

TRAVAUX DU COMITÉ FRANÇAIS D'HISTOIRE DE LA GÉOLOGIE (COFRHIGÉO)

TROISIÈME SÉRIE, t. XXVIII, 2014, n° 9

Francis AMÉDRO

*L'historique du tunnel sous la manche : une brève revue des contributions
les plus marquantes*

Résumé. Le tunnel sous la Manche est le plus grand projet géotechnique souterrain réalisé en Europe durant le XX^e siècle. De nombreux projets ont été proposés depuis le début du XIX^e siècle, notamment par Thomé de Gamond (1867), Potier et de Lapparent (1877) et Destombes et Shephard-Thorn (1971). Cette note présente l'histoire des principales investigations géologiques ayant abouti à la construction du Tunnel actuel creusé dans la « Craie bleue » du Cénomanién inférieur.

Mots-clés : Tunnel sous la Manche – Histoire des investigations géologiques – Craie bleue – Cénomanién inférieur.

Abstract. The Channel Tunnel is the largest underground geotechnical project undertaken in Europe during the 20th century. There have been numerous proposals since the early 19th century, especially by Thomé de Gamond (1867), Potier and de Lapparent (1877), and Destombes and Shephard-Thorn (1971). This paper discusses the history of the most important geological investigations for the Channel Tunnel bored in the Lower Cenomanian Chalk Marl.

Key words: Channel Tunnel – History of the geological investigations – Chalk Marl – Lower Cenomanian.

Avant-propos

« Tu sais ce qui serait bien Astérix ? Ce serait un Tunnel pour aller de la Gaule en Bretagne. Comme ça, on voyagerait à l'abri de la pluie et du brouillard » (Obélix in Uderzo et Goscinny, 1964). Si l'on tient compte de cette réplique, il est clair qu'en l'an 54 avant J.-C., on parlait déjà d'un lien fixe entre la France et l'Angleterre. L'histoire du tunnel sous la Manche est longue !

De façon plus sérieuse, le détroit du Pas-de-Calais est un bras de mer d'une trentaine de kilomètres de large et d'une cinquantaine de mètres de profondeur au maximum séparant le Sud-Est de l'Angleterre du Nord de la France. Par beau temps, les falaises crayeuses de Douvres sont bien visibles depuis celles du cap Blanc-Nez. Les car-ferries actuels effectuent la traversée en 75 minutes, les trains du Tunnel en une demi-heure, mais cela n'a pas toujours été le cas.

Pourquoi un lien fixe ?

À la fin du XVIII^e siècle et au début du XIX^e, la traversée maritime entre Calais et Douvres était réalisée par des navires à roues d'une soixantaine de mètres de longueur. Ces bateaux étaient trop petits pour affronter les fortes tempêtes qui règnent une bonne partie de l'année dans le détroit, et les services maritimes étaient fréquemment interrompus, d'où des problèmes, non seulement pour l'acheminement des passagers, mais également pour les échanges commerciaux et postaux, en particulier pour la malle des Indes. De ce constat est née l'idée d'un lien fixe entre la France et la Grande-Bretagne.

Le projet d'un tunnel sous la Manche a mûri lentement, et il est impossible de retracer en quelques pages deux siècles d'histoire. L'ensemble des investigations et des projets successifs ont été décrits dans le détail dans de nombreux ouvrages, et en particulier par Janvier (1982), Navailles (1987) et surtout Lemoine (1991). Seules les étapes les plus marquantes de cette histoire sont résumées ci-dessous.

Le choix d'un tunnel foré

1802 : c'est à cette date que, suivant les chroniqueurs successifs de l'histoire du lien fixe, Albert Mathieu propose le premier projet. Il s'agit d'une galerie forée à quelques mètres sous le fond de la mer, pourvue de cheminées d'aération et permettant la circulation de diligences. Ce projet était purement conceptuel dans la mesure où il était impossible, avec les moyens techniques de l'époque, et c'est encore le cas aujourd'hui, de creuser un tunnel sous-marin long de 37 km sans aucune reconnaissance géologique préalable.

1834-1869 : Aimé Thomé de Gamond (1807-1876), ingénieur hydrographe, consacre 30 ans de sa vie et sa fortune à l'idée d'un lien fixe entre la France et l'Angleterre, sous toutes ses formes : jetées réunies par un bac flottant, pont, tunnel immergé, tunnel foré (Fig. 1).

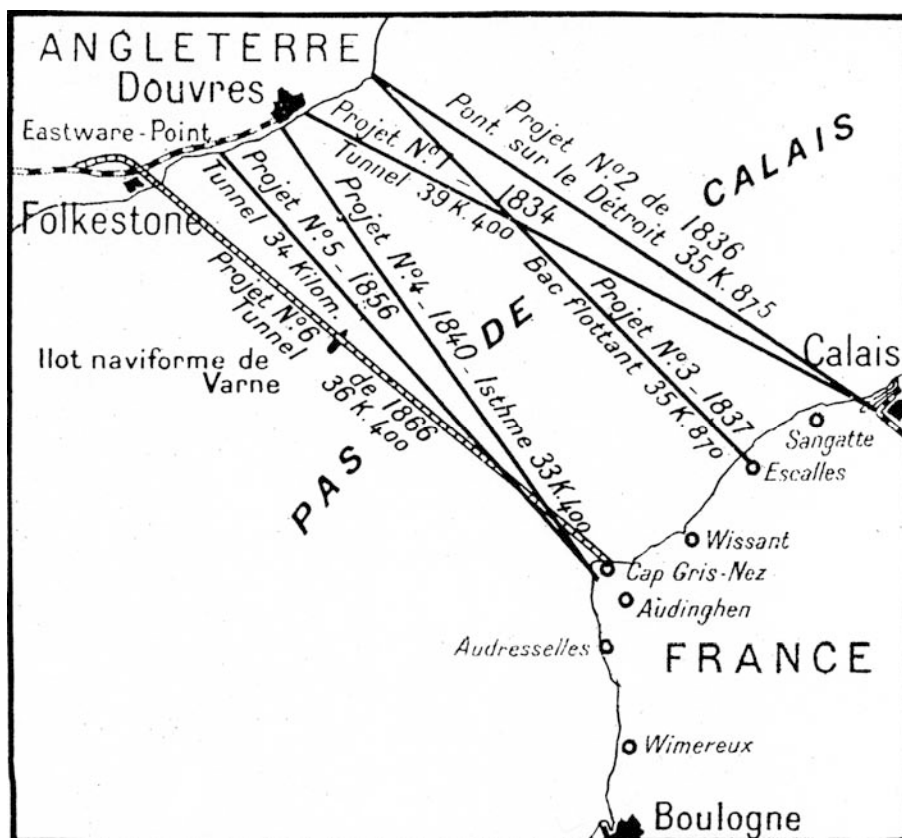


Fig. 1. Les différents projets de lien fixe entre la France et l'Angleterre élaborés par Thomé de Gamond. Les tracés rectilignes montrent que ces projets sont peu réalistes.

Son mérite est d'avoir compris le premier qu'il est nécessaire de connaître les terrains dans lequel serait creusé un tunnel. Le détroit était-il l'œuvre d'un effondrement soudain ou d'une lente érosion ? Pour apporter des éléments de réponse, il collecte à l'aide de gaffes des échantillons de roches (des grès tithoniens) sur le banc du Varne situé au milieu du détroit et où la tranche d'eau n'excède pas 7 à 8 m à marée basse. Puis, il n'hésite pas à plonger en apnée à trois reprises à 33 m de profondeur, lesté de sacs de pierres, pour réaliser d'autres prélèvements. En 1857, puis en 1867 à l'Exposition universelle de Paris (mémoire publié en 1869) il présente un projet de tunnel foré allant du cap Gris-Nez à Folkestone, avec une aération sur le banc du Varne (Fig. 2).

Ce « tunnel cylindrique, voûté en pierre, offrant dans son arc supérieur une section ouverte de 9 m de large sur 7 m de haut », serait creusé essentiellement dans « l'étage oolithique », c'est-à-dire dans le Jurassique. La proposition est acceptée en 1867 par Napoléon III et la reine Victoria, mais la guerre franco-prussienne de 1870 fait avorter le projet. Thomé de Gamond est souvent présenté comme le premier concepteur du tunnel sous la Manche. En toute honnêteté, il faut reconnaître que son projet n'était pas réaliste dans la mesure où, à partir du cap Gris-Nez jusqu'à l'îlot du Varne, la partie sous-marine du tunnel suivait une ligne droite recoupant toutes les formations calcaires, argileuses et gréseuses du Kimméridgien et du Tithonien, puis lors de la remontée le long de la côte anglaise les sables et argiles à faciès wealdien, les sables verts apto-albiens, les argiles albiennes et enfin les

craies du Cénomanién inférieur, soit une épaisse série crétacée incluant plusieurs niveaux aquifères.

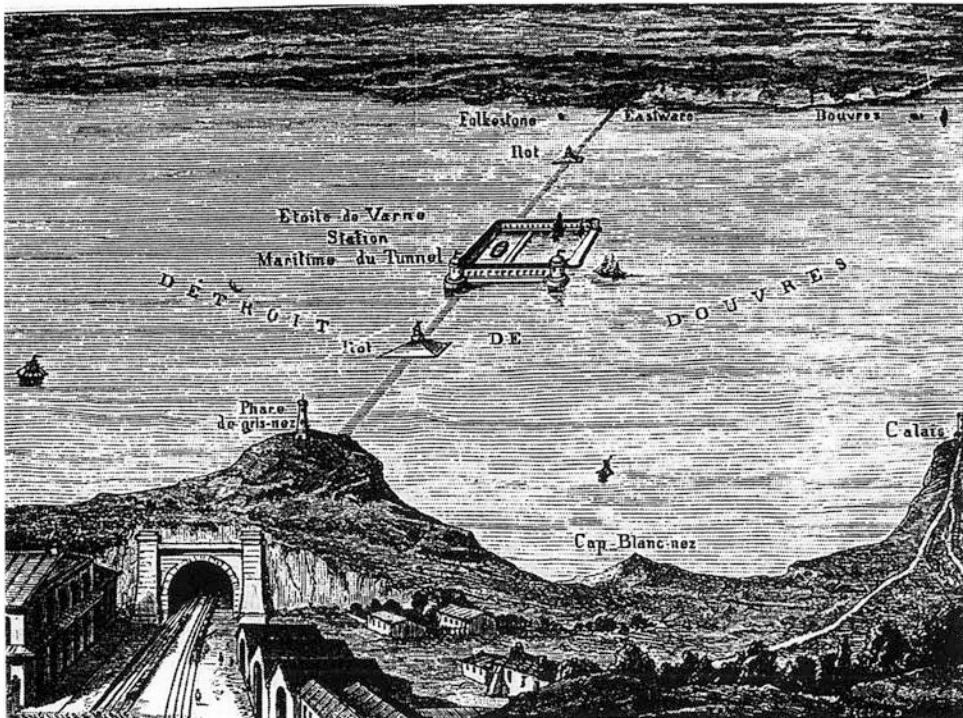


Fig. 2. Le projet n° 6 proposé par Thomé de Gamond en 1866 relie le cap Gris-Nez à Folkestone en recoupant jusque dans la partie centrale du détroit les argiles et grès du Kimméridgien et du Tithonien, puis lors de la remontée vers l'Angleterre, les argiles et sables à faciès wealdiens attribués au Barrémien, les sables verts apto-albiens, les argiles albiennes à faciès Gault et enfin les craies du Cénomanién inférieur. Il s'agit d'un projet irréalisable d'un point de vue géotechnique pour de multiples raisons. Parmi les plus importantes, on peut citer le percement de plusieurs niveaux aquifères, de formations sableuses meubles et de couches d'argiles plastiques difficiles à forer et soumises à des déformations liées aux contraintes exercées sur le toit de la galerie.

La « Craie bleue » est choisie et sa continuité démontrée à travers le détroit

Si l'on se déplace côté France d'une dizaine de kilomètres vers le nord-est, le long des côtes de la Manche, on passe des falaises jurassiques du cap Gris-Nez aux falaises crétacées du cap Blanc-Nez. C'est sur les craies cénomaniennes que vont porter les études ultérieures consacrées à un tunnel traversant le détroit.

1867 : William Low (1814-1886) et Sir John Hawkshaw (1811-1891), deux ingénieurs britanniques, suggèrent indépendamment l'un de l'autre que seul le Chalk Marl ou « Craie bleue » (partie inférieure argileuse et imperméable des craies cénomaniennes affleurant en Angleterre dans les falaises entre Douvres et Folkestone et en France dans les falaises du cap Blanc-Nez) peut convenir au percement d'un tunnel sous la Manche [voir le détail des rapports et échanges in Janvier (1982) et Lemoine (1991)]. Hawkshaw fait réaliser deux forages en 1866, l'un à l'est de Douvres, l'autre entre Sangatte et Calais, afin d'apprécier le

pendage des couches et de vérifier si l'épaisseur de la « *Craie bleue* » (une trentaine de mètres) reste constante dans l'aire étudiée. Parallèlement, Low (1873) propose le creusement de deux tubes reliés par des rameaux transverses afin de résoudre partiellement le problème de la ventilation des galeries.

1875-1877 : Alfred Potier (1840-1905) et Albert de Lapparent (1839-1908), ingénieurs des mines attachés au Service de la Carte géologique de France, sont les premiers à étudier de façon scientifique la constitution géologique du détroit pour le compte de l'Association française du tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre, créée en 1875 et appartenant majoritairement à la Compagnie des Chemins de Fer du Nord. Ils prennent comme point de départ les travaux de Phillips (1821), qui a constaté un demi-siècle auparavant la parfaite identité de nature, d'épaisseur et de plongement général vers le Nord-Est des différentes couches de craie formant les falaises du Kent et du Boulonnais. Après étude des rapports établis par Low et Hawkshaw qui s'intéressent au creusement d'un tunnel sous-marin depuis 1864 et à la suite d'une rencontre avec le second d'entre eux, Alfred Potier et Albert de Lapparent arrivent à la même conclusion que leurs collègues britanniques : seule la « *Craie bleue* » peut convenir au percement d'un tunnel sous la Manche.

En 1875, assistés d'Eugène Larousse, ingénieur hydrographe de la Marine, ils louent un petit bateau à vapeur à la compagnie de remorquage de Boulogne-sur-Mer et sillonnent le détroit entre les falaises crayeuses du Boulonnais et du Kent. À l'aide d'une sonde inventée par Hawkshaw, sonde de 50 kg terminée par un tube en acier dont la longueur varie de 10 à 25 cm suivant les terrains rencontrés, ils collectent en août et septembre 1875, puis entre juin et septembre 1876, un ensemble de 3267 échantillons de roches, ce qui leur permet d'établir la première carte géologique sous-marine du détroit, qui est en même temps la première carte géologique sous-marine au monde, publiée en 1877 (Fig. 3). Cette carte est dessinée à l'échelle du 1/50 000, une échelle plus précise que celle des cartes réalisées à l'époque à terre où le 1/80 000 était la norme.

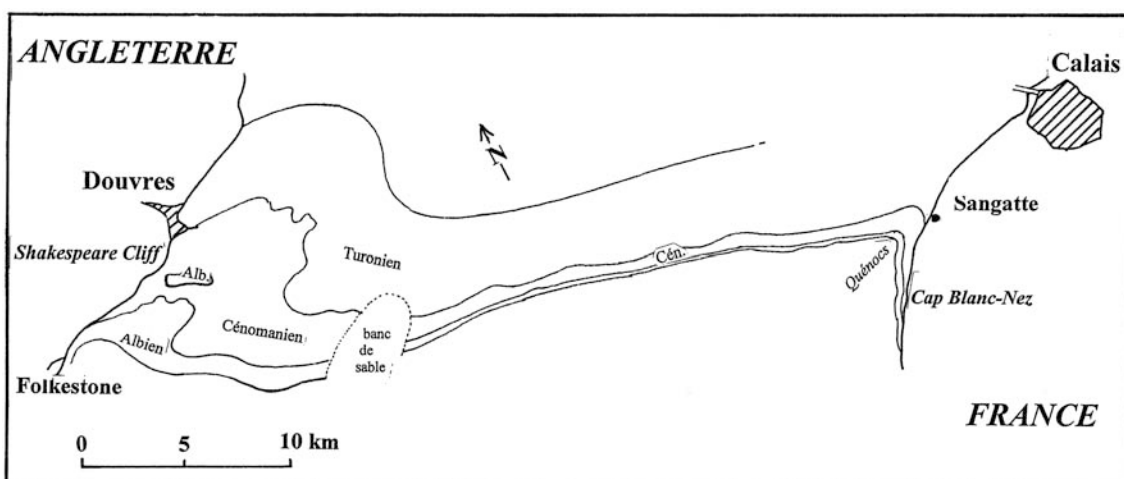


Fig. 3. Extension des craies cénomaniennes et turoniennes à travers le Pas-de-Calais, redessinée d'après la première carte géologique sous-marine du monde publiée par A. Potier et A. de Lapparent en 1877. Il n'a pas été possible de reproduire l'original en raison de la taille du document original (103 cm x 32 cm) qui serait devenu illisible après réduction.

Qu'apporte cette carte ? Elle démontre la continuité des couches de craie et en particulier des craies cénomaniennes, entre les falaises du Kent et du Boulonnais. En même temps, une structure tectonique particulière est découverte au large du Cap Blanc-Nez sous la forme d'un pli marqué : l'anticlinal des Quénocs (du nom d'un banc rocheux partiellement visible lors des basses mers de vives eaux). Enfin les surfaces d'affleurements plus importantes des formations cénomaniennes et turoniennes côté anglais suggèrent un pendage plus faible que vers la France (les mesures réalisées lors du creusement des galeries entre 1989 et 1991 ont révélé un pendage atteignant 17° vers le Nord-Est près de l'anticlinal faillé des Quénocs et des valeurs inférieures à 5° vers la côte anglaise). La conclusion est que le creusement d'un tunnel sous la Manche est envisageable dans la « *Craie bleue* », avec un tracé contraint entre Sangatte et Douvres, en raison du pendage des couches vers le Nord-Est. Le reste de l'histoire du tunnel sous la Manche, écrite entre 1878 et 1991, s'inscrit dans la continuité des travaux de Potier et de Lapparent.

1878-1883 : deux puits verticaux sont creusés, le premier à Sangatte par l'« *Association française du tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre* », le second à Shakespeare Cliff entre Douvres et Folkestone, par la « *Channel Tunnel Railway Company* ». Ces puits, dont la profondeur atteint respectivement 88 m et 50 m, sont prolongés par des galeries sous-marines de reconnaissance de 2,14 m de diamètre creusées par un tunnelier mis au point par le colonel de Beaumont qui, en dépit de son nom, était un ingénieur anglais (Figs 4 et 5).



Fig. 4. La galerie dite « *des anciens* » dénoyée en 1989. Un siècle après son creusement, cette galerie d'un diamètre de 2,14 m apparaît encore en bon état. Cette galerie d'essai fut forée par un tunnelier rudimentaire mis au point par le colonel de Beaumont entre le 2 septembre 1882 et

le 18 mars 1883 au rythme moyen de 11 m par jour, le maximum d'avancement en une journée ayant été de 24,80 m.

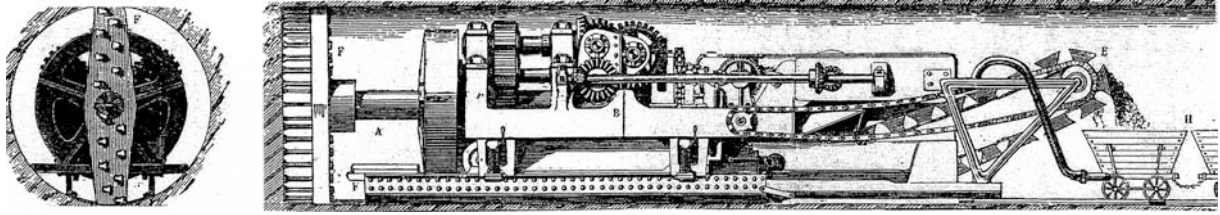


Fig. 5. Vue d'artiste de la machine du colonel de Beaumont employée avec succès pour creuser de part et d'autre de la Manche près de 4 km de galeries dans la craie.

1883 : le gouvernement britannique ne veut plus du tunnel, les militaires étant opposés à son percement. À l'arrêt des chantiers, 1839 m ont été creusés côté France et 1920 m côté anglais.

Des failles sont découvertes le long de la côte française, ainsi que la fosse Dangeard au centre du détroit

1957-1965 : un « *Groupement d'Etudes du Tunnel sous la Manche* » (GETM) est créé sous l'impulsion de Louis Armand, alors président de la SNCF. Ce groupement comprend comme principaux investisseurs les deux sociétés ferroviaires française et britannique, la banque Rothschild et la compagnie du canal de Suez et bénéficie d'une concession bilatérale accordée par les gouvernements. Le GETM dénoie le puits de Sangatte ainsi que la galerie des « anciens » (nom donné à la galerie de reconnaissance creusée en 1882-1883) et engage une vaste campagne de prospection géophysique complétée par le forage de 9 sondages à terre et 70 sondages en mer réalisés à la maille d'environ 500 m à partir de plates-formes pétrolières. Ces sondages visent à recouper toute la « *Craie bleue* » et la limite avec les argiles albiennes à faciès Gault sous-jacentes (Bruckshaw *et al.*, 1961).

1971-1972 : La publication des travaux du GETM par Destombes and Shephard-Thorn (1971), Carter and Destombes (1972) et Destombes *et al.* (1975) révèle plusieurs failles orientées N 30° vers la côte française et une profonde vallée comblée de sédiments récents au centre du détroit : la fosse Dangeard. En tenant compte de ces résultats, un projet de tunnel ferroviaire foré dans la « *Craie bleue* » est établi, contournant la fosse Dangeard par le nord. Celui-ci comprend deux tunnels ferroviaires à voie unique de 50 km de long, dont 37 sous la Manche, encadrant un tunnel de service : le projet définitif prend forme. La vue en coupe du tunnel (Fig. 6) montre que celui-ci se présente sous la forme d'un W étalé avec un point haut vers le centre du détroit pour faciliter l'écoulement des eaux d'infiltration par gravité et avec deux puits verticaux à Sangatte et Shakespeare Cliff pour leur collecte et rejet à la mer.

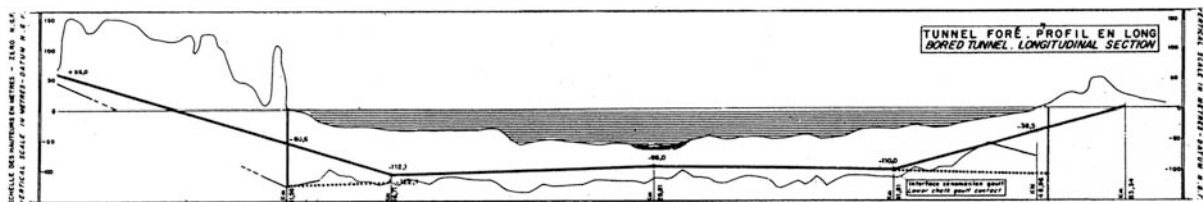


Fig. 6. Le projet de tunnel sous la Manche de 1971. La forme en W aplati avec l'existence d'un point haut au centre du détroit permet l'évacuation des eaux d'infiltration par gravité.

Il convient de noter ici que l'arrêt des chantiers en 1883 apparaît rétrospectivement comme une bonne chose. La fosse Dangeard, située au centre du détroit, était alors inconnue. Or le projet des années 1880 recoupait cette vallée de plus de 100 m de profondeur, remplie de sable et de sédiments récents. Le percement de la fosse Dangeard aurait eu un effet comparable à celui d'une gigantesque poche d'eau qui se serait écoulee en torrent, entraînant probablement la noyade de la plupart des mineurs présents au fond.

1973-1974 : les travaux de creusement reprennent momentanément avec la réalisation de descenderies à Sangatte et Shakespeare Cliff et le montage de tunneliers de 5 m de diamètre destinés à creuser des galeries de reconnaissance, futures galeries de service.

1975 : la Grande Bretagne décide l'arrêt des travaux en raison du choc pétrolier.

La décision finale

1986-1988 : après ratification par les gouvernements français et britanniques du principe d'une liaison fixe en 1986, le projet de 1971 est affiné (Fig. 7) [voir les descriptions géotechniques détaillées *in* Duffaut et Margron édit. (1990) et Harris, Hart, Varley & Warren édit. (1996)].

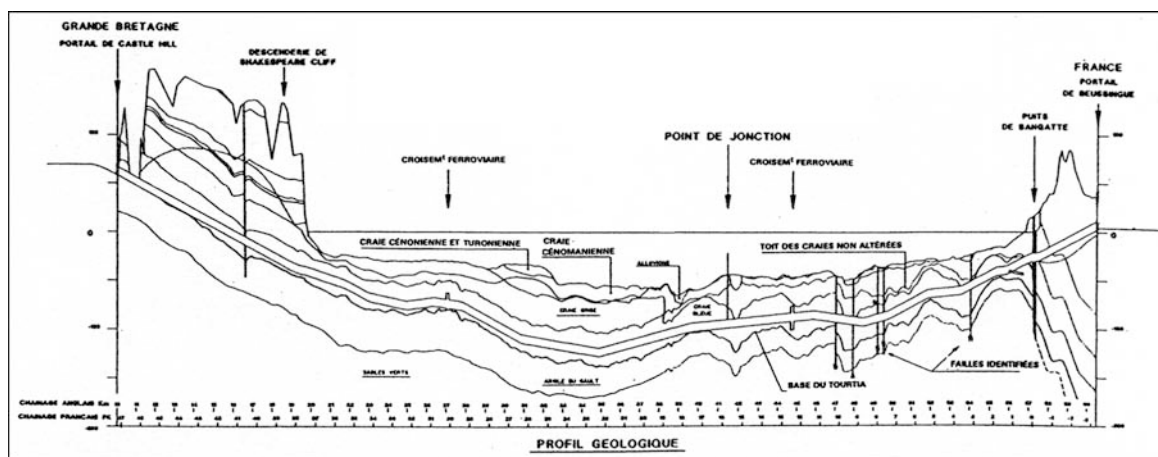


Fig. 7. Le projet final, réalisé entre 1989 et 1991 par le consortium TML pour le compte de l'exploitant Eurotunnel.

Les principales modifications concernent : 1) l'abandon du profil en W, la construction de cinq stations de pompage, dont trois sous-marines, permettant aux galeries de rester

presque entièrement dans la « *Craie bleue* » sur la totalité du parcours ; 2) l'ajout au tiers et aux deux tiers de la section sous-marine de deux gigantesques cavernes de 165 m de longueur et 20 m de diamètre intérieur dans lesquelles les tunnels ferroviaires se rejoignent, permettant le passage des trains d'un tube à l'autre, la galerie de service étant abaissée et déviée vers le nord. Enfin, côté France, la descenderie de Sangatte est remplacée par un impressionnant puits de 55 m de diamètre et 65 m de profondeur (l'arc de triomphe de Paris pourrait y tenir) permettant le montage simultané dans des chambres étanches de tous les tunneliers (5 au total) et l'évacuation des déchets et des eaux d'exhaure. Après quelques aléas inhérents à ce type de chantier, la suite est connue.

1^{er} décembre 1990 : jonction des tunnels de service (T1) à 15 618 m du puits de Sangatte.

22 mai 1991 : jonction des tunnels ferroviaires Nord (T2) au PM 20 007 (PM : point métrique compté à partir de l'axe du puits de Sangatte).

28 juin 1991 : jonction des tunnels ferroviaires Sud (T3) au PM 18 857. Le creusement des galeries est terminé.

Bibliographie

- BRUCKSHAW, J.-M., GOGUEL, J., HARDING, H.J., MALCOR, R. (1961). The work of the Channel Study Group 1958-1960. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*, London, **18**, p. 149-178.
- CARTER, D.J., DESTOMBES, J.-P. (1972). Stratigraphie du Cénomani du détroit du Pas-de-Calais. *Mémoires du Bureau de Recherches Géologiques et Minières*, **79**, Colloque Géologie de la Manche, p. 117-121.
- DESTOMBES, J.-P., SHEPHARD-THORN, E.R. (1971). Geological results of the Channel Tunnel site investigation 1964-1965. *Natural Environment Research Council, Institute of Geological Sciences*, Report 71/11, 12 p., 3 tabl., 1 carte.
- DESTOMBES, J.-P., SHEPHARD-THORN, E.R., REDDING, J.H. (1975). A buried valley system in the Strait of Dover. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, (A), **279**, p. 243-256, 1 carte.
- DUFFAUT, P., MARGRON, P. (Éd.) (1990). *Le Tunnel sous la Manche – Géologie et Géotechnique*. Presses de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, Paris, 329 p.
- HARRIS, C.S., HART, M.B., VARLEY, P.M., WARREN, C.D. (Ed.) (1996). *Engineering Geology of the Channel Tunnel*, Thomas Telford, London, 526 p..
- JANVIER, A. (1982). *Un Tunnel sous la Manche ?* Mémoire de Diplôme d'ingénieur-géomètre, Ecole supérieure de Géomètres et Topographes, Paris, 129 p.
- LEMOINE, B. (1991). *Le Tunnel sous la Manche*. Moniteur, Paris, 192 p.

- LOW, W. (1873). *Mémoire sur le projet d'établissement d'un tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre*. Wittersheim, Paris, 186 p.
- NAVAILLES, J.-P. (1987). *Le Tunnel sous la Manche (1802-1987) Deux siècles pour sauter le pas*. Champ Vallon, Seyssel, 281 p.
- PHILLIPS, W. (1821). Remarks on the Chalk Cliffs in the neighbourhood of Dover and on the Blue Marl covering the Green Sand, near Folkestone (with an appendix containing some accounts on the Chalk Cliffs on the Coast of France, opposite of Dover). *Transactions of the Geological Society of London*, (1), **5**, p. 17-51, 1 pl.
- POTIER, A., LAPPARENT, A. de (1877). Rapport sur l'exploration géologique sous-marine du Pas-de-Calais. p. 33-55, 2 pls, in LAVALLEY, A., LAROUSSE, E., POTIER, A., LAPPARENT, A. de. *Chemin de fer sous-marin entre la France et l'Angleterre. Rapports sur les explorations faites en 1875 et 1876*. Chaix, Paris, 55 p., 2 pls.
- THOMÉ DE GAMOND, A. (1857). *Étude pour l'avant-projet d'un tunnel sous-marin entre la France et l'Angleterre reliant sans rompre charge les chemins de fer de ces deux pays par la ligne de Grinez à Eastware*. Victor Dalmont, Paris, 180 p., 3 pl.
- THOMÉ DE GAMOND, A. (1869). *Mémoire sur les plans du projet nouveau d'un tunnel sous-marin entre l'Angleterre et la France produits à l'Exposition universelle de 1867 et sur les différents systèmes projetés pour la jonction des deux territoires depuis l'origine de ces études en 1833 : tunnel immergé, pont sur le détroit, bac flottant, isthme de Douvres, tunnel sous-marin*. Dunod, Paris, 180 p.