

# Le Simplon et la route des Indes

Autor(en): **Pellis, Edouard**

Objektyp: **Article**

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

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

Heft 1

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-3957>

## **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.

## BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

## DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 4 FOIS PAR AN

Prix de l'abonnement annuel : pour la SUISSE, 3 fr.; pour l'ÉTRANGER, 3 fr. 50 cent.

Pour les abonnements et la rédaction, s'adresser à M. Georges Bridel éditeur, place de la Louve, à Lausanne.

**Sommaire :** Cathédrale de Lausanne; note sur la flèche nouvelle (avec planche), par M. VIOLLET-LE-DUC. — Le Simplon et la route des Indes (avec planche), par M. ED. PELLIS, ingénieur. — Fondations tubulaires à l'air libre, par M. J. GAUDARD, ingénieur. — Le tunnel sous-marin de la Manche, par M. DE MOLIN, ingénieur. — Des concours d'architecture. (*Réd.*)

CATHÉDRALE DE LAUSANNE <sup>1</sup>

## NOTE SUR LA FLÈCHE NOUVELLE

par M. E. VIOLLET-LE-DUC.

La flèche en charpente qui jusqu'en 1875 surmontait la lanterne de la cathédrale de Lausanne, établie en 1825 après un incendie qui avait détruit l'ancienne flèche, s'élevait sur un massif octogone de maçonnerie qui reposait presque entièrement sur les voûtes. De plus, cette charpente elle-même reportait tout son poids sur ces voûtes ou sur les galeries intérieures, dans les parties faibles et non sur les points d'appui.

La lanterne elle-même avait été établie primitivement aux trois quarts en porte à faux sur les arcs doubleaux des voûtes du transept, c'est-à-dire que trois des murs de cette lanterne reposaient pour plus de moitié en dehors de la jouée externe de trois de ces arcs.

Il en était résulté, très anciennement, des lézardes profondes dans les maçonneries de cette lanterne, un bouclement prononcé des murs, un affaissement et un écartement général qui avaient nécessité le bouchement de la plupart des fenêtres et le placement de tirants de fer à diverses hauteurs.

La situation avait paru si alarmante, qu'il y a quelques années on avait cru ne trouver d'autre remède au mal que de démolir entièrement cette lanterne et sa flèche, pour reconstruire le tout dans des conditions convenables de stabilité.

Lorsque je fus appelé à Lausanne, en 1872, pour examiner la question, je reconnus que si les constructions de la lanterne présentaient un aspect peu rassurant, la stabilité des quatre points d'appui d'angle n'était pas cependant compromise et que le désordre ne s'était produit que dans les milieux. Qu'en soutenant ces milieux par des moyens énergiques et en reportant leur charge sur les quatre points d'appui, on pouvait se dispenser de démonter cette lanterne dont l'intérieur est si remarquable.

C'est pourquoi je proposai d'établir quatre arcs de décharge en sous-œuvre dans la hauteur des combles; arcs à courbure

très tendue, avec chaînage à la base et puissants sommiers dans les reins des voûtes, afin de soulager complètement les arcs doubleaux et les voûtes des nefs et d'arrêter tout affaissement ultérieur; puis de démolir la flèche en charpente et la maçonnerie qui la portait, afin de soulager la voûte de la lanterne poussant violemment au vide, et de remplacer cet ensemble par une nouvelle flèche en charpente dont toutes les pesanteurs seraient réparties sur les quatre points d'appui d'angles et sur les piles milieux des galeries, mais celles-ci soulagées par la combinaison de la charpenterie. C'est pourquoi l'octogone de la flèche actuelle dut présenter ses angles et non ses faces à l'aplomb des huit points d'appui.

Il fallait toutefois conserver l'aspect de la décoration externe de la base de cette flèche qui se compose d'une haute arcature avec quatre gâbles sur les milieux et quatre pinacles aux quatre angles.

Cette dernière partie de la restauration sera mise en place dès que la couverture de la flèche aura atteint les parties basses.

## LE SIMPLON ET LA ROUTE DES INDES

par Ed. PELLIS, ingénieur.

Le Simplon est à l'ordre du jour; il n'est donc peut-être pas superflu de rappeler les éléments essentiels et les principales données qui se rapportent à ce passage des Alpes.

Pour servir à la vue d'ensemble, nous joignons à cette notice une carte générale de la zone de communication créée par la nature entre l'océan Atlantique et la mer des Indes, à travers les déserts immenses de l'Arabie et de l'Afrique. Ce croquis a été obtenu en calquant un globe terrestre, procédé qui nous paraît préférable à l'emploi des mappemondes lorsqu'il s'agit de se rendre compte des positions relatives et de la grandeur des diverses parties d'une zone à peu près rectiligne et peu large.

On voit au premier abord que la mer Rouge forme un long canal presque rectiligne, dirigé sur le centre de l'Europe, sur Londres et Paris.

L'isthme de Suez, dont le percement a été mené à bien par l'illustre M. de Lesseps, prolonge la mer Rouge jusque dans la Méditerranée. A partir de ce point les courants commerciaux se divisent: le trafic maritime pour l'Angleterre fait un détour par Gibraltar, tandis que ceux de la France, de l'Italie et de l'Allemagne se dirigent sur Marseille, Gènes et Trieste.

<sup>1</sup> Voir la planche.

Au milieu de ces diverses voies il est facile de prévoir que la ligne de Brindisi à Paris, par terre ferme, jouera un rôle d'une importance extrême. Cette voie est sensiblement le prolongement rectiligne de la mer Rouge; elle unit Paris à l'Italie, l'Angleterre aux Indes, le centre de l'Europe à tous les pays d'Orient. Le tunnel sous-marin de la Manche est son prolongement naturel, et l'on évalue à un million le nombre de voyageurs qui transiteront annuellement entre les deux rives de la Manche, quand le tunnel sera percé.

Cette ligne de Brindisi à Paris absorbera tout le transport des voyageurs, même ceux d'Angleterre, car le voyageur trouve économie et agrément à la voie de terre; elle devra suffire en outre à un trafic énorme de Londres et de Paris avec la moitié du globe. Mais quel sera le tracé préféré entre Paris et Brindisi?

L'importance de cette dernière question est considérable, car le meilleur tracé écrasera les autres de sa concurrence et pourra toujours se construire avec avantage malgré l'existence de tous tracés antérieurs. La question est délicate à résoudre; elle comprend le passage du massif alpestre et la ligne la plus directe peut ne plus être la meilleure.

En effet, ainsi que l'a fait ressortir M. l'ingénieur des ponts et chaussées Vauthier, dans ses derniers travaux sur le Simplon, on ne peut comparer entre elles diverses lignes qu'après les avoir *majorées*, c'est-à-dire après avoir augmenté la longueur de chacune d'elles, d'une certaine longueur qui soit l'équivalent des obstacles de toute nature que la ligne oppose au trafic, tels que rampes à franchir, arrêts ou transbordements à subir, courbes à faibles rayons, etc., etc.

Ces calculs ont été faits par M. Vauthier pour le Simplon et nous ne pouvons les reproduire ici. Le dernier ouvrage de M. Vauthier (1875), ainsi que le travail de M. de Stockalper (1869) sur les avantages du Simplon, et les travaux de M. Lommel, doivent être connus de tous les ingénieurs.

Il ressort avec évidence de ces études minutieuses que, grâce à la moindre altitude de son point culminant, le tunnel du Simplon doit forcément l'emporter sur tous les autres passages des Alpes pour une large région qui comprend les deux tiers de la France avec Paris, la plus riche moitié de la Belgique, l'Angleterre tout entière, et même, quant au port de Gènes, Bâle et le bassin du Rhin. Il en résulte clairement, par exemple, ce fait singulier qu'un ballot de marchandises situé à Lucerne et destiné au port de Gènes pourra indifféremment passer par le Simplon ou par le Gothard. De même, depuis Soleure, par exemple, ou depuis Lunéville, on ira à Milan, Plaisance et Brindisi en passant par le Simplon et non par le Gothard.

A cause de sa moindre altitude, le Simplon desservira donc environ cinquante-six millions d'âmes dans leurs relations avec l'Orient et l'Italie. C'est à la conformation particulière du massif alpestre au Simplon, ainsi que l'a déjà indiqué M. Vauthier, qu'on doit de pouvoir percer le tunnel à une hauteur exceptionnellement faible. Aucun autre point du massif des Alpes n'offre cette particularité, et l'avantage qui en résulte est si grand, que le point culminant du trajet de Paris en Italie sera, non plus dans les Alpes, mais dans le Jura. En effet, le tunnel du Simplon sera percé probablement à environ 740 mètres au-dessus de la mer, c'est-à-dire à peu près à l'altitude de Vallorbes.

Le Saint-Gothard a son point culminant à l'altitude de 1162<sup>m</sup> 50; le mont Cenis est bien plus haut encore, à 1338<sup>m</sup> 45.

La longueur du tunnel du Simplon sera d'environ 18 kilomètres, à moins qu'on ne soit amené à l'allonger encore pour le placer plus bas. Le Gothard a 14920 mètres de longueur, et le mont Cenis 12220 mètres.

Les personnes auxquelles le bassin du Léman est familier pourront se rendre compte de ces hauteurs respectives, en plaçant l'altitude du tunnel du Simplon à 100 mètres environ plus haut que la partie supérieure du village de Chardonne, tandis que le Gothard monte à près de 100 mètres plus haut que le sommet du mont Pélerin<sup>1</sup>. Quant au mont Cenis, il est dans la région des nuages, et nous croyons qu'il ne faut pas chercher ailleurs la cause principale du peu de succès de ce passage, et de la nécessité pour la France de ne pas s'en contenter.

La ligne du Simplon, reliant le lac Léman avec le lac Majeur, est située dans les plus belles régions de l'Europe. L'ensemble de la grande artère, de Londres à Ceylan, offre un développement d'environ 10000 kilomètres, avec les climats les plus variés et les flores les plus splendides. Le trajet complet se fera en cinq ou six semaines, avec une vitesse modérée et des arrêts suffisants pour éviter la fatigue. On trouvera constamment la belle saison sur un point ou sur l'autre de cette ligne, et l'on pourra sans en sortir, par des déplacements lents, y jouir d'un été perpétuel et de la température désirée. Aux avantages de toute sorte que procure, aux hommes actifs et entreprenants, le passage continu d'un grand courant commercial, viendra se joindre, pour ceux qui sont condamnés à l'oisiveté ou qui ont besoin de distraction, l'attrait d'un mouvement immense et d'une grande variété. Cette ligne unique réunira ce que le monde présente de plus grand: l'Angleterre avec son activité industrielle et commerciale; Paris et la France du Nord; la Suisse et l'Italie avec leurs lacs, leurs montagnes et leurs antiques souvenirs; le bassin oriental de la Méditerranée, pays des oliviers et des palmiers, avec les terres classiques, Rome, Athènes et Jérusalem, le pays des Pharaons et les pyramides, puis la mer Rouge et l'océan équatorial avec l'empire des Indes. Au delà, le Japon, la Chine, la Sonde, l'Australie et les archipels de corail. Il n'est pas besoin d'une grande imagination pour prévoir l'avenir d'une zone pareille, tracée sur le globe terrestre en ligne droite, ou plutôt suivant l'arc d'un grand cercle, de 6000 kilomètres de longueur, entre Londres et le détroit de Bab-el-Mandeb, desservie par les moyens de transport les plus fréquents et les plus rapides, et offrant toutes les ressources de la civilisation et du confort.

Le trajet de Rome à Bombay demande dix-huit jours environ.

Sur une échelle réduite, le tronçon de Paris à Brindisi présentera un résumé de la ligne entière et de ses avantages.

De toute cette ligne, il ne reste à exécuter que les tunnels de la Manche et du Simplon. Les Anglais, par leur récente acqui-

<sup>1</sup> Il résulte de renseignements recueillis par M. l'ingénieur cantonal Gonin auprès de M. Chaudet, chef du bureau topographique vaudois, que le point culminant du mont Pélerin est à la cote 1086 mètres. Il n'est donc pas à 1077 mètres, comme l'indique la carte cantonale, et encore moins à 1216 mètres, ainsi que l'indiquent la carte fédérale et toutes les reproductions de celle-ci.



Seite / page

2(3)

leer / vide /  
blank

sition d'actions du canal du Suez, laissent espérer une transformation complète de leur attitude jusqu'ici peu bienveillante pour cette belle entreprise; on peut s'attendre à leur voir prendre l'initiative prochaine de l'élargissement et du recouvrement du canal. Le tunnel sous-marin de la Manche pourra bientôt être rangé au nombre des faits accomplis. Le Simplon seul reste en retard. Est-ce à dire qu'il y ait eu jusqu'ici du temps perdu? Nous ne le croyons pas, car si ce tunnel était fait à l'heure qu'il est, il serait probablement percé trop haut et l'entreprise serait manquée. Ce n'est que hier qu'on a osé proposer de le mettre à l'altitude qui en fait le mérite et de lui donner une longueur si grande; peut-être même les études définitives aboutiront-elles à un tunnel de 20 kilomètres. Le mont Cenis a rendu possible le Gothard, et l'expérience du Gothard, à son tour, va permettre de créer le Simplon tel qu'il doit être pour qu'aucune concurrence nouvelle ne soit possible, grâce à la topographie du massif des Alpes.

Le Simplon d'ailleurs a des accès faciles. Tout au plus, du côté italien, pourra-t-il s'établir, lors de la rédaction des études définitives, une lutte intéressante entre la pente de 15 et celle de 20 pour mille. Il en est tout autrement du Gothard, auquel l'avenir réserve peut-être de cruelles désillusions sur le chapitre des frais de construction, et cela surtout pour les abords.

Le coût de la section de Brigue à Domo-d'Ossola avec le tunnel peut être évalué à 80 millions, non compris les intérêts pendant la construction. Cette somme est minime en regard des avantages que la France et l'Angleterre retireront de cette voie.

La compagnie actuelle du chemin de fer du Simplon, dont le siège est à Lausanne, est fondée au capital-actions de 4 millions, pouvant être augmenté par l'émission de nouvelles actions. Nous lisons dans ses statuts qu'elle a pour objet :

- a) Le parachèvement et l'exploitation du chemin de fer Bouveret-Saint-Maurice-Martigny-Sion-Sierre;
- b) La construction et l'exploitation du tronçon Bouveret-Saint-Gingolph;
- c) La construction et l'exploitation du tronçon Sierre-Loèche;
- d) La construction et l'exploitation du tronçon Loèche-Viège;
- e) L'étude du percement d'un tunnel entre Brigue et la frontière italienne par le Simplon; la construction et l'exploitation du tronçon Viège-Brigue-frontière italienne.

A cet effet la compagnie est au bénéfice d'une concession sur territoire suisse; elle aura sans doute à en obtenir une sur territoire italien. Cette compagnie vient de charger M. l'ingénieur Lommel d'organiser le plan des études définitives du grand tunnel.

Un capital de 8 millions, dont la moitié est déjà souscrite, suffira à cette société pour construire le chemin de fer jusqu'à Viège, conformément à son cahier des charges, pour faire les études du grand tunnel et même pour construire la section Viège-Brigue.

Tout porte à croire que cette compagnie dispose aujourd'hui des forces nécessaires pour grouper les intérêts divers qui se rattachent au Simplon et leur servir de centre de ralliement. La somme de 80 millions, pour la section Brigue-Domo, ne nous paraît pas difficile à réunir. Nous en voyons déjà la moitié dans une subvention de 5 millions, promise, croyons-nous, par la compagnie de la Suisse Occidentale, et dans un subside très modéré de 5 millions par an pendant 7 ans, qu'on peut espérer

du gouvernement français. Ces subsides ne réclamant pas de services d'intérêts, il n'y aurait pas lieu de prévoir une forte somme pour les intérêts pendant la construction, et cet article pourra peut-être disparaître entièrement du budget de l'entreprise.

Pour l'autre moitié, on a, d'une part, les subventions à espérer de l'Angleterre, des cantons suisses et des provinces italiennes, et d'autre part un capital-actions de 30 millions à créer. Un produit net de plus de 3 millions par an peut être attendu comme minimum (avec tarif spécial de majoration).

L'avancement du Gothard a été de 2429 mètres pendant l'année 1875. En tenant compte des nouveaux perfectionnements qu'on réalise chaque jour, il est permis d'espérer que le Simplon, comme le Gothard, sera terminé en huit ans, alors même que le premier doit avoir 3 ou 4 kilomètres de longueur de plus que le second.

La distance qui séparera ces deux tunnels n'est que de trois fois la longueur du tunnel du Simplon; ces deux ouvrages d'art seront donc très voisins l'un de l'autre dans le massif des Alpes.

Les roches dans lesquelles ils seront percés paraissent devoir présenter une grande analogie, et sur ce point l'imprévu ne saurait plus jouer qu'un rôle secondaire.

Il n'est pas inutile d'insister sur le chapitre des frais. En présence des graves difficultés qui ont surgi dernièrement au sujet du Gothard, dont le devis primitif, inférieur à 200 millions, atteint maintenant près de 300 millions et place cette compagnie dans une position critique; en présence du grand nombre de compagnies aujourd'hui gravement maltraitées en Suisse, on ne trouvera pas d'actionnaires si on ne leur présente des avantages importants, des études bien faites et des conditions définissant clairement leurs droits et leur assurant une protection efficace. Mais l'exemple du Gothard se tourne en faveur du Simplon lorsqu'on examine les faits avec soin. Ce n'est point en effet sur le grand tunnel que porte l'excès de dépense, ce travail, au contraire, peut être évalué aujourd'hui au mètre courant avec plus de précision que bien d'autres natures d'ouvrage. L'excès de dépenses du Gothard porte sur le reste du réseau, sur les abords, sur ces lignes dont le développement dépasse 200 kilomètres dans des régions alpestres et sauvages, avec une voie tourmentée, difficile, tournant parfois en hélice sur elle-même ou serpentant au rebours de son but. Le Simplon ne présente rien de pareil; ses abords se réduisent à 20 kilomètres devisés à un million par kilomètre, c'est-à-dire à un prix bien supérieur à celui qui figurait au devis des abords du Gothard.

Nous passons sous silence la section de Domo-d'Ossola à Arona, dont l'exécution spontanée est assurée sans subvention, une fois le tunnel du Simplon commencé.

Si maintenant, au lieu de calculer isolément le rendement de la section de Brigue à Domo, nous y joignons la section de Brigue à Saint-Maurice, nous arriverions à des résultats bien plus favorables encore, puisque la dépense ne serait accrue que de 8 millions, soit 88 millions au lieu de 80, et qu'en échange le produit net serait accru d'environ 3 millions (produit de 90 kilomètres à 35 000 fr. net par kilomètre).

Il y a là les éléments d'une solution très prochaine de la question du Simplon. Nous désirons cependant indiquer un point que nous croyons essentiel, aussi bien pour la dignité

de la Suisse que dans l'intérêt même des actionnaires : c'est que toutes les subventions accordées au Simplon le soient contre remise pure et simple d'actions de seconde classe. Ces actions ne partageraient avec celles de première classe que pour les sommes excédant un dividende de quinze pour cent réservé à celles-ci à titre de priorité. L'action de première classe jouirait aussi d'une certaine priorité dans les votes de l'assemblée générale des actionnaires.

En adoptant les chiffres indiqués plus haut, on arrive pour la section de Saint-Maurice à Domo à une dépense totale de 88 millions de francs avec un rendement net de début de 6 millions de francs. Le quinze pour cent de priorité sur 38 millions en actions de première classe absorberait 5 700 000 fr. ; il resterait donc, dès la première année, quelque chose à répartir à l'ensemble des actions des deux classes.

La perspective d'un dividende de 15 pour cent n'est pas de trop dans l'état actuel de nos compagnies de chemins de fer, et pour des titres qui auront dû verser certaines sommes sans intérêt pendant la construction.

## FONDATEMENTS TUBULAIRES A L'AIR LIBRE

par M. J. GAUDARD, ingénieur <sup>1</sup>.

On parle beaucoup des fondations pneumatiques, et, certes, nous n'irons pas en contester le mérite. Depuis le procédé d'enfoncement par le vide du docteur Potts jusqu'au creusement sous l'air comprimé, inauguré par M. Triger aux houillères de Chalonnnes et par M. Hughes au pont de Rochester ; depuis l'emploi des hautes colonnes de fonte jusqu'au système des caissons perforateurs de Kehl, avec maçonnerie superposée et puits spécial de draguage à l'air libre ; de là, enfin, au tuyau suceur de sable de M. Eads et au gigantesque caisson en bois de Brooklyn, que de nombreux et féconds perfectionnements ! Mais enfin, dans les fondations tubulaires, l'emploi si coûteux de l'air comprimé est-il toujours indispensable ? Il ne le serait, semble-t-il, qu'assez rarement aux yeux des Anglais qui, soit dans leur vaste empire des Indes, soit dans leur propre pays, n'emploient guère que les systèmes de fonçage à l'air libre.

Le sol est-il étanche, comme c'est le cas de l'argile de la Tamise, le tube alors n'est autre chose qu'un batardeau, dans lequel on épuise et l'on bâtit à sec. Tout au plus une phase de draguage préparatoire est-elle nécessaire pour enlever le limon ou la couche sableuse superficielle, et encasterner le tube dans l'argile jusqu'à jointure suffisamment hermétique. Rien de mieux qu'un tel procédé, lorsque le terrain s'y prête ; on a raison sans peine des obstacles accidentels, on visite et dérase avec soin l'assiette de fondation ; enfin, la maçonnerie de remplissage n'a pas besoin d'être du béton ; elle se fera, si l'on y tient, en assises réglées.

Le pionnier dans cette voie a été M. Redman. C'est lui qui, à Gravesend, en 1842-1845, a imaginé ces piliers de ponts en colonnes de fonte si fréquemment imités dès lors. Malgré la présence d'une couche de sable sous le limon du fleuve, il put épuiser et travailler à sec à l'intérieur du cuvelage métallique.

A Londres surtout, le terrain est favorable. Les grands ponts-

<sup>1</sup> La plupart des informations de cette note sont tirées de divers mémoires de l'*Institution of civil Engineers*.

rails métalliques de Charing Cross et de Cannon Street ont été fondés par tubes-batardeaux constituant les piles elles-mêmes, ou plutôt leur enveloppe. A Charing Cross, on eut recours au scaphandre dans la période préparatoire, puis l'approfondissement fut poussé à sec jusqu'à 19<sup>m</sup> sous les hautes eaux, pour les piles centrales. Des chargements moyens de 150 tonnes devaient être appliqués pour forcer la descente. Le pilier terminé, avec son remplissage de béton, briques et granit, était encore soumis à des surcharges de 400, et occasionnellement de 700 tonnes, en vue de provoquer le tassement complet, lequel s'éleva au taux moyen de 0<sup>m</sup>07. Ce n'est qu'avec toutes précautions qu'on pouvait appliquer de pareilles masses en rails empilés. Remplissage compris, le prix du mètre courant de pilier, de 4<sup>m</sup>27 de diamètre à la base et 3<sup>m</sup> à la partie supérieure, fut de 1800 fr. Des cylindres plus petits (diamètre 3<sup>m</sup>00 et 1<sup>m</sup>80), sous la travée-éventail de la cabine aux signaux, revinrent à un millier de francs le mètre.

A Cannon Street, le diamètre inférieur s'élevait à 5<sup>m</sup>50 et les tambours étaient fondus en neuf segments ; épaisseur, 38<sup>mm</sup> au-dessous du sol, 50 au-dessus. Ici, pour l'enracinement préalable, on employa des dragues à poche.

Enfin, les piles en pierre de Victoria et de Blackfriars ont encore été fondées par des procédés semblables : les premières, à l'aide de grands cylindres de base en fonte et en fer ; les dernières, au moyen de caissons rectangulaires en tôle.

Les tubes-batardeaux seront-ils donc toujours en métal ? Il n'y a pas de raison pour que la maçonnerie ne soit admissible, à moins que l'excès de profondeur d'eau ne rende trop difficile la manœuvre d'échouage. C'est en brique, avec cercle et tirants de fer, que Brunel exécuta les grands puits d'accès du tunnel sous la Tamise.

On remarquera à ce propos que le mode de percement du second tunnel, celui de Pierre Barlow, présente d'assez étroites analogies avec le fonçage des tubes-batardeaux. La différence, c'est qu'on marche horizontalement ; qu'aux surchargements de descente se substitue la poussée des vérins ; que, dans de telles conditions, le blindage doit bien être métallique, puisque l'alourdir ne serait plus un moyen de faciliter l'avancement, mais au contraire de l'entraver ; qu'enfin, une annexe ou difficulté nouvelle s'introduit : le bouclier de front.

Voilà pour le sol étanche. En cas de terrain perméable, mais susceptible d'être dragué, il y a le fonçage à l'air libre et sous l'eau : système à la fois des plus nouveaux, grâce à des appareils récents et ingénieux ; et des plus anciens, puisqu'il n'est autre, en principe, que celui des puits indiens connus depuis des siècles.

Quoi de plus simple et de mieux avisé ? Au lieu de s'évertuer à blinder une fouille profonde dans la vase, à grand renfort de boisages coûteux, encombrants, sujets à s'effondrer sous les poussées, prendre pour armature blindante ; d'une résistance à toute épreuve et qui laisse tout le trou libre, le cuvelage même qui fera pilier de support, une fois parvenu à profondeur : telle est l'idée. Le vide d'ailleurs se remplit ensuite, selon les cas, en béton, pierrailles, ou même simplement avec le sable de la rivière, après avoir coulé un bouchon de fond en béton, ainsi qu'on l'a fait dans les travaux récents de la Clyde. Pour soutenir enfin sur des files de tubes isolés une superstructure continue, on a recours à des voûtes de décharge, à des radiers de pierres sèches, ou à des linteaux de pierre ou de fer.