurs et les militaires opposés au projet mènent habilement campagne : bien que le tunnel soit rentable au point de vue commercial et financier, il constitue un risque sur le plan militaire. Les politiques s'en mêlent. Les travaux sont abandonnés en 1882. Côté français, 1839 m de galerie avaient été creusés, côté anglais 1920 m.

Peu avant la Seconde Guerre mondiale, l'ingénieur *André Basdevant* propose un tunnel routier. C'est le premier du genre. Le tunnel routier présente de nombreux avantages au point de vue du développement des relations commerciales, touristiques et militaires. Son inconvénient principal est d'ordre technique : l'évacuation des gaz d'échappement. Il faut pourtant attendre le milieu des années cinquante pour que les pourparlers reprennent sérieusement.

Un an après sa création, le Groupe du Tunnel sous la Manche, consortium international désigné comme maître d'ouvrage du projet, est scindé en deux sociétés privées concessionnaires qui signent en 1971 avec les deux gouvernements un protocole établissant les principes de la construction et du financement ainsi que les engagements réciproques. En 1973 commencent les travaux à partir de la galerie creusée à la fin du siècle dernier. Georges Pompidou et Sir Edward Heath signent un traité franco-britannique : chaque gouvernement s'engage à prendre en charge la réalisation des infrastructures de transport nécessaires pour la mise en service du tunnel. 1974 : côté anglais, changement de gouvernement ; les travaillistes annoncent l'abandon des travaux pour des raisons financières, et demandent l'étude d'un nouveau projet moins dispendieux. 1975 : arrêt des travaux de percement, fermeture des puits, les galeries sont noyées. 300 m avaient été forés côté français, 400 m côté anglais.

## Aujourd'hui...

### Vers un tunnel au financement privé

Début 1980, pour le compte de la Commission de la CEE, des experts anglais se remettent à l'étude de plusieurs projets et concluent que tunnel ferroviaire à voie unique, tunnel à double voie, pont autoroutier et ferroviaire sont autant de projets rentables. Mme Thatcher relance l'idée d'un projet de lien fixe trans-Manche à condition qu'il soit financé par des capitaux privés. En 1981, on examine une nouvelle fois plusieurs projets : un tunnel à voie unique de 5,60 m de diamètre ou de 6,85 m de diamètre, un tunnel mixte routier et ferroviaire, un ouvrage mixte pont-tunnel, des ponts suspendus. 1982 est l'année où se précise le projet définitif : un tunnel ferroviaire de 7 m de diamètre pour permettre le passage des voitures et poids-lourds sur des wagons. Des banques examinent les problèmes d'organisation et de montage juridique et financier. 1985 voit la remise du cahier des charges aux deux gouvernements, suivi d'un appel d'offres aux entreprises. Cinq propositions ont été déposées.

*Le projet France-Manche (finalement retenu) :* deux tunnels ferroviaires forés, monovoie, de 7,30 m de diamètre chacun, pour des trains navettes et des trains rapides ; une galerie de service relie tous les 375 m les deux tunnels principaux ; la durée du trajet est évaluée à 35 minutes.

*Le projet Euroroute :* tunnel ferroviaire de 40 km comprenant deux ponts à double circulation jusqu'à deux îles artificielles servant de rampes d'accès au tunnel immergé.

*Le projet Europont :* pont suspendu sur trois niveaux pour les véhicules, un tunnel foré est prévu pour le train.

*Le projet Transmanche-Express :* deux tunnels ferroviaires forés et deux tunnels routiers forés.

*Le projet de M. Van Der Putten :* une digue + un tunnel foré + une digue, usine marémotrice sur chacune des digues.

En 1986, c'est le projet France-Manche qui est retenu. Les ministres des Transports des deux pays en préparent l'accord. La signature du traité franco-britannique sur le Tunnel sous la Manche dans la cathédrale de Canterbury par les ministres des Affaires étrangères a lieu le 12 février, en présence de Mme Thatcher et de M. Mitterrand. Il sera ratifié au printemps 1987. Parallèlement, un accord technique, commercial et financier est passé entre le groupe franco-britannique France-Manche et les compagnies nationales de chemin de fer, précisant le partage entre le trafic des navettes ferroviaires et le trafic ferroviaire normal. Un projet de liaison routière devra être présenté d'ici à l'an 2000.

### Prévisions et programme

Le contrat de construction prévoit un programme d'études et de travaux de 7 ans. L'ordre de démarrer les travaux ayant été donné le 14 mai 1986, l'achèvement du percement des tunnels est prévu pour 1991. L'ensemble du système - tunnels, terminaux, matériels roulants - doit être équipé, livré et testé pour une mise en service dès 1993.

| | |
|---|---|
| Automne 1987 : | début des travaux principaux |
| 1987-1991 : | forage des tunnels principaux |
| Fin 1990 : | achèvement du tunnel de service |
| Automne 1991 : | achèvement des tunnels principaux |
| 1991-1992 : | équipement des tunnels principaux |
| Automne 1992 : | début des opérations de réception du réseau ferroviaire et des autres équipements |
| Mai 1993 : | mise en service d'Eurotunnel |

### 1990 : une étape historique pour Eurotunnel

La première liaison fixe entre la France et la Grande-Bretagne a été définitivement forée le 1er décembre 1990 ; les équipes françaises et anglaises se sont rejointes sous la Manche dans un premier tunnel, le tunnel de service. Cette année, les deux tunnels ferroviaires seront à leur tour achevés. Le projet de Tunnel sous la Manche est à présent devenu une réalité qui s'inscrit chaque jour plus profondément dans le sol et les perspectives de l'Europe.

A la fin de juillet 1990, les deux tiers des tunnels étaient forés, soit 100 km sur 150. La construction des trois tunnels pourra ainsi s'achever en moins de quatre ans, conformément au programme initial. L'excavation des liaisons transversales, les ouvrages spéciaux (baptisés selon le terme britannique de « cross over ») où les trains pourront changer de voie, a commencé.

En surface, à chaque extrémité des tunnels, se poursuivent d'autres gigantesques travaux : l'aménagement des deux terminaux français et anglais où s'édifient les ouvrages d'art, les plates-formes d'embarquement et les premiers bâtiments.

Le chantier du Tunnel sous la Manche aborde ensuite une nouvelle phase avec le début des travaux d'équipe-

**Panorama des travaux**

| | |
|---|---|
| Maître d'ouvrage: | Eurotunnel (concessionnaire de la liaison fixe trans-Manche et futur exploitant) |
| Constructeurs: | Groupement TransManche Link (TML) regroupant 10 sociétés de bâtiment et travaux publics françaises et britanniques |
| Entreprises françaises: | Entreprises britanniques: |
| Transmanche Construction | Translink |
| - Bouygues | - Balfour Beatty |
| - Dumez | - Costain |
| - SAE | - Tarmac |
| - SGE | - Taylor Woodrow |
| - Spie Batignolles | - Wimpey |

Les membres de ces deux groupements se placent parmi les premiers groupes de BTP du monde. Ces entreprises ont toutes à leur actif des références internationales de premier ordre dans le domaine des grands équipements. Leur expérience en matière de tunnels se compte en centaines de kilomètres.

ment - des travaux considérables, puisqu'il faut équiper tous les tunnels -: voies ferrées, alimentation électrique, signalisation, système de ventilation et de refroidissement, dispositifs de sécurité, de contrôle et communication, télégestion, etc.; il faut aussi équiper les deux terminaux, équivalant à des aéroports internationaux, et construire le matériel roulant, les fameuses navettes nommées «Euroshuttles», qui transporteront les véhicules routiers avec leurs passagers sous le détroit.

## Les chantiers côté français

### Le site de Sangatte

Le chantier de construction à Sangatte se trouve sur la côte du Nord-Pas-de-Calais, à 3 km du terminal français de Coquelles (fig. 1).

Comme du côté britannique, six tunnels sont en cours de creusement à partir de ce chantier. Mais là s'arrêtent les ressemblances car, entre les deux sites, les conditions géographiques et géologiques sont très différentes. Contrairement à Shakespeare Cliff, le chantier de Sangatte dispose de grands espaces pour le puits d'accès aux tunnels en construction, les bureaux, les zones de stockage, l'usine de préfabrication des voussoirs et le centre d'information.

Un abri en forme de hangar (fig. 2), situé au centre du chantier, protège le puits d'accès d'une profondeur de 75 m par lequel le personnel, les matériels et les équipements sont descendus.

### Fabrication des voussoirs

L'usine moderne de préfabrication des voussoirs à Sangatte va produire près de 400 000 voussoirs de grande précision, qui serviront de revêtement dans la partie française du système du Tunnel sous la Manche. Il s'agit d'une usine automatisée dotée d'une centrale à béton, de quatre chaînes de production de cages d'armature et de cinq chaînes de coulée de voussoirs avec 44 moules par chaîne. Une fois que les moules ont été vibrés afin de s'assurer qu'ils sont bien remplis, les voussoirs sont finis à la main. Ils passent ensuite dans un tunnel de traitement à 30-40°C.

Contrairement aux voussoirs britanniques, les voussoirs français n'ont pas de dispositifs de levage incorporés car ils sont transportés de l'usine jusqu'au front de taille au moyen d'appareils de levage à ventouses. Des joints au néoprène collés sur les arêtes des voussoirs assurent une étanchéité à l'eau des voussoirs boulonnés entre eux. Après fabrication, les voussoirs doivent être stockés sur une période de dix jours à un mois afin qu'ils acquièrent la résistance nécessaire (fig. 3).

*Fig. 1. - Calais (à droite) et le chantier de Sangatte au début des travaux.*

### Puits d'accès au tunnel (fig. 4)

Le terrain à Sangatte est aquifère et de mauvaise qualité. Le puits d'accès aux tunnels en construction a été construit à l'intérieur d'un coffrage étanche. De cette façon, les tunneliers ont pu facilement être montés et mis en service au sec avant de creuser le terrain aquifère (fig. 5-8).

Des grues à portiques ont permis de descendre, par le puits de 75 m de profondeur et 55 m de diamètre, des sections complètes des tunneliers, et de les amener directement au niveau des tunnels. Ce puits, construit spécialement à cet effet, assure des conditions parfaites, à l'abri des éléments naturels. Au fond du puits, sous le niveau d'accès aux tunnels, se trouve la zone de traitement des déblais et de pompage vers le dépôt à Fond-Pignon.

Après achèvement de la phase de construction du projet, le puits continuera de servir; il abritera les installations de ventilation et autres services essentiels.

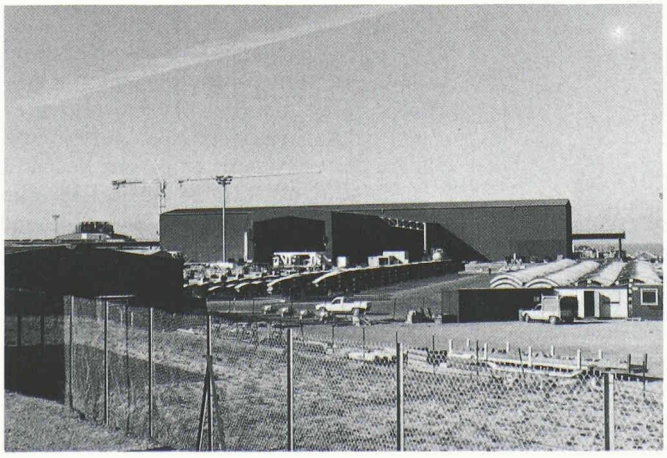


*Fig. 2. - Abri en forme de hangar, situé au centre du chantier de Sangatte.*

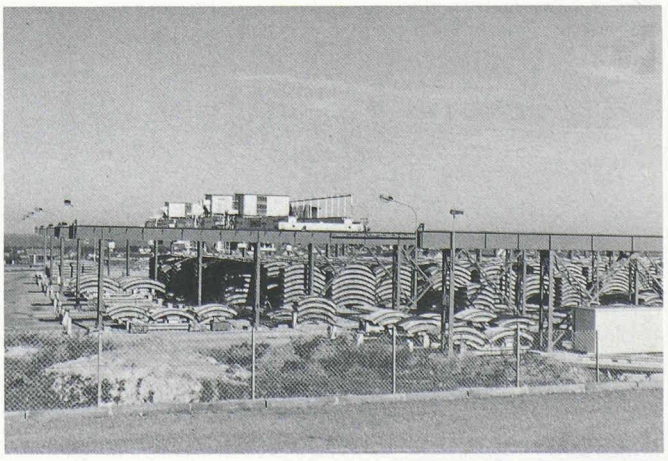


*Fig. 3. - Des milliers de voussoirs sont entreposés sur le chantier de construction à Sangatte, prêts à revêtir les tunnels.*

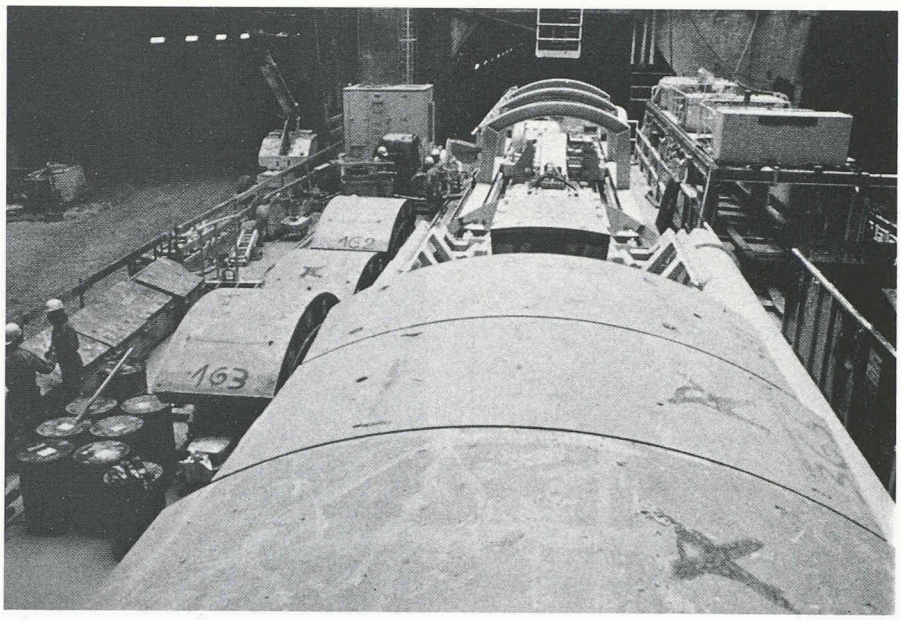



Fig. 4. – Le niveau d'accès aux tunnels au fond du puits de Sangatte.

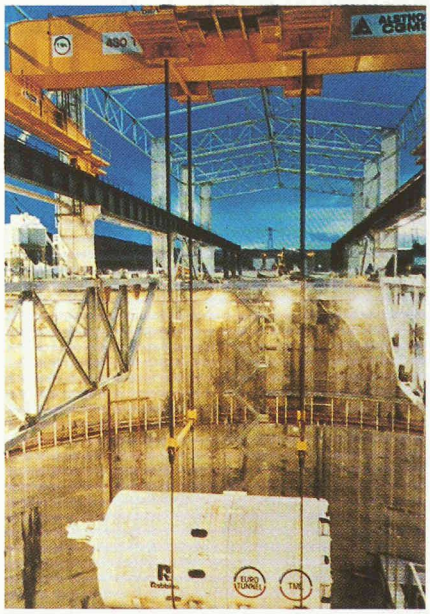


Fig. 5. – Sangatte. Descente du 1er tunnelier, janvier 1988.

### Les tunneliers côté français

La craie bleue est une roche tendre généralement considérée comme idéale pour le forage d'un tunnel. Etant donné les conditions géologiques à proximité de la côte française, les tunneliers creusant à partir de France sont spécialement conçus pour être étanches. Le revêtement des tunnels est mis en place de l'intérieur du tunnelier, à l'abri du terrain aquifère, au fur et à mesure de la progression du tunnelier. Il s'agit de la technique de forage en mode fermé. Le revêtement des tunnels du côté français est constitué par des anneaux de six voussoirs, le sixième étant la clé de voûte biseautée qui maintient l'anneau en place. Les voussoirs des tunnels ferroviaires, de 1,6 m de long, sont un peu plus longs que ceux utilisés du côté britannique. La méthode de pose de revêtement des tunnels est également quelque peu différente ; les voussoirs sont boulonnés pour former un revêtement parfaitement hermétique.

### Travailler dans le tunnel (fig. 9)

Avant d'entrer dans le tunnel, chaque ouvrier prend un badge de sécurité et en laisse le double au tableau afin d'indiquer l'endroit où il travaillera. Pendant le travail en souterrain, les effets des ouvriers sont également à l'abri et en sûreté dans la « Salle des Pendus » où des chaînes verrouillées et suspendues au plafond les conservent hors d'atteinte.

Une fois dans le puits, une locomotive diesel se déplaçant à 12 km/h transporte jusqu'à 22 hommes vers le front de taille (fig. 10). Lorsque le tunnel sera ouvert au trafic ferroviaire, les navettes s'y déplaceront plus de dix fois plus vite.

Chaque tunnelier français a été baptisé et est exploité en postes par une équipe de 30 hommes, 24 heures sur 24.

### Evacuation des déblais (fig. 12)

L'évacuation du Tunnel sous la Manche représente environ 3,3 millions de m³ de déblais. En Angleterre, les déblais sont évacués par convoyeur à bande et par train d'évacuation des déblais ; à Sangatte, on mélange la craie bleue humide avec de l'eau et on pompe cette boue liquide vers un réservoir créé à cet effet à Fond-Pignon (fig. 13). L'eau légèrement salée résultant de cette opération est ensuite refoulée vers l'unité de traitement des eaux au chantier pour être réutilisée.

### Le principe d'évacuation des déblais

Le terrain extrait par les tunneliers est mis dans des wagons étanches acheminés jusqu'au puits de Sangatte. Là, les wagons sont basculés 3 par 3 ou 6 par 6, sur les 3 lignes de préparation de la mixture qui devra être pompée.

En effet, les déblais arrivant au puits ne sont pas pompables en l'état ; ils doivent être broyés et triturés avec adjonction d'eau jusqu'à obtenir une pâte dont la teneur en eau ne descend jamais en dessous de 80%. Les plus gros éléments de cette pâte atteignent 10 à 15 mm (quelques pour-cent).

### La préparation de la mixture

Trois culbuteurs de 3 ou 6 wagons (tunnels ferroviaires) sont installés au niveau des tunnels, cinq alimenteurs (bandes transporteuses de 20 m de long et 2,40 m de large) reçoivent les déblais déversés des wagons et les acheminent aux broyeurs, dix

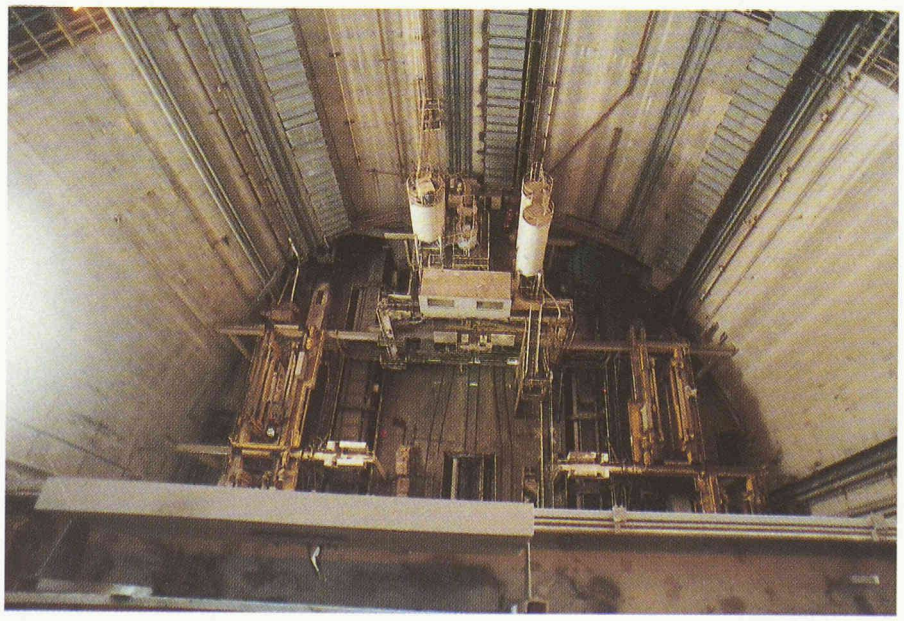


Fig. 6. – Vue vertigineuse depuis le bord du puits de construction à Sangatte.

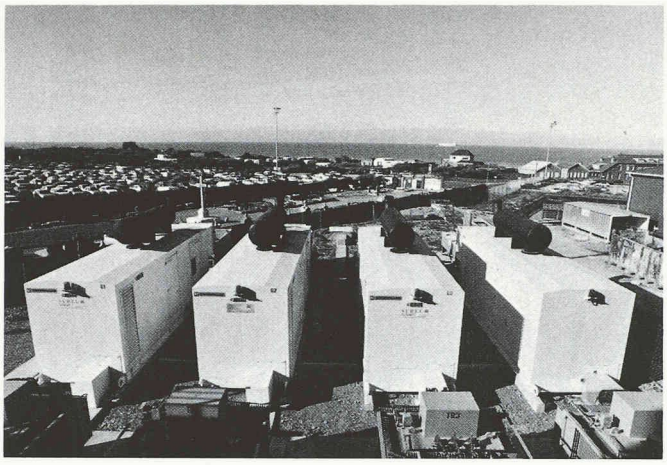


Fig. 7. – De puissants groupes de secours diesel-électriques sont prêts à prendre la relève en cas de coupure de courant.

Fig. 8. – Sangatte. Le puits est desservi notamment par une grue portique d'une capacité de 430 t.

broyeurs à cylindres dentés réduisent à 80 mm les déblais qui tombent ensuite dans les délayeurs; cinq délayeurs (cuve octogonale de 9 m de diamètre) finissent de réduire les déblais en les mélangeant à de l'eau pour obtenir à l'œil la meilleure consistance possible. Les quatre herses de plus de 1 t, tournant à 11 tr/min dans la cuve, chassent en continu la boue au travers des grilles de cette cuve (tôles perforées à trous circulaires de 10 à 20 mm de diamètre). La mixture éjectée des délayeurs se retrouve sur la dalle intermédiaire.

### Le pompage de la mixture

Huit pompes à pistons sont installées au plus profond du puits à 47 m sous le niveau de la mer. Réparties sous la dalle intermédiaire, ces pompes, gavées de boue de craie, doivent refouler toute cette mixture au travers des huit conduites de 10″, 130 à 140 m plus haut, après un parcours de 1600 à 2000 m.

### Le pompage, objectif initial

Le pompage par pompes à pistons avait été préféré à celui du marinage hydraulique, car il nécessitait moins d'eau. Le but était de pomper une pâte épaisse d'une teneur en eau entre 40 et 60%, dont les plus gros éléments pouvaient atteindre 60 mm. Il a fallu se rendre à l'évidence: ce type de pâte ne pouvait pas être préparé régulièrement, des périodes liquides succédaient à des phases épaisses entraînant décantation et délavage; les pompes ne parvenaient pas à repousser une telle pâte sans provoquer des bouchons dans les conduites.

### La mixture pompable

Des adaptations des chaînes de préparation du matériau ont permis de fabriquer une mixture beaucoup plus fluide et homogène et de granulométrie fine. Cette boue épaisse contient de 80 à 150 g (voire plus) d'eau pour 100 g de

Fig. 9. – Sangatte. Un contrôle strict est effectué devant les ascenseurs du personnel aux abords du puits. A droite, le «dispatching», sorte de centre de commandement qui guide toutes les opérations dans les trois tunnels (mouvements des trains, exploitation des tunneliers).

Fig. 10. – Locomotive V20, ici en tête d'un train d'évacuation des matériaux.

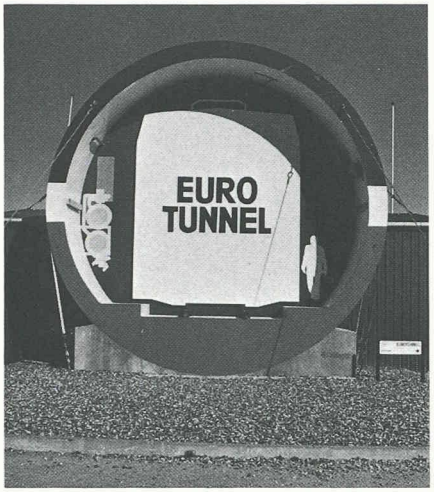



*Fig. 11. – Gabarit d'un tunnel ferroviaire devant le pavillon d'information à Sangatte.*

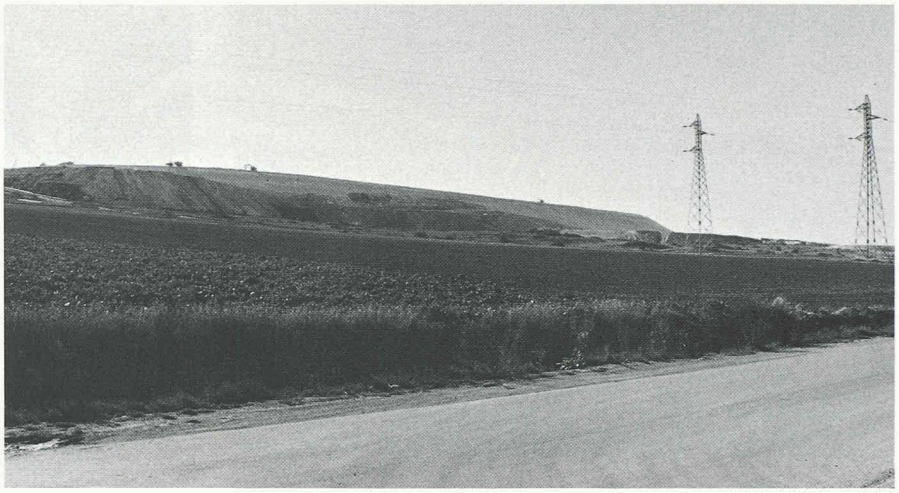


*Fig. 13. – Vue depuis l'entrée du chantier de Sangatte en direction du dépôt des déblais à Fond-Pignon.*

matière sèche. Les grilles de sortie des délayeurs ont des trous de 10 à 20 mm, la boue ne contient alors que très peu d'éléments atteignant 15 mm. Les problèmes de décantation et de bouchage des conduites ont ainsi disparu.

Les 3 millions de m³ de déblais évacués des tunnels constitueront, à Fond-Pignon, une couche de 40 m d'épaisseur qui sera aménagée lorsque les travaux de construction seront achevés. Le paysage des alentours est grêlé par les cratères des bombes larguées par les Alliés au cours de la Seconde Guerre mondiale afin de détruire les blockhaus d'artillerie allemande toujours présents. L'effet produit est celui d'un paysage lunaire dans un environnement rural.

## Percement de la galerie de service au terminal de Coquelles

Le 27 avril 1989, le tunnelier de la galerie de service a terminé son creusement de 3 km entre le puits de Sangatte et le terminal de Coquelles. Le portail de Beussingue a été construit auparavant et le tunnelier de 5,75 m de diamètre y est apparu «en plein dans le mille». Non seulement le forage était précis, mais l'avancement a été réalisé à une vitesse record; c'était le premier percement du projet. Un tunnelier plus gros a ensuite creusé les deux tunnels ferroviaires souterrains. Il a été démonté au terme du premier creusement puis remonté à Sangatte pour le deuxième trajet.

## Terminal de Coquelles

La région de Calais est à 0,65 m au-dessus du niveau de la mer. Jusqu'au XVII^e siècle, presque tout le site du terminal de Coquelles était sous les eaux et Fort-Nieulay, situé juste au nord, était une île. Les Hollandais ont changé tout cela grâce à leurs fameuses digues; cependant la région doit être drainée en permanence. Des matériaux de remblai ont été mis en place sur le site afin de niveler et compacter le sol; en outre, étant donné que le site est si proche du niveau de la mer, cinq bassins de drainage sont en construction. Ils permettront de maîtriser le niveau d'eau de la région et de drainer vers la mer.

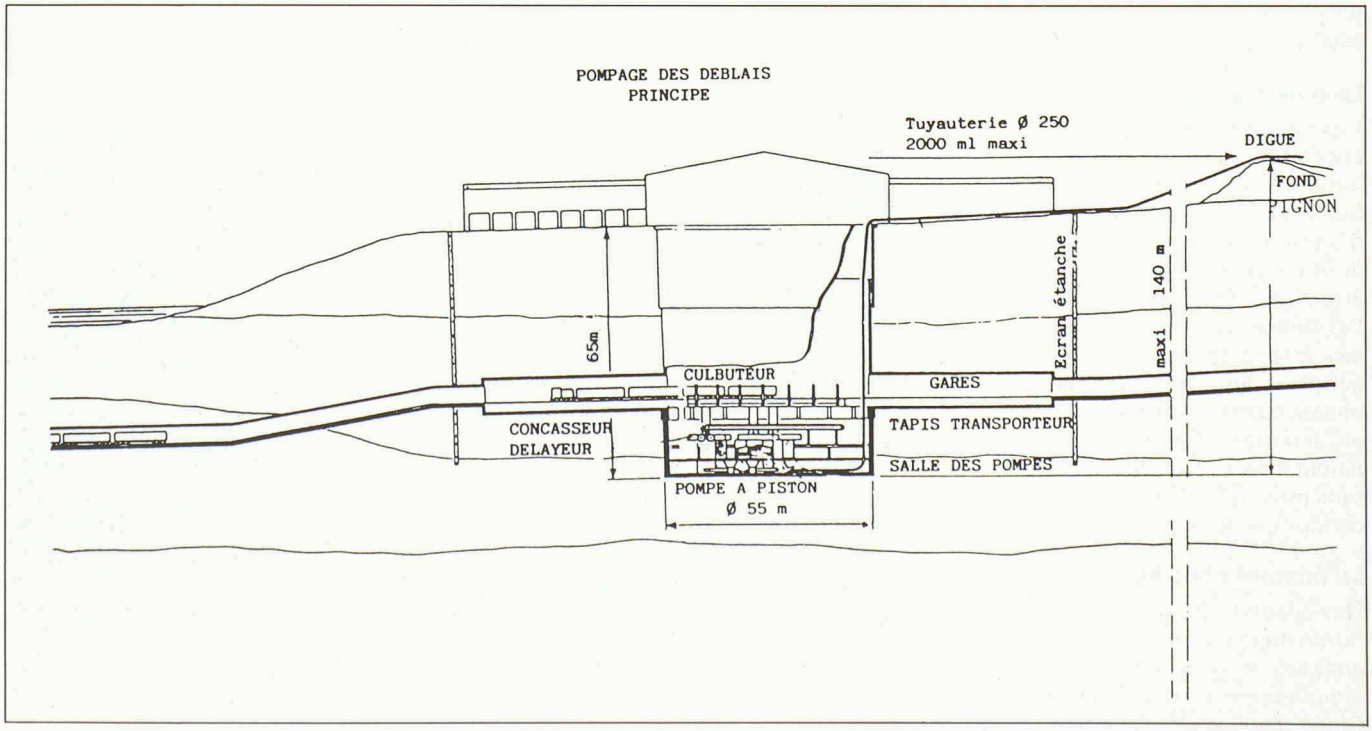



*Fig. 12. – Puits de Sangatte: évacuation des déblais.*

## Les chantiers côté Grande-Bretagne

### Terminal de Folkestone

La construction du terminal du Tunnel sous la Manche à Folkestone est une opération complexe d'ingénierie qui comporte le déplacement de plusieurs millions de mètres cubes de matériaux afin de construire les fondations du tunnel en boucle emprunté par les navettes, de la ligne ferroviaire directe, des quais d'embarquement et de débarquement des navettes et des bâtiments du terminal. Les travaux ont commencé sur le terminal au printemps 1988 et se poursuivent avec une avance sur le calendrier. La boucle empruntée par les navettes est souterraine à l'extrémité ouest du terminal. Cela a permis d'agrandir l'espace disponible pour les installations du terminal ; les nuisances visuelles et sonores sur les villages avoisinants seront également minimalisées.

Un morceau de terrain boisé, classé historique, situé au centre de l'emplacement du terminal a été déplacé. Les jeunes plantes de certaines espèces de la flore originale sont transplantées à Wye College, Ashford, pour être replantées sur place lorsque les travaux de construction seront terminés. Ces travaux ont été précédés d'une étude sur l'environnement du site de 140 ha ; un certain nombre de découvertes archéologiques intéressantes ont également été mises au jour.

### Remblai sablonneux au terminal de Folkestone

Plus de 2 millions de m³ de remblai ont été nécessaires pour niveler le terrain du site du terminal de Folkestone ; en effet, le système de transport ferroviaire requiert une zone nivelée et, pour des raisons géologiques, il n'était pas possible d'abaisser le niveau du site. Le sable marin a été prélevé par une drague flottante à Goodwin Sands et a ensuite été transporté jusqu'à un chaland de pompage mouillé à Sandgate, près de Hythe. Le sable, mélangé à l'eau de mer, a été pompé, par un pipeline de 800 mm de diamètre, de la drague vers le chaland, puis du chaland vers le terminal de Folkestone par un pipeline de 5 km de long. Le mélange sable/eau de mer a été déversé dans deux bassins de décantation construits spécialement à cet effet. Après pompage de chaque chargement de la drague, les eaux décantées du troisième bassin étaient refoulées vers la mer par le même pipeline pendant que la drague prenait le chargement suivant. Après un délai de deux jours environ, le sable des bassins était assez sec pour que les engins de terrassement puissent le déplacer et le stocker en divers endroits du terminal. Il constitue une

*Fig. 14. – Le chantier a démarré à 100 m sous la falaise de Shakespeare Cliff. Les installations de chantier sont établies en surface sur une plate-forme au pied de la falaise, qui gagnera 45 hectares sur la mer par la récupération des déblais du forage.*

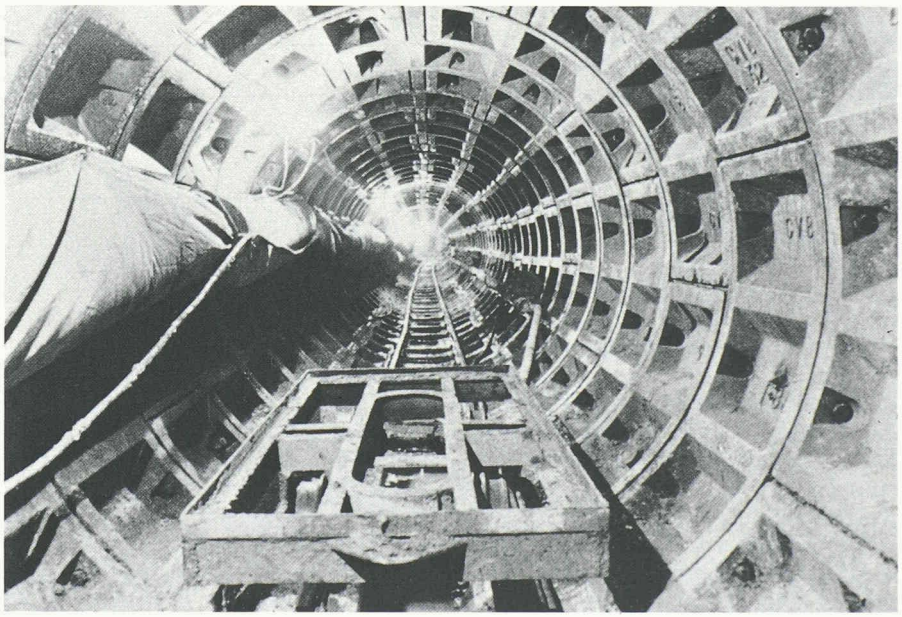


*Fig. 15. – Vue intérieure du tunnel de service britannique. La pose des voussoirs de revêtement des tunnels est un travail de spécialiste qui nécessite une grande précision. Une fois l'anneau en place, un mélange de ciment et d'eau est injecté dans l'espace à l'arrière des voussoirs.*

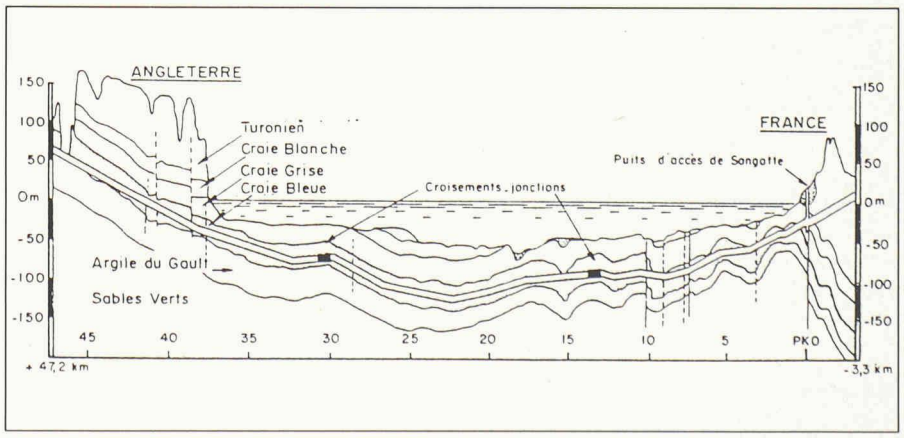



*Fig. 16. – Coupe géologique schématique du tunnel.*

excellente fondation pour toutes sortes d'installations.
C'est la première fois que du sable de dragage a été pompé depuis une station maritime et sur une hauteur de plus de 60 m. L'utilisation de cette technique a permis d'économiser environ 100000 mouvements de gros camions sur le réseau routier voisin.

### Percement de la galerie de service à Holywell

Trois méthodes de construction de tunnel ont été utilisées entre le terminal de Folkestone et le chantier britannique principal de Shakespeare Cliff près de Douvres. Les 600 m au travers de Castle Hill entre le site du terminal de Folkestone et Holywell ont été creusés par des machines à attaque ponctuelle et au moyen de la «nouvelle méthode autrichienne d'avancement»: des longueurs de 2 m ont été excavées puis renforcées au moyen de cintres en acier et les parois ont ensuite été revêtues de béton projeté, un béton à prise rapide appliqué à haute pression. La dernière couche de béton a ensuite été appliquée *in situ*.
Dans la vallée de Holywell, on a travaillé selon la méthode de «tranchée couverte»: tunnel en caisson par sections dans une tranchée ouverte qui a ensuite été recouverte; de ce fait, rien n'est visible de l'extérieur après l'achèvement des travaux.
Au pied de Surgarloaf Hill, à l'extrémité est de Holywell, des chambres circulaires de démontage ont été construites afin que les tunneliers qui perçaient depuis Shakespeare Cliff, puissent faire la jonction avec les tunnels construits en «tranchée couverte».
Le tunnelier de la galerie de service a été le premier à achever ses 8 km de creusement, le 9 novembre 1989, avec deux semaines d'avance sur le calendrier.

### Chantier de construction à Shakespeare Cliff

Shakespeare Cliff est le centre des activités de construction du Tunnel côté britannique; en effet, trois tunnels sont en cours de creusement et de finition vers la France et trois vers l'intérieur.
Les conditions d'excavation – dans une couche de craie bleue à environ 40 m en dessous du fond de la mer – sont idéales.
A Shakespeare Cliff, la côte anglaise gagne sur la mer, car près de 3,75 millions de m³ de déblais de craie bleue comblent les bassins construits à cet effet (fig. 14). Lorsque les travaux seront terminés, ces bassins s'étendront sur 125 m devant les falaises et sur une longueur de 1,5 km.

*Fig. 17. – Usine de préfabrication des voussoirs. Chaque voussoir est armé d'une cage métallique qui garantit la pérennité de l'ouvrage pour au moins 100 ans.*

**Les tunneliers français**

| | Tunnel service Mer T1 | Tunnel service Terre T4 | Tunnels ferroviaires Mer T2 et T3 | Tunnel ferroviaire Terre T5 |
|---|---|---|---|---|
| *Bouclier* | | | | |
| Diamètre | 5,74 m | 5,59 m | 8,72 m | 8,62 m |
| Longueur | 11 m | 10,5 m | 13 m | 11,86 m |
| Poids | 470 t | 350 t | 1200 t | 660 t |
| *Train technique* | | | | |
| Poids | 570 t | 400 t | 800 t | 400 t |
| *Avancement horaire* | | | | |
| Mode ouvert | 4,4 m/h | – | 4,4 m/h | – |
| Mode fermé | 2-3 m/h | 3,5 m/h | 2-3 m/h | 3 m/h |
| *Avance mensuelle moyenne prévue* | 500 m | 330 m | 500 m | 330 m |
| *Fabricants* | Robbins | Marubeni/ Mitsubishi | Kawasaki/ Robbins | Marubeni/ Mitsubishi |

**Les tunneliers anglais**

| | Tunnel service Mer | Tunnel service Terre | Tunnel ferroviaire Terre 2 × | Tunnel ferroviaire Mer |
|---|---|---|---|---|
| *Tête de coupe* | | | | |
| Diamètre | 5,38 m | 5,76 m | 8,72 m | 8,2 m |
| Longueur | 12,9 m | 11,8 m | 14,4 m | 16,0 m |
| *Train technique* | | | | |
| Longueur | 220 m | 230 m | 245 m | 220 m |
| Poids | 245 t | 260 t | 650 t | 650 t |
| *Avancement horaire* | | | | |
| Mode ouvert | 5 m/h | 5 m/h | 6 m/h | 4,0 m |
| *Fabricants* | | | | |
| TBM | Howden | Howden | Howden | Robbins/Markham |
| Train arrière | Rowa | Rowa | Rowa | Rowa |

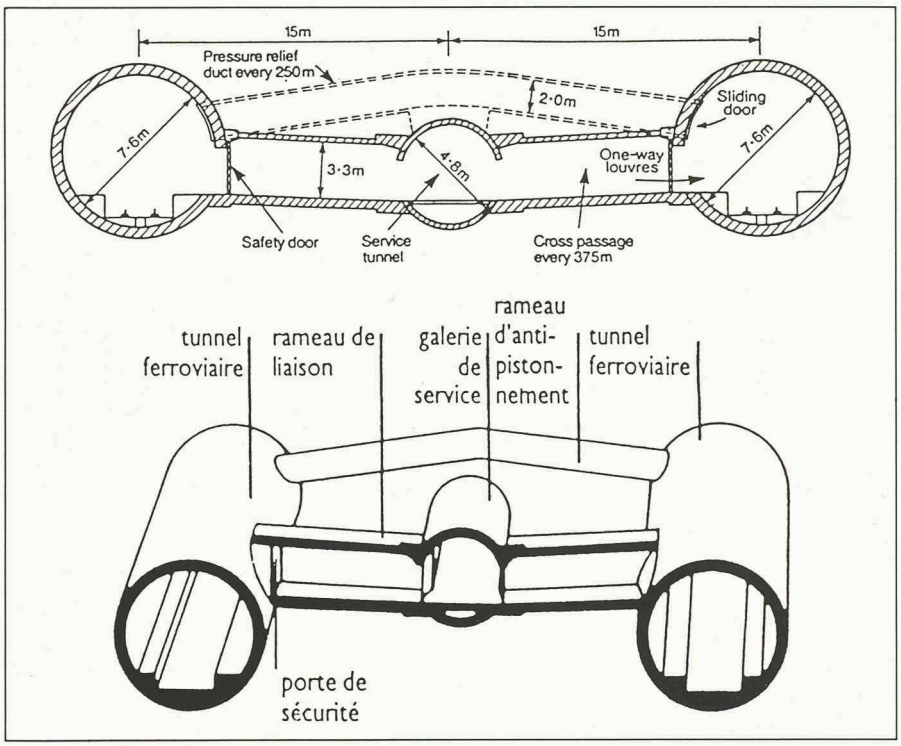



*Fig. 18. – Coupe des tunnels.*

## Les tunnels

Forage et revêtement en béton armé de 150 km de tunnels
- 2 tunnels ferroviaires de 7,60 m de diamètre intérieur
- 1 tunnel de service de 4,80 m de diamètre intérieur + des ouvrages souterrains annexes:
  galeries transversales reliant les tunnels entre eux tous les 375 m
  rameaux de pistonnement
  2 échangeurs «cross over» sous-mer entre les 2 tunnels principaux de circulation.

Extraction de 8 millions de m³ de déblais

France
Total à forer: 57,6 km (progression plus lente en raison des conditions géologiques)
5 tunneliers spécialement conçus pour forer indifféremment en terrain sec ou aquifère

Angleterre
Total à forer: 92,4 km
6 tunneliers

Les déblais, amenés en surface par convoyeur, sont transportés jusqu'aux bassins par camions à benne basculante; ils sont ensuite compactés afin d'assurer une bonne surface de travail pour l'entretien et le stockage des matériels. Les voussoirs des tunnels, déchargés à Shakespeare Cliff au moyen d'une grue à portique, sont stockés en différents endroits selon leur type et leur utilisation.
Bien qu'à l'heure actuelle cette zone soit le siège d'intenses activités, la plupart des traces de construction y auront disparu en 1993; l'endroit sera alors cultivé pour être intégré à l'environnement. Seules resteront les installations de ventilation, d'accès et d'entretien.

### Zone de triage

Deux tunnels en pente, ou fenêtres, assurent l'accès entre le chantier inférieur à Shakespeare Cliff et la zone souterraine de triage. Cette zone représente en elle-même une prouesse de génie civil; elle a dû être excavée avant que les travaux de creusement puissent commencer.
Les déblais évacués par les tunneliers sont chargés dans des berlines à déblais de 20 t sur le réseau ferroviaire à voie étroite. Ces berlines (généralement 11 unités par convoi) transportent les déblais entre les tunneliers et la zone de triage. Elles se déchargent latéralement dans une trémie située le long de la voie. Les déblais sont alors repris par un convoyeur à chaîne qui les transfère sur le convoyeur principal à bande qui les amène en surface au travers de la galerie d'accès A1. Une partie de ces déblais, très sèche, doit être humidifiée pour réduire les dégagements de poussière. Le convoyeur principal, entre la partie souterraine de Shakespeare Cliff et la surface, a une capacité de 2400 t/h et peut accepter les déblais de cinq tunneliers (la sixième machine a déjà terminé son creusement entre Shakespeare Cliff et Holywell).

### Tunneliers côté britannique

Les six tunneliers ont été assemblés dans leurs tunnels respectifs sous Shakespeare Cliff. Les pièces principales des tunneliers ont été descendues par le puits qui relie le chantier supérieur et les tunnels en construction; elles ont ensuite été transportées vers la chambre, ou cathédrale souterraine, où chaque tunnelier a été monté. La cathédrale, d'une hauteur de plafond de plus de 20 m, est équipée de ponts roulants permettant de lever et de mettre en place les différents éléments du tunnelier. La pièce la plus lourde pesait 95 t. Le corps principal du tunnelier a été assemblé en premier, puis la tête de coupe, le roulement principal et le chariot support des grippeurs. Derrière le corps principal, les autres éléments constitutifs du tunnelier ont été assemblés et montés. Après achèvement du montage, l'ensemble a été testé et mis en service. Pour ces opérations, des équipes allant jusqu'à 25 personnes ont travaillé 24 heures sur 24 pendant trois mois. Une fois les tunneliers prêts, ils sont amenés vers le front de taille par des rails de glissement posés sur le sol du tunnel.
Le coût total d'un tunnelier destiné à creuser un tunnel ferroviaire est de quelque 20 millions de francs suisses et son poids d'environ 1500 t.

### Forage côté britannique

La galerie de service est forée à l'avant des tunnels ferroviaires; elle sert à la reconnaissance en permettant de tester les conditions géologiques et l'alignement. Elle est achevée depuis la fin janvier 1991, donc bien avant les autres tunnels. La jonction symbolique entre les équipes a eu lieu le 1er décembre 1990, concrétisant le premier lien fixe entre le continent européen et le Royaume-Uni depuis environ 8000 ans.
Les têtes de coupe des tunneliers, qui tournent à une vitesse de 2 à 3 tours par minute, sont dotées de picots à dents de carbure de tungstène pour attaquer la craie bleue. Chaque tunnelier destiné à creuser un tunnel ferroviaire déplace environ 11 000 m³ de déblais pour parcourir une distance de 200 m par semaine. Chaque tunnelier est exploité par trois équipes de 21 personnes; les opérations se poursuivent 24 heures sur 24 en souterrain, où il n'y a aucune différence entre le jour et la nuit.
Le revêtement côté britannique est constitué d'un anneau formé de sept voussoirs pour la galerie de service (fig. 15) et neuf pour les tunnels ferroviaires, y compris la clé de voûte qui

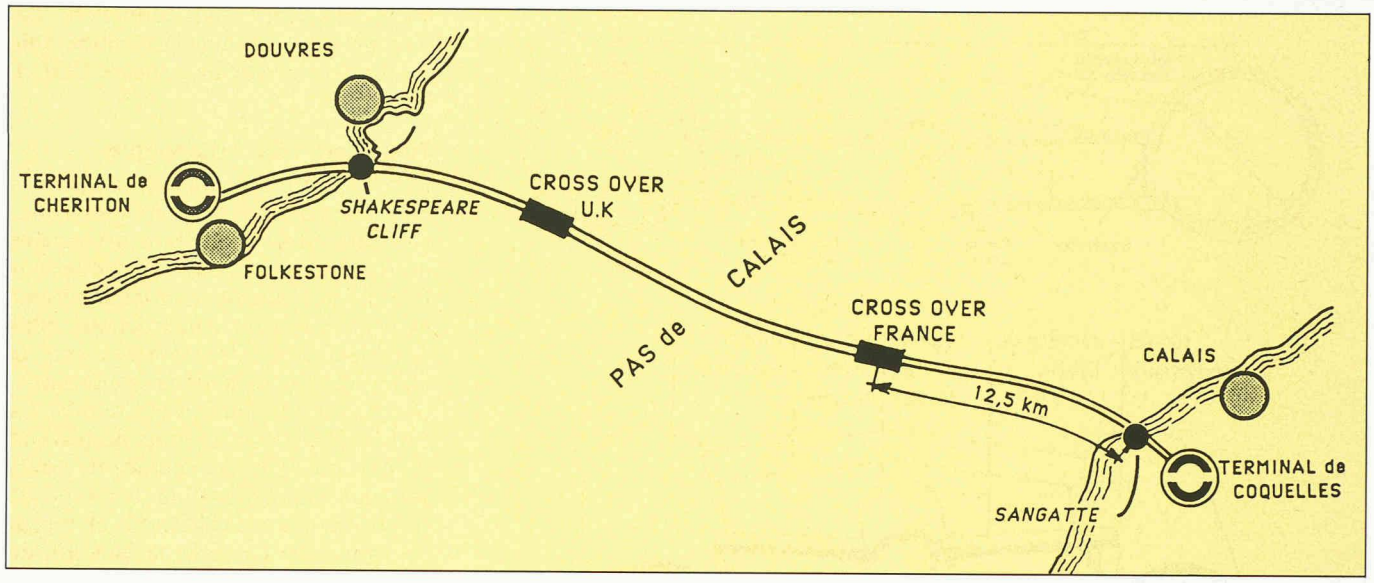



*Fig. 19. – Le «Cross over France».*

maintient le tout en place. Chaque anneau représente une section de tunnel de 1,5 m.

### Fabrication des voussoirs à l'île de Grain

470 000 anneaux de voussoirs préfabriqués en béton armé doivent être posés dans les tunnels côté britannique. Leur poids varie de 1 à 9 t et leur épaisseur dépend des sections des tunnels et de la hauteur de recouvrement.

Les agrégats utilisés pour la fabrication des voussoirs proviennent de Glensanda, une carrière isolée de la côte ouest de l'Ecosse, et sont amenés par voie maritime jusqu'à l'île de Grain dans le nord du Kent. Une usine y a été installée avec huit chaînes de production d'une capacité unitaire de 250 voussoirs par jour. Cette usine fonctionne 24 heures sur 24 (fig. 17). Le béton est mélangé dans une centrale de dosage où les proportions d'agrégats, de ciment et d'eau sont strictement contrôlées. Le béton est ensuite coulé dans des moules qui sont vibrés afin d'éliminer toutes les poches d'air et d'assurer un bon compactage au niveau de l'acier d'armature. Les douilles d'ancrage destinées aux conduits de câbles et au système de transport sont fixées aux cages d'armature dans les moules avant le bétonnage. Une fois remplis, ces moules sont amenés par convoyeur dans un tunnel d'étuvage où ils sont chauffés jusqu'à ce que le béton ait assez durci pour que l'on puisse démouler. Les voussoirs sont ensuite inspectés pour déceler les défauts éventuels, identifiés et transportés sur l'aire de stockage.

Un laboratoire d'essais vérifie régulièrement les dimensions, la qualité et la résistance du béton et s'assure que les voussoirs fabriqués sont bien conformes aux spécifications. La tolérance dimensionnelle des moules est de 2 mm sur l'ensemble; il s'agit d'une des tolérances les plus strictes jamais utilisées dans ce type de préfabrication.

### Le «Cross over France» (fig. 19)

Ouvrage très spécial, le «Cross over France» est le dernier des ouvrages à construire pour terminer le génie civil du lien fixe. Cet ouvrage est exceptionnel, non seulement par sa situation, à 12,5 km des côtes françaises et à 100 m sous la Manche, mais aussi par le fait qu'il est une des tâches critiques du projet. Les nombreuses contraintes qui en résultent ont conduit au choix d'une conception et d'une méthode de réalisation de l'ouvrage qui assurent à la fois une grande flexibilité et une sécurité optimale pendant toutes les phases de la construction.

Les trois tunnels entre la France et le Royaume-Uni sont systématiquement reliés entre eux par de nombreux ouvrages secondaires. C'est ainsi que plus de 400 rameaux transversaux, répartis entre la France et l'Angleterre, assurent les différentes liaisons fonctionnelles nécessaires: salles électriques, chambre de signalisation, installations de pompage, issues de secours, équilibrage aérodynamique, etc.

Aucune de ces liaisons transversales ne permet cependant le passage des convois d'un tunnel ferroviaire à l'autre. Des notions impératives de maintenance et de sécurité rendent de telles communications indispensables, afin de toujours pouvoir isoler un tronçon de tunnel sans pour autant stopper l'exploitation du lien fixe.

Après optimalisation des multiples paramètres d'exploitation et analyse minutieuse du contexte géologique des zones possibles d'implantation, les 51 km du trajet séparant les terminaux de Coquelles et de Cheriton ont été divisés en trois tronçons de longueur sensiblement équivalente, par deux ouvrages spéciaux permettant une communication directe entre les tunnels ferroviaires.

### Implantation et topométrie

#### Instruments suisses à l'honneur

En raison de l'extrême complexité des problèmes topographiques à résoudre, on a dû faire appel aux méthodes et aux instruments les plus sophistiqués. Pour déterminer les points de référence, il fallait tenir compte en effet de la différence des méthodes employées d'un pays à l'autre. Si les Français utilisent la projection Lambert et le réseau altimétrique IGN69, les Anglais pour leur part travaillent avec la projection de Mercator et les altitudes de référence ODN. La compensation des réseaux d'altitudes des deux pays s'annonçait donc particulièrement difficile puisque ceux-ci ne possèdent pas de plan de référence commun et que la mer les sépare. C'est pourquoi, en collaboration avec d'autres experts, les géomètres du tunnel ont dû élaborer un réseau spécial dont la précision altimétrique par rapport aux deux points de départ est de l'ordre de ± 10 cm environ. Son origine, fixée à 200 m au-dessous du niveau de la mer, permet de disposer uniquement de valeurs d'altitude positives pour la réalisation du projet. Au chantier de Sangatte, toutes les opérations de triangulation jusqu'à la densification du réseau de 3e ordre ont été effectuées avec des instruments Wild (théodolite informatique T2000, distancemètre infrarouge DI2000). Pour vérifier les points de référence, les mesures de contrôle ont été réalisées avec des récepteurs GPS de chaque côté de la Manche. Ce sont d'ailleurs des instruments topographiques de la même marque qui ont servi au transfert du canevas géodésique dans le tunnel. Du côté français, ce transfert a eu lieu par l'intermédiaire

## Les équipements

Travaux d'équipement très importants à exécuter derrière les travaux de forage
Equipements ferroviaires
- voies ferrées
- signalisation
- système de contrôle et de gestion de trafic

Alimentation électrique
- puissance: 400 MW

Système de ventilation des tunnels
- 145 $m^3/s$

Système de refroidissement des tunnels
- par circulation d'eau

Système de sécurité

## Les terminaux

Aménagement de 2 terminaux à chaque extrémité des tunnels pour l'embarquement et le débarquement des trafics routiers

France - Terminal de Coquelles
500 ha + 1 aire de développement de 200 ha
Volume de terrassement: 10 millions de $m^3$
1 million de $m^2$ de routes et plates-formes ferroviaires

Angleterre - Terminal de Folkestone
150 ha + 1 aire de 150 ha d'entreposage et de dédouanement du trafic poids lourds
Volume de terrassement: 4 millions de $m^3$

## Le matériel roulant

Conception et construction d'un matériel roulant inédit:
- charges, hauteur, longueur des wagons et puissance des motrices hors du commun

Parc de 510 wagons et de 40 motrices (équipement électrique fourni par le groupe helvético-suédois ABB) à l'ouverture du système
Navettes:
- longueur 650 à 750 m
- poids 2000 à 2200 t
- vitesse maximale 130 km/h (initialement prévue 160 km/h, réduite en cours de projet pour cause de coûts excessifs)

## Prévisions de trafic

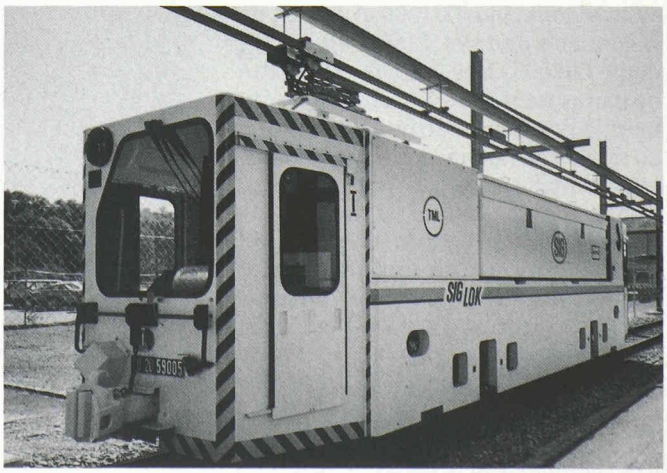
Trafic annuel passagers prévu (SNCF, British Rail et navettes)
- environ 30 millions à l'ouverture du projet
- 41 millions en 2003

Trafic annuel fret prévu (SNCF, British Rail et navettes)
- environ 15 millions de tonnes à l'ouverture du projet
- 23 millions de tonnes en 2003

Trafic horaire de pointe à l'ouverture du projet
- 9 navettes
- 5 trains SNCF/British Rail par direction

## Fournisseurs suisses aux différents chantiers du Tunnel sous la Manche

| Fabricant/ entreprise | Lieu | Genre de fournitures |
|---|---|---|
| Rowa Engineering AG | Schmerikon | UK: Trains de service Etudes, livraison complète: - tunnels service terre + mer - tunnels ferroviaires terre Livraison partielle: - tunnels ferroviaires mer |
| Sika SA | Zurich | F/UK: Sikament, Sigunit, Sikaplan Adjuvants béton, feuilles PVC d'étanchéité dans les puits d'accès (UK seulement) |
| Leica Heerbrugg SA | Heerbrugg | F/UK: Instruments de mesure: théodolites informatiques, distancemètres infrarouges, oculaires laser, micromètres |
| SIG Sté Industrielle Suisse | Neuhausen | F: 60 locotracteurs Compound 20 et 38 t Ecartement 900 mm, puissance 107 et 220 kW |
| Riss SA | Dällikon | UK: Ancres de transport à tête sphérique pour la manutention des voussoirs |
| Meynadier SA | Zurich | UK: Projecteurs mobiles spéciaux pour travaux de gunitage |




*Locomotives de chantier suisses: type V20 (à gauche) et V38 (à droite). Fournisseur: Société Industrielle Suisse, Neuhausen.*

du gigantesque puits de Sangatte – 55 m de diamètre et 66 m de profondeur – à l'aide d'un point virtuel mesuré avec la plus haute précision possible. Ce point est vérifié constamment à partir de huit piliers placés autour du puits et dont la position a été déterminée à 0,1 mm près.

### Progression des tunneliers commandée par faisceau laser

Le pilotage des tunneliers est assuré par l'électronique et la technique du laser. La position du tunnelier par rapport à l'axe du projet, qui est mémorisé dans l'ordinateur du système de guidage, est connue en permanence grâce à un faisceau laser, seul élément fixe connu dans le référentiel Trans-Manche. Ce faisceau est émis à travers un théodolite, qui est stationné sur une console fixée sur les anneaux déjà mis en place, et analysé par une cible réceptrice à bord du tunnelier.

### Mise en place des consoles de mesure

L'installation d'une potence stable tous les 45 m dans les tunnels est destinée à la mise en station des instruments. Son positionnement est déterminé au moyen de cheminements polygonaux, complétés par des mesures de diagonales. Le raccordement au canevas géodésique de surface se fait au niveau des puits d'accès. De plus, une autre corrélation a lieu tous les 350 m par l'intermédiaire des galeries transversales chaque fois qu'une mesure complémentaire et d'éventuelles compensations peuvent être effectuées entre les cheminements polygonaux des tunnels parallèles. De même, le transfert et le contrôle des altitudes sont assurés par le biais de nivellements de précision réalisés depuis la terre ferme jusque dans les galeries, à travers les ouvrages d'accès. Les consoles peuvent aussi accueillir tout le matériel de mesure des équipes du service topographique qui suivent l'équipe de pilotage (travail en 3 × 8) en poste derrière chacun des tunneliers. Equipées chacune d'instruments Wild – dont cinq TC1600 et T1000, de même que de trois T1600, un T2000, deux DI2000, huit DI1000 et quatre oculaires laser GLO2 –, elles déterminent la position effective du tunnelier au moyen de huit mesures par voussoir et transmettent les écarts en tant que valeurs de correction au système de guidage central et à la direction du chantier. Les niveaux utilisés, six NA2 et neuf NA24 avec quatre micromètres à lame à faces parallèles GPM3, sont issus de la technologie suisse.

### Records battus

Au printemps 1989, un record mondial a été battu lors du percement du tunnel de service côté terre : l'avancement des travaux fut de 887 m en un seul mois ! Autre performance technique : la fermeture altimétrique obtenue après un cheminement en boucle de 8 km était de 12 mm. Le 16 octobre 1990, les constructeurs français récidivaient en annonçant qu'ils venaient de percer 126 m de tunnel en un seul jour !

### Le Mekometer Kern ME5000 «donne la mesure»

De l'autre côté de la Manche, où les difficultés de dernière heure freinent la progression des travaux, les constructeurs britanniques utilisent non seulement des appareils japonais, mais aussi des instruments Wild Leitz. C'est avec un Mekometer Kern ME5000 que le service de projet de Translink Joint Venture à Folkestone contrôle les mouvements de terrain les plus infimes et les déformations sur les ouvrages d'art notamment à l'entrée du tunnel. Ce distancemètre électronique de haute précision sert en même temps au contrôle continu des autres distancemètres utilisés sur le chantier.

### Conclusions

La préparation de l'exploitation future du système de transport qui sera mis en service en 1993 a commencé. Avec un trafic annuel moyen prévu de plus de 30 millions de passagers et de plus de 15 millions de tonnes de fret d'ici à l'an 2000, le système de transport d'Eurotunnel sera une pièce essentielle du réseau de transports européens à grande vitesse, ferroviaires et autoroutiers.

Le Tunnel sous la Manche apporte ainsi une contribution majeure à la construction de la nouvelle Europe sans frontières de 1993, à sa prospérité économique et à ses échanges culturels et humains.

Adresse de l'auteur :
Daniel Quinche
Reporter-photographe
Chemin du Muveran 8
1026 Echandens-Denges

Photos : Eurotunnel et Daniel Quinche.
Plan, schémas : Eurotunnel.


## Bibliographie

*Eurotunnel :*

- *Détroit en chantier*, juillet 1989.
- PHILIPPE GALLOIS : *Les grandes étapes du lien fixe trans-Manche d'hier à aujourd'hui*, 3e édition, 1990.
- *Chantiers de France* (oct. 1988) : «Le Tunnel sous la Manche».

*Association française des travaux en souterrain :*

- *Les Travaux souterrains en France, le Tunnel sous la Manche.*
- *Franchissements souterrains pour l'Europe*, comptes rendus des journées d'études internationales de Lille, oct. 1990.

*Annales des Mines* (mai 1988) : «Le Tunnel sous la Manche».

*Tunnelbau 1991 :* «Vortrieb und Vermessung beim Bau des Eurotunnels», Verlag Glückauf GmbH, D-Essen.

Rowa Engineering AG : *Tunnelling Machinery & Equipment*, Schmerikon/ZH.

*Tunnel 1990 et 1991*, Bertelsmann Fachzeitschriften GmbH, D-Gütersloh.

*Fig. 20. – Même après l'ouverture du Tunnel sous la Manche, le trafic maritime restera, paraît-il, concurrentiel.*