

Le tunnel sous la Manche

Autor(en): **Molin, de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes**

Band (Jahr): **2 (1876)**

Heft 1

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-3959>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

par le système indien, c'est-à-dire au pont du Gorai (delta du Gange). Il s'agissait d'un fonçage descendant jusqu'à 38 mètres sous le sol pour les piliers de rive, et à 30 mètres sous basses eaux pour ceux en rivière : conditions qui n'ont d'équivalent qu'au pont de Saint-Louis sur le Mississippi. Or, si l'on se rappelle qu'à Saint-Louis une inquiétante mortalité avait sévi parmi les ouvriers travaillant dans l'air comprimé, et qu'à la fin il fallut, non-seulement substituer un monte-charge à l'escalier tournant, mais réduire à une heure au plus les postes de travail, on comprendra qu'essayer pareil système avec des coolies pour travailleurs eût abouti à de véritables impossibilités.

Si le fonçage du Gorai s'est accompli avec célérité et économie, ce résultat est dû au *boring-head*, grand rabot ou charrue tournante, composée d'un disque horizontal sous lequel rayonnent quatre saillies triangulaires bordées de socs tranchants. Quant au montage du déblai broyé, il s'opère continûment et sans arrêter le travail de la tarière, au moyen du torrent d'eau ascensionnel qui parcourt la tige creuse de l'appareil, entraînant tout dans sa violence, jusqu'aux paniers, seaux écrasés, boulons, etc., tombés par mégarde dans le puits. C'est par une branche recourbée en siphon et déversant au fleuve que ce courant était entretenu ; et la pression motrice était due à l'excès d'eau que des pompes centrifuges déversaient constamment dans le cylindre.

L'outil labourait une fouille conique de 2^m75 de diamètre sous un cylindre de 4^m25, en sorte qu'une certaine zone de pourtour devait s'ébouler d'elle-même sous la pression des surcharges d'enfoncement. On avait à traverser des alluvions argileuses et sableuses, une couche d'argile foncée et très dure, enfin, un sable compact où la fondation fut assise au taux élevé de pression de 9 kilos par centimètre carré. Accomplissant sa révolution en 1 $\frac{1}{2}$ ou 2 minutes, le *boring-head* forait environ 0^m30 par heure. Le prix de revient a été de 7 fr. 40 par mètre cube, et aurait probablement pu s'abaisser à 4 fr., moyennant quelques améliorations. Sauf le cas de blocs épars, on doit admettre que lorsqu'un tel outil vient à rencontrer une résistance invincible, c'est la preuve qu'on a atteint un sol de fondation d'une solidité irréprochable.

Il se produisit cependant, vers l'un des piliers du Gorai, un affouillement assez profond pour inspirer quelques inquiétudes. Imitant alors un système de défense usité dans la région des Himalayas, c'est-à-dire le tablier flexible formé de blocs de béton entrecousus par des câbles de fer, M. Leslie immergea autour du tube menacé des chapelets de barriques de bière remplies de béton. Soit par ce genre de protection, soit bien plutôt par les fonçages à 30 mètres, le Gange même a été dompté ; les ingénieurs ont su faire ce que la superstition indigène prétendait impossible : museler le fleuve sacré.

Les ponts des rivières Beas et Sutlej avaient été emportés par l'inondation de 1872, bien qu'ils fussent fondés à une douzaine de mètres de profondeur.

Une question assez gênante en pratique, c'est l'application périodique de fortes surcharges d'enfoncement, nécessaires même avec des cylindres de béton, tels que ceux de la Clyde, auxquels M. Milroy superpose de gros tambours en fonte épaisse approvisionnés tout exprès pour ce but temporaire. Au pont de Glasgow, il avait doublé le cuvelage en fonte d'une épaisse chemise en segments de même métal. Au Gorai, on voulut enfoncer le tube au moyen d'une cuve en tôle remplie d'eau, mais

la rupture de ce réservoir, exécuté en mauvais fer, y fit renoncer. Signalons enfin le curieux expédient employé à Glasgow, dans la construction d'une traversée de chemin de fer en dessous d'une ligne déjà en exploitation. La nature perfide du sol avait obligé à recourir aux puits indiens ; mais, sous les poutres soutenant la voie en service, il n'y avait pas place pour empiler des charges. Qu'imagina-t-on alors ? Tout simplement de charger les locomotives de faire la besogne : on calait le cylindre sous la voie ; chaque train passant lui imprimait un léger tassement, après lequel on recoînçait.

Ce qui semble ressortir de cette note succincte, c'est que le fonçage à air libre lutte avec avantage avec le système pneumatique, et tend du moins à réduire les cas d'application légitime de ce dernier. Peut-être que, dans quelques ouvrages exécutés à l'air comprimé, on s'est trop légèrement lancé dans de grandes dépenses, sous l'entraînement de l'exemple. Sans se départir de la prudence, il faudrait savoir plus souvent oser innover à propos. Ce n'est pas par l'esprit routinier ou timoré que les progrès s'accomplissent ; en reculant devant quelques essais, les errements de la routine sont souvent bien plus coûteux.

Sont-ce les éventualités imprévues qui effrayent ? Il y en aura toujours, quoi qu'on fasse ; mais, après tout, on s'en tire. Les Américains, en hasardant à Brooklyn un caisson pneumatique en charpente, contenant 11 000 mètres cubes de bois, et somptueusement éclairé par les chandelles et le gaz, avaient à craindre l'incendie souterrain ou sous-marin ; et la chose n'a pas manqué : le feu prit même à plusieurs reprises, mais enfin on l'a éteint, non sans peine, il est vrai. Au pont sur la Tet (Perpignan), en faisant descendre par dragage des puits de maçonnerie, on pouvait être arrêté par quelques blocs de pierre ; c'est ce qui arriva, mais qu'a-t-on fait ? Coiffant les puits d'une calotte en tôle et cimentant les parois, on a introduit l'air comprimé, et l'on a achevé ainsi le fonçage à 8 mètres.

Un autre cas d'emploi de l'air comprimé dans des enveloppes maçonnées s'est produit aux égouts de Grenoble, mais à une pression de $\frac{1}{4}$ d'atmosphère seulement.

Lausanne, février 1876.

LE TUNNEL SOUS LA MANCHE

Note communiquée par M. DE MOLIN, ingénieur.

Nous extrayons du *Résumé* publié par la Société des ingénieurs civils, à Paris, les renseignements suivants donnés par M. Lavalley dans la séance du 19 novembre 1875 sur le tunnel sous-marin de la Manche.

Lorsque nous citerons textuellement M. Lavalley, nous l'indiquerons par des guillemets. Mais, dans le but d'abrégier, nous résumerons quelquefois le texte original et emprunterons même certains renseignements à d'autres sources, telles que les *Annales des Ponts et Chaussées*. (Juin 1875.)

Divers indices portent à admettre que le détroit de la Manche est dû à l'érosion des mers, et non pas à une fracture. Ce fait, rassurant contre l'existence de grandes dislocations, paraît pleinement confirmé par le résultat des sondages faits par l'éminent ingénieur anglais, sir John Hawkshaw, qui ont fait voir que la couche crayeuse du fond de la mer se continue sans lacune d'une rive à l'autre. La couche supérieure toutefois

(craie à silex et craie blanche) est traversée de fissures et laisserait passage à l'eau.

La formation crayeuse du Pas de Calais appartient au terrain secondaire, dont elle constitue l'assise supérieure connue sous le nom de *terrain crétacé*.

Cette couche de craie blanche et à silex qui forme le fond de la mer a une épaisseur moyenne de 80 mètres environ sur les deux rives. Elle repose sur une profonde assise de craie grise ou marneuse mélangée d'argile, exempte de fissure, et d'une épaisseur d'environ 80 mètres comme la précédente. Au-dessous, on trouve un feuillet de grès vert supérieur, épais de un mètre à peu près, et reposant lui-même sur un épais massif d'argile bleue et grise connue sous le nom de *gault*.

Sous le *gault* on trouve, du côté d'Angleterre, des sables dits terrains *wealdiens*, qui n'existent qu'à l'état de traces du côté de France. Plus bas enfin, on rencontre le terrain jurassique qui forme la base de tout le système.

Les bouleversements géologiques auxquels ces couches ont dû être soumises depuis leur formation, ne se traduisent sur les deux côtes que par un plongement régulier de quelques degrés vers le nord-est.

Il est dès lors évident que la seule formation dans laquelle il convienne de tenter le passage et où il faut chercher à se maintenir à tout prix, est la couche de craie grise ou inférieure, ce qui place le tunnel à 125^m au-dessous de la pleine mer de vive eau.

« Le projet actuel, le projet de sir John Hawkshaw, fait partir le tunnel sous-marin d'un point situé entre Sangatte et Calais, et aboutir à la baie de Sainte-Marguerite, à 6^h5 à l'est de Douvres. Sa longueur totale, d'une rive à l'autre, serait d'environ 34 kilomètres. Les raccordements avec le chemin de fer du Nord français, comme avec l'un et l'autre des chemins de fer aboutissant à Douvres, auraient des parties courbes de très grands rayons.

» Au milieu du détroit, le sommet de la voûte se trouverait à 120 ou 125 mètres en contrebas du niveau des basses mers, à 70 ou 75 mètres au-dessous du fond du détroit dont la profondeur, sur la ligne suivie, ne dépasse pas 54 mètres. Pour arriver à cette profondeur, la voie de fer aussitôt après s'être séparée du chemin du Nord, s'enfoncera aussitôt en tranchée d'abord, puis en tunnel, suivant une pente douce, 10 à 12, peut-être 13 millimètres par mètre. Quand elle arrivera sous le rivage pour commencer à pénétrer sous le détroit, elle aura 70 mètres de terre au-dessus d'elle, et continuera à descendre comme descend le fond de la mer pendant encore 4 à 5 kilomètres. Là, la pente cesse et la voie remonte à raison de $\frac{1}{3}$ de millimètre par mètre jusqu'au milieu du détroit. Cette inclinaison vers la rive amènera l'eau d'infiltration au point du changement de pente; là cette eau trouvera une petite galerie d'écoulement qui la conduira au puits du bord de la mer, où des pompes la rejeteront au dehors.

» La seconde partie du souterrain est semblable à la première. Redescendant d'abord sur une pente de $\frac{1}{3}$ de millim. par mètre, il remonte ensuite plus rapidement jusqu'au niveau du sol.

» Vous savez, messieurs, que fort heureusement la voie anglaise, 4^p 8 $\frac{1}{2}$ (1^m 44), est celle de la plus grande partie des chemins de fer d'Europe. L'Espagne et la Russie au delà de la Vistule font seules exception. »

D'après M. Lavallay, les deux assises supérieures de craie à silex forment un groupe qui présente 145^m d'épaisseur quand

il est complet, comme dans la colline sur laquelle est bâti le château de Douvres. La craie sans silex aurait 50 mètres d'épaisseur, la craie grise 55 mètres, en sorte que l'épaisseur totale du massif crayeux serait d'environ 250 mètres.

« Il est évident que la possibilité du percement serait démontrée pour tout le monde si l'on parvenait à mettre en évidence la continuité des bancs de craie, à déterminer avec une certaine précision leur allure sous le détroit.

» Pour cela il y avait un moyen, indirect il est vrai, mais qui n'en offre pas moins de sérieuses garanties. Ce moyen consistait à rechercher sur le fond du détroit, et d'une rive à l'autre, la ligne qui sépare la craie de l'argile sur laquelle elle repose, ou pour parler le langage de la géologie, la ligne d'affleurement de la base de la craie. La forme de cette ligne décèlera infailliblement toute faille avec rejet, tout plissement qui pourraient exister dans le massif crayeux et suivant la direction où on peut les craindre. Nous savons déjà qu'il n'y a ni cassure ni plissement de quelque importance suivant la direction du tunnel. De semblables accidents, s'ils existaient, atteindraient nécessairement les bords du détroit.

» La falaise anglaise est visible sur 17 kilomètres, de Folkestone à Deal, et sur toute cette étendue elle ne présente aucune faille; de plus le prolongement des couches est presque absolument rectiligne: il n'y a donc pas de plissement. La falaise française non plus ne montre aucune dislocation; si elle ne montre pas la section des couches sur une aussi grande longueur que la falaise anglaise, le puits de Calais et d'autres indications témoignent de la régularité du plongement.

» Il ne pourrait donc y avoir d'accidents que suivant les directions qui échappent aux deux côtes, mais qui couperaient nécessairement la ligne d'affleurement de la base de la craie.

» Voyons maintenant quelle serait la déformation apportée à cette ligne par une faille ou un plissement. Remarquons, d'abord, que cette ligne n'est autre chose que l'intersection, par la surface sensiblement plane du fond de la mer, de la surface de contact de l'argile et de la craie.

» Si cette dernière est à peu près plane, la ligne d'affleurement sera donc à peu près rectiligne. Si cette surface est plissée ou bombée quelque part, la ligne d'affleurement présentera là une sinuosité. Enfin, si en un point il y a fracture avec rejet, la ligne d'affleurement sera discontinue, ou, plus exactement, elle aura un ressaut, un décrochement, et ce décrochement sera d'autant plus prononcé que le rejet sera plus considérable, de même qu'un bombement plus fort amènera une sinuosité plus profonde; si le bombement est brusque, la sinuosité sera de petit rayon.

» Remarquons encore que tous ces accidents s'accuseront sur la ligne d'affleurement d'autant plus nettement que l'inclinaison suivant laquelle la craie repose sur l'argile est très faible. Si cette inclinaison est de 2 ‰, un rejet de 10 mètres donnerait un décrochement de 500 mètres ou de 10 millimètres sur la grande carte, de 25 millimètres sur la petite.

» Pour peu donc que nous puissions déterminer la ligne d'affleurement avec quelque approximation, nous pourrions voir exactement, par la forme qu'elle affectera, l'allure du massif crayeux. Notez que ce qui est vrai pour la ligne de séparation d'un angle de la craie est aussi vrai pour la ligne de séparation de deux assises quelconques de la craie.

» Les indications si utiles que donnerait la connaissance

exacte d'une ligne d'affleurement faisaient vivement désirer qu'il fût possible d'en tracer au moins une avec quelque approximation. Mais avant d'inscrire cette recherche dans le programme des travaux d'études de la Compagnie, il fallait s'assurer que cette recherche ne serait pas impossible. C'est par des essais faits dans ce but que l'association française du tunnel a commencé ses travaux d'exploration. Ils ont fourni les importants et favorables renseignements que je vous dirai plus loin.

» Sir John Hawkshaw s'était servi, pour amener des échantillons du fond de la mer, d'un outil fort simple, se composant d'un assez long plomb de sonde portant à la partie inférieure un tube en fer à bord en biseau, aciéré, d'environ 15 centimètres de long et de 20 à 22 millimètres de diamètre intérieur. Cette sonde, l'expérience l'avait prouvé, ramenait des échantillons presque toutes les fois qu'elle tombait sur de l'argile ou de la craie; elle ne pouvait aller chercher le terrain en place sous des alluvions de quelque épaisseur.

» Les recherches qui furent faites d'un outil à la fois simple, peu sujet aux avaries, d'un maniement facile et rapide, et qui pourrait pénétrer plus profondément, furent sans succès. Niles outils employés par les hydrographes, ni ceux dont on s'est servi dans les explorations des grands fonds de la mer, ne pouvaient atteindre le but poursuivi dans les études relatives au tunnel. Si les hydrographes ont cherché à reconnaître, pour la signaler sur leurs cartes, la nature du fond aux approches de terre, ce n'était qu'au point de vue spécial de la tenue des ancres, et les sondages à grandes profondeurs récemment entrepris par le gouvernement anglais dans un but purement scientifique ne vont chercher au fond de la mer que les traces de la vie animale ou végétale; ils ne tendent qu'à ramener un peu des dépôts du fond.

» On se servit donc de la sonde employée par sir John Hawkshaw en en faisant varier le poids, ainsi que la longueur et le diamètre du tube aciéré.

» On obtint les meilleurs résultats avec une sonde de 50 kilogrammes et des tubes de 22 à 23 millimètres de diamètre et de 20 centimètres de longueur.

On a fait, dans le courant de l'été dernier, plus de 1500 sondages, dont 300 environ ont fourni des échantillons faciles à déterminer et à classer. Ces sondages ne sont pas encore entièrement achevés, mais on croit pouvoir affirmer déjà que depuis la côte française jusqu'à 6 kilomètres de la côte anglaise, c'est-à-dire sur 26 kilomètres sur 34, il n'y a pas de faille ni de plissement de quelque importance en dehors de celui des Quenocs.

Nous terminons ici ce résumé rapide; les études du tunnel sous la Manche feront certainement de grands progrès pendant l'année 1876, et tout porte à croire que cette entreprise sera couronnée de succès.

Le *Bulletin* cherchera à tenir la Société au courant des travaux d'exploration qui seront sans doute poursuivis cette année, pendant la belle saison.

DES CONCOURS D'ARCHITECTURE

Il est à désirer, en vue du concours qui devra s'ouvrir prochainement pour le bâtiment du Tribunal fédéral, à Lausanne, que la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes s'occupe des po-

sitions de la Société zurichoise sur l'organisation des concours publics.

Nous reproduisons ici ces propositions, avec les observations de la Société neuchâteloise, publiées par le journal *die Eisenbahn* dans son numéro du 18 février dernier.

1. « Le jury doit être composé en majorité d'hommes spéciaux; il est désirable qu'il soit tenu compte des présentations faites à ce sujet par la réunion des architectes et ingénieurs de la localité. »

Nous proposons d'ajouter à la fin de l'article 1^{er} ces mots: «..... ou à défaut par la Société suisse des ingénieurs et des architectes, et qu'il soit bien spécifié que les concours d'architectes seront jugés par des architectes, et ceux d'ingénieurs par des ingénieurs, contrairement à ce qui se présente fréquemment. »

2. « Les noms des membres du jury doivent être indiqués dans le programme du concours. Ceux-ci doivent avoir accepté leur nomination et les conditions du concours, ainsi que le programme lui-même, avant sa publication.

» Les membres du jury doivent être au courant des circonstances locales, et si possible ne pas appartenir tous à la même école. »

Nous proposons le retranchement du 2^e alinéa et son remplacement par ces mots: « La majorité des membres du jury sera prise en dehors de la localité. Nous supposons en cela que les membres du jury sauront se mettre d'eux-mêmes au courant des circonstances locales. »

3. « L'acceptation des fonctions de membre du jury implique de droit le renoncement absolu à toute participation directe ou indirecte en qualité de concurrent. » — Adopté.

4. « Le programme ne doit pas exiger des concurrents plus de travail qu'il n'en est nécessaire à l'exposé suffisamment clair du projet de concours.

» L'échelle devra être exactement indiquée, en ayant soin de faire abstraction de celle qui exigerait un trop grand format. » — Adopté.

Nous pensons cependant que la seconde partie de cet alinéa pourrait être supprimée.

5. « Le programme devra indiquer catégoriquement si le point essentiel du concours doit être pour les concurrents de ne pas s'écarter du coût prévu; dans ce cas tout projet s'en écartant d'une manière sensible devra être mis hors concours. Autant que possible, il ne sera pas demandé de devis approximatif détaillé. L'évaluation du coût de chaque projet sera faite au mètre cube. »

Adopté, en intercalant dans le premier alinéa une disposition, demandant qu'en cas de programmes de cette catégorie il soit remis aux concurrents une série des prix principaux en usage dans la localité, et à la fin du second alinéa, qu'il soit indiqué une norme pour l'indication du cube, les usages n'étant pas les mêmes dans chaque localité. (A Neuchâtel les experts d'assurances prennent la hauteur du bâtiment depuis le sol extérieur jusqu'à la corniche seulement, quelques architectes cubent au mètre effectif.)

6. « La mise hors concours devra être prononcée de plein droit :

a) Pour chaque projet livré après l'ouverture de l'exposition;

b) Pour chaque projet s'écartant notablement du programme. » —

Adopté.

7. « Un concours publié ne pourra jamais être rapporté; la somme fixée pour primes devra toujours être distribuée en entier aux concurrents.

» Il est désirable que l'auteur du projet primé en premier rang soit chargé de son exécution, si elle a lieu d'après les dispositions générales de celui-ci. »

Adopté en ajoutant: « La répartition des sommes allouées pour primes sera laissée à l'appréciation du jury. »

8. « Tous les projets devront être publiquement exposés pendant quelques jours avant la réunion du jury. Il sera facultatif aux auteurs de projets non primés de les retirer aussitôt après que le jury aura prononcé son verdict, les autres projets devront rester exposés quelques jours encore. Le jury devra avoir terminé son travail deux à trois semaines au plus tard après la livraison des projets, son verdict sera rendu public ainsi que le lieu et l'heure de l'exposition. »

Adopté, sauf en ce qui concerne la première partie du second alinéa.

Nous comprenons parfaitement les motifs qui peuvent avoir dirigé nos collègues de Zurich dans cette circonstance, malgré cela nous préférons voir tous les projets rester exposés quelques jours après le verdict du jury, afin qu'il soit possible à tous de juger l'œuvre dans son ensemble.

9. « La somme des primes allouées doit être au moins équivalente aux honoraires que serait en droit d'exiger un architecte pour un travail analogue. »

C. A. R.