

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 1 (1875)
Heft: 3

Artikel: Notice sur les travaux du tunnel de Montbenon à Lausanne
Autor: Cuénod, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-2218>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

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

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 4 FOIS PAR AN

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

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

Sommaire : Notice sur les travaux du tunnel de Montbenon, à Lausanne, par M. E. CUÉNOT, ingénieur (avec planches). — Ripage du pont de Brugg, sur la Thièle, par M. CHAPPUIS, ingénieur (avec planches). — Note sur la ligne transversale de Fribourg à Payerne et à Yverdon, par M. MEYER, ingénieur. — Exposition internationale de Philadelphie. — Bibliographie.

NOTICE

SUR LES TRAVAUX DU TUNNEL DE MONTBENON

A LAUSANNE,

par M. E. CUÉNOT,

ingénieur en chef du chemin de fer Lausanne-Ouchy.

Le tunnel actuellement en construction sous la colline de Montbenon, se trouvant en quelque sorte au sein de la ville de Lausanne, attire naturellement, plus que beaucoup d'ouvrages semblables exécutés en pays montagneux et déserts, l'attention du public.

A ce fait viennent s'ajouter deux conditions exceptionnelles, savoir :

1° Sa largeur, qui est de 9^m00 et qui dépasse ainsi de 0^m80 à 1^m20 la largeur de la plupart des tunnels à deux voies.

2° Sa pente de 116 ‰, qui n'est dépassée que par celles des tunnels du chemin de fer de la Croix-Rousse, à Lyon — beaucoup plus courts, il est vrai, — et du chemin de fer du Righi.

La forte pente de la voie nécessite pour l'exécution de la voûte un mode spécial de construction, sur lequel nous reviendrons plus loin.

Mentionnons encore, avant d'entrer dans le détail de construction, la nature du terrain traversé. La colline de Montbenon est, on le sait, comme toutes celles de cette zone, une moraine latérale du glacier du Rhône. La tranchée du Languedoc, celle à l'aval de la Vuachère, celle qui a fourni la balastière de Cully, l'indiquent suffisamment par les matériaux qu'elles fournissent. A Montbenon, le sous-sol est évidemment molassique. Les affleurements de molasse au Pas des Anes et au chemin de la Mine, de même que les couches atteintes dans le bas de la galerie, le prouvent clairement. Mais ce terrain molassique ou miocène est recouvert d'une puissante couche d'argile glaciaire, dure à la pioche, mais se délayant au contact de l'air et de l'eau. Sur cette couche repose du sable de diverses grosseurs, mais principalement du sablon sec.

La disposition du profil en long du tunnel n'a permis d'atteindre les bancs molassiques que dans sa partie inférieure près de la gare. Sur tout son parcours, la majeure partie de sa section doit être excavée dans l'argile glaciaire compacte, tandis que, à partir des reins de la voûte, on est en général dans le sable. Des blocs erratiques granitiques de diverses grosseurs se rencontrent principalement dans le massif argileux.

La longueur du tunnel de Montbenon est de 253^m entre ses deux têtes, et son orientation est à peu près exactement du nord au sud. Il est formé de 100 anneaux horizontaux sur 2^m50 de longueur, disposés en gradins pour racheter la pente de 116 ‰.

Avant d'aborder les détails relatifs à l'exécution de ce tunnel, qu'il nous soit permis d'esquisser ici en quelques mots les quatre procédés en usage pour la construction des souterrains de chemins de fer, savoir les systèmes anglais, belge ou français, allemand et autrichien.

Ils se caractérisent essentiellement par la marche adoptée pour les trois opérations que comprennent ces travaux : l'excavation, les boisages et les maçonneries.

Pour l'EXCAVATION, on pratique d'abord une galerie, dite d'attaque ou d'avancement, pour enlever, à partir de cette galerie, et d'après divers procédés, le massif intérieur du profil.

Dans le système anglais, la galerie d'attaque se fait dans l'axe, au niveau des fondations des piédroits, et l'on enlève le massif par des attaques échelonnées, s'élevant, sous forme de cheminées, depuis la galerie de fond, et servant à excaver la section entière sur un tronçon d'une certaine longueur.

Dans le système belge, on pratique au contraire, en premier lieu, une galerie de faite, de laquelle partent les excavations latérales de la calotte d'abord, puis celles que nécessite l'enlèvement du strosse. Dans ce procédé, on creuse en descendant et non plus en excavant au-dessus de soi.

Le système allemand revient aux galeries de fond, mais, au lieu d'en avoir une centrale dans l'axe du tunnel, on en fait deux le long des piédroits, que l'on exhausse ensuite pour atteindre les reins de la voûte. Une galerie de faite se pratique ensuite au-dessus du strosse, qui reste comme massif central et ne s'enlève qu'en dernier lieu.

Le système autrichien, enfin, combine la galerie de faite avec la galerie de fond, en faisant l'avancement avec la première et la faisant suivre de la seconde qui constitue dans l'axe du tunnel une cunette, partageant le strosse en deux moitiés qui s'excavent ensuite latéralement pour la reprise des piédroits.

Au point de vue du BOISAGE, la distinction consiste en ce

que les systèmes anglais et allemand emploient, pour soutenir le plafond de l'excavation, des longrines disposées parallèlement à l'axe du tunnel en quelque sorte comme les pannes d'un toit, de manière à ce que l'intérieur de l'abattage reste libre; tandis que les systèmes belge et autrichien ont ce qu'on appelle le boisage en éventail, formées de fermes rapprochées, plus gênantes pour les maçons que celles du précédent système.

Enfin, quant aux MAÇONNERIES, les deux grandes différences consistent en ce que les uns, anglais et allemands, commencent les revêtements par les piédroits, pour élever la voûte dessus, comme dans les ouvrages à ciel ouvert, tandis que les belges et les autrichiens commencent par la calotte, se mettant au plus vite à l'abri sous le revêtement solide de la voûte et ne laissant le terrain du plafond sur boisage que le moins de temps possible; après quoi l'on reprend les piédroits en sous-œuvre.

Les uns et les autres de ces systèmes ont leurs avantages et leurs inconvénients, et comme toute chose humaine, ne sauraient être préconisés à l'exclusion des autres. Chaque construction particulière présente des conditions spéciales qui commandent le choix de l'un des procédés décrits ci-dessus de préférence aux autres, ou bien aussi la combinaison de deux systèmes afin d'en réunir les avantages.

Au tunnel de Montbenon, c'est le système anglais qui a été adopté au point de vue de la galerie d'attaque. Celle-ci ayant dû être établie dans le fond afin de servir d'assainissement à tout le massif supérieur, il a fallu faire le battage au large en s'élevant au-dessus de la galerie par des cheminées (en allemand *Aufbrüche*) atteignant le sommet de la voûte et servant de points de départ à la galerie de faite et aux abattages successifs.

Mais, au point de vue de l'exécution des maçonneries, c'est le système belge que nous employons, car la calotte se fait la première et les piédroits en dernier lieu. Le strosse s'abattra après l'exécution de l'un des côtés des piédroits, celui le plus rapproché de la galerie d'attaque, et le reste pour la reprise du piédroit occidental.

Avant d'entrer plus avant dans la description de la marche des travaux à leurs divers degrés d'avancement, il est nécessaire de mentionner ici les deux particularités du tunnel de Montbenon, lesquelles résultent des conditions spéciales du projet.

1° Le fait que la galerie de fond n'est pas comme dans le système normal anglais ou autrichien dans l'axe du tunnel, mais à 1^m65 à l'orient de celui-ci, soit de la galerie de faite, laquelle ne lui est ainsi pas directement superposée. Ce fait résulte de ce que la galerie d'attaque a dû être établie en même temps comme galerie de direction dans l'axe de la ligne Lausanne-Ouchy, ligne formant bien l'axe du tunnel sous la gare, mais non de celui de Montbenon. Celui-ci a une voie de plus que l'autre, largeur qui est naturellement prise en entier d'un seul côté de l'axe. C'est ce qui explique le manque de coïncidence que l'on remarque entre les deux galeries superposées précédemment visibles à la tête nord du tunnel.

2° Le système jusqu'à ce jour inusité de construire le revêtement en maçonnerie par anneaux s'échelonnant en gradins horizontaux et simplement juxtaposés, c'est-à-dire n'ayant pas de liaison entre eux. Ces anneaux ont 2^m50 de longueur. Les gradins ont été nécessités par la forte pente du tunnel, où l'on a voulu éviter les difficultés d'appareillage des assises, suivant une aussi forte inclinaison. Avec des tronçons successifs de 2^m50

de longueur, la différence de niveau à chaque gradin est de 29 centimètres, de sorte que la saillie des gradins est de moins de la moitié de l'épaisseur de la voûte à la clef.

Une plus grande longueur d'anneaux aurait trop découvert la clef de chaque voûte.

Une moindre longueur eût formé des abattages trop courts, c'est-à-dire trop gênants pour les travaux d'excavation, de boisage et de maçonnerie.

Ceci étant expliqué, on comprendra que les dimensions et la marche de nos abattages étaient déterminés.

Après avoir divisé la longueur du tunnel à partir de la tête en tronçons de 2^m,50, on a choisi deux points situés sous le sommet de la colline, là où le massif de terre est le plus fort, et l'on y a commencé les premiers abattages en s'élevant par des puits-cheminées (*Aufbrüche*) partant de la galerie d'attaque jusqu'à la faite de la voûte. Ensuite on s'est élargi dans les deux sens, d'abord en poussant une galerie de faite dans le sens de la longueur de l'anneau pris comme point de départ, ensuite en excavant la place nécessaire à la construction de la voûte ou calotte.

Une fois un premier anneau exécuté d'après une marche que nous allons exposer plus en détail, on pousse la galerie de faite en avant, soit vers l'amont, soit vers l'aval, pour un deuxième anneau venant s'accoler contre le premier.

Pendant que l'on maçonne la voûte d'un anneau, on fait l'abattage du second situé à l'amont, et quand les maçons succèdent aux mineurs à ce second abattage, ceux-ci vont attaquer le troisième anneau de l'autre côté de l'anneau de départ. Les anneaux se succèdent ainsi et s'ajoutent les uns aux autres en s'accolant de gradin en gradin.

En en faisant autant dans l'autre abattage, on a fini par opérer la jonction des deux portions de voûte. Mais déjà avant cette jonction, une fois un certain nombre d'anneaux décentrés, on a pu commencer la reprise en sous-œuvre des piédroits les plus immédiatement rapprochés de la galerie d'attaque.

C'est ainsi que les points attaqués se multiplient par l'exécution simultanée des calottes et piédroits et procurent peu à peu dans l'intérieur du tunnel des chantiers plus spacieux.

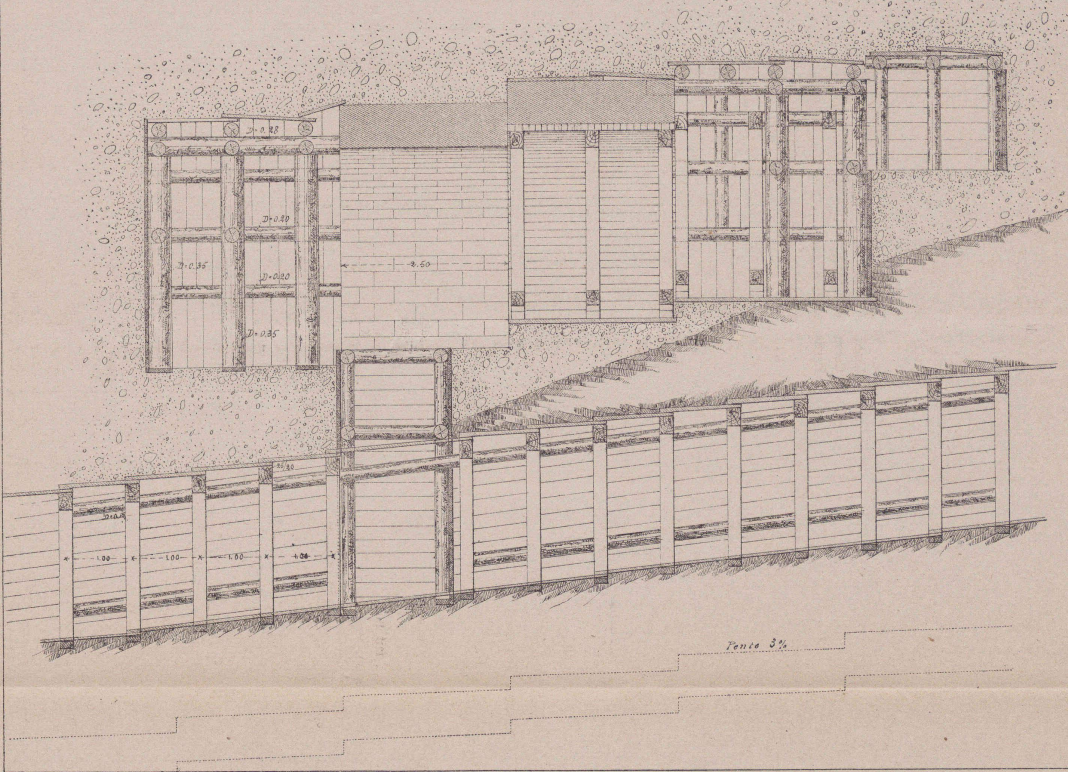
Donnons maintenant la description plus explicite de la marche des opérations comme espèce de légende explicative de la planche que nous joignons à cette notice pour faire voir les différents états d'avancement qui se succèdent dans le tunnel.

La cheminée partant de la galerie d'attaque, soit à 1^m65 à l'occident de celle-ci, s'élève verticalement jusqu'au sommet de la voûte à exécuter. Ceci fait, l'on place à la hauteur voulue, en arrière de l'une des parois de la cheminée transversale à l'axe, un premier chevalement formé de deux forts étais, soit contrefiches, inclinés l'un contre l'autre comme les poteaux ou montants d'un cadre de galerie, de manière que la partie supérieure du chevalement, consolidée environ à mi-hauteur par une traverse en bois rond, forme le cadre de la galerie de faite de l'abattage à exécuter. Le chapeau réunissant ces deux étais par le haut sert à supporter les madriers de coffrage du plafond. C'est là le commencement de la ferme en-éventail destinée à supporter une partie de cet abattage. La galerie de faite se pousse en avant pour poser à 1^m25 plus loin un second chevalement, puis un troisième à même distance. Ceci fait, l'on s'élargit à droite et à gauche en déblayant d'abord par le haut et faisant suivre au coffrage du plafond la forme de l'extrados de la voûte.

TUNNEL DE MONTBENON

dessin d'exécution de la calotte.

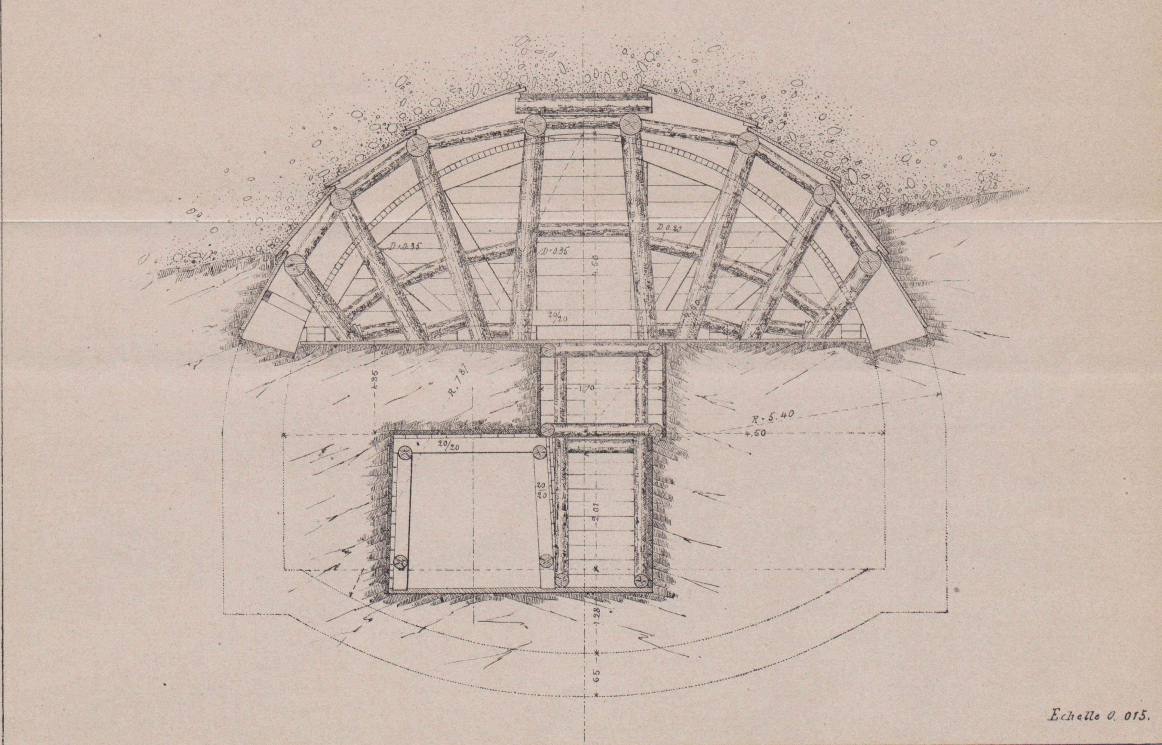
COUPE LONGITUDINALE



TUNNEL DE MONTBENON

dessin d'exécution de la calotte.

COUPE TRANSVERSALE



Echelle 0.015.

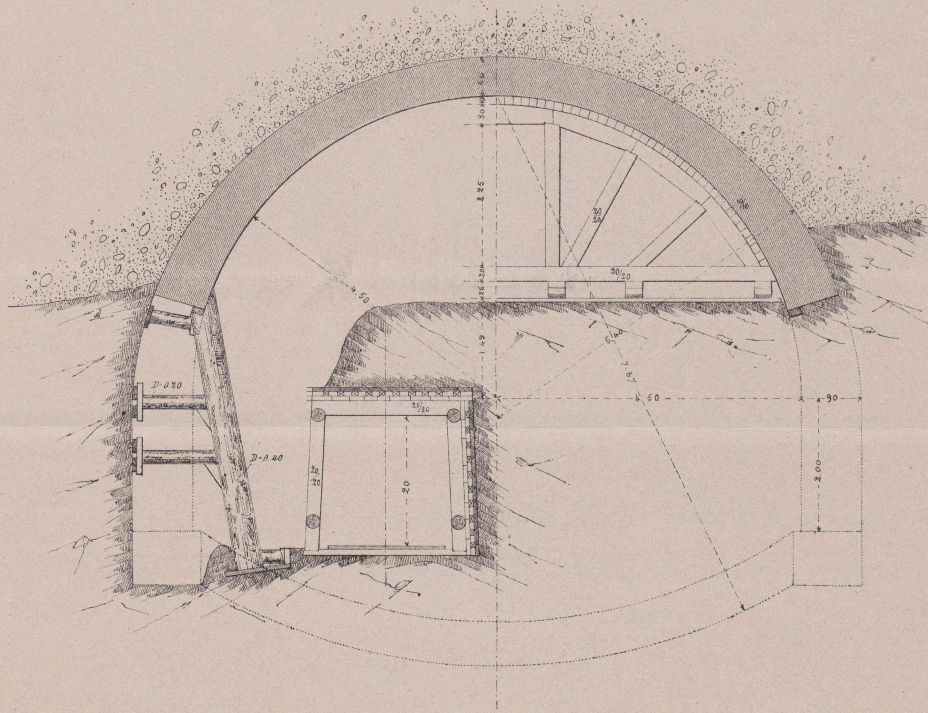
TUNNEL DE MONTBENON
dessin d'exécution de la reprise des piédroits

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES

SEPTEMBRE 1875

PLANCHE N° 3.

COUPE TRANSVERSALE



Echelle 0.015.

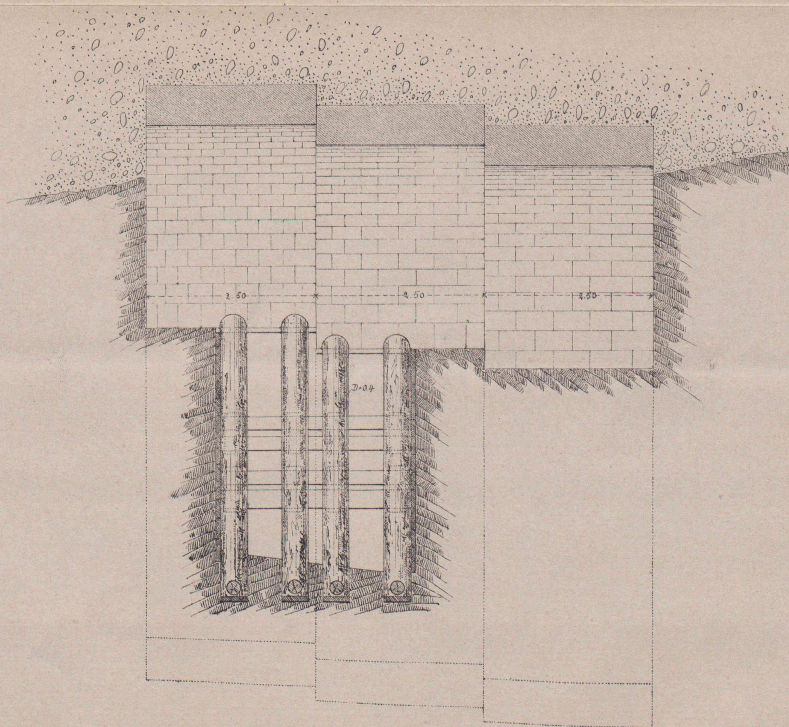
TUNNEL DE MONTBENON
dessin d'exécution de la reprise des piédroits

BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES

SEPTEMBRE 1875

PLANCHE N° 4.

COUPE LONGITUDINALE



Echelle 0.015.

Ce coffrage s'appuie sur les bois disposés en guise de pannes de l'un à l'autre des étais en éventail placés vis-à-vis d'une ferme à l'autre. Le pied des étais repose sur de fortes semelles, et au milieu ces contrefiches sont entretoisées par des bois ronds de moindre dimension.

Avec les deux contrefiches du chevalement, il y a en tout dix étais par éventail. Sur la longueur d'un anneau on a trois fermes de contrefiches.

Lorsque l'excavation a atteint la naissance de la voûte, on procède à la pose des cintres. Mais auparavant il faut bien s'assurer que le coffrage est soigneusement fait et qu'il ne se forme pas de poches derrière les madriers, ce qui arrive facilement dans le sablon où pénètre la calotte du tunnel. Dans ce cas, on bourre avec de la paille ou du foin, et si les poches sont formées, on les garnit d'un blocage à pierre sèche.

Avant la pose des cintres, on place sur le sol, exactement à la hauteur et dans la direction de la première assise de la voûte, une forte semelle en bois dur destinée à supporter l'assise de parement à la reprise des piédroits et à reposer sur les contrefiches de la dite reprise.

Nous ferons remarquer qu'au tunnel de Montbenon, où les naissances sont très bas, soit à 4^m50 sous la clef, on n'a pas commencé la calotte aux naissances, mais à 1^m20 plus haut, laissant cette partie inférieure de la voûte à faire en même temps que les piédroits. Le poids de la calotte et la difficulté d'exécution des boisages et des cintres ont été ainsi notablement diminués. Remarquons en outre que l'assise de départ ayant son plan de joint dirigé suivant le rayon, la poussée de la voûte reporte la pression contre l'extrados et non contre les bords du pilier de terre qui restera sous la retombée de la voûte au moment de la reprise.

L'abatage étant prêt, on y pose les cintres en trois fermes accolées contre les fermes du boisage en éventail, de manière à laisser un passage suffisant aux ouvriers et aux matériaux pour la construction de la voûte.

Les cintres sont disposés, non pas, comme d'ordinaire, avec un poinçon au milieu, mais au contraire avec un espace libre au milieu, de manière à former un cadre pour la galerie de faite qu'il faut toujours se ménager dans les abatages.

Les maçons commencent leur ouvrage de suite après la pose des cintres en plaçant les couchis nécessaires au premier rang de moellons, puis au second et ainsi de suite, en reculant de chaque côté vers la clef, à mesure que la maçonnerie avance vers le milieu, jusqu'à ce qu'il ne reste plus qu'environ 1^m de distance entre les derniers couchis. Ceux-ci sont munis de coulisseaux ou d'une saillie pour supporter les petits couchis transversaux qui supportent les assises voisines de la clef, dont les moellons se placent depuis le devant et non pas depuis le dessus de l'anneau de voûte.

Telle est la marche suivie pour chaque tronçon, et cela sur autant de points qu'il y a d'abatages.

La construction par gradins donne une grande régularité à la marche du travail. Chaque anneau exige quatre jours pour l'abatage et trois jours pour l'exécution de la calotte.

Disons, pour terminer, que les épaisseurs de maçonnerie varient de 0^m65 à la clef à 0^m90 aux naissances, épaisseur admise aussi pour les piédroits. Ceux-ci sont verticaux. Ils n'ont que 1^m60 de haut et reposent sur une fondation en béton de 0^m80 d'épaisseur. La hauteur sous clef jusqu'aux rails est

donc, vu les 4^m80 de rayon, de 6^m10 en tout. Mais, en prévision des tassements qui peuvent survenir à la reprise en sous-œuvre, on a soin de tenir les cintres toujours à environ 10 centimètres plus haut que la cote donnée par le profil en long.

RIPAGE DU PONT DE BRÜGG, SUR LA THIÈLE

par J. CHAPPUIS, ingénieur.

L'opération de mise en place du nouveau pont métallique du chemin de fer à Brügg, sur la Thièle inférieure, a présenté des circonstances toutes particulières dont nous allons rendre compte. L'ensemble des installations et opérations a été conçu et conduit par M. G. Bridel, ancien ingénieur en chef de la correction des Eaux du Jura, actuellement ingénieur en chef des chemins de fer du Jura Bernois.

On sait qu'avant d'amener les eaux de l'Aar dans le lac de Bienne, pour la correction des eaux du Jura, une préparation préalable du débouché de ce lac était nécessaire, et qu'elle a consisté à élargir et à rectifier le cours de la Thièle inférieure (canal Nidau-Büren). C'est ainsi qu'à Brügg, la rivière qui auparavant coulait sous un pont AB de 60 mètres en deux travées (fig. 1, planche 1), devait être déplacée en BC et occuper dans cette nouvelle position une largeur de 110 mètres entre les culées du nouvel ouvrage. La question, on le voit, ne consistait point à réutiliser le tablier existant AB, lequel, trop étroit, était simplement condamné à disparaître, remplacé par un remblai, une fois la correction achevée; il s'agissait de reconstruire un ouvrage entièrement neuf et plus grand, également en deux travées, sur l'emplacement BC, et cela sans aucun chômage imposé au service d'exploitation du chemin de fer.

Cet emplacement futur BC se trouvait occupé par un remblai à double voie, offrant un chantier suffisant de montage pour le tablier à voie unique, car ce tablier pouvait s'établir d'abord en MN, à côté de la voie BC exploitée, pour être ensuite ripé sur l'alignement même de cette voie.

La première opération, cependant, consista à dévier en BFG la ligne BC, afin de dégager l'emplacement C de la culée à construire, et de permettre en même temps la démolition d'un passage inférieur DE dont les matériaux devaient se réemployer à cette culée C.

De la proximité de l'ancien et du nouveau pont résultait le fait que la culée existante B devait servir au nouvel ouvrage, mais qu'en revanche la voie déviée AFG ne pouvait pas dégager suffisamment l'emplacement de la pile P pour en permettre la construction avant la mise en place du tablier.

En ce qui concerne le maintien de la culée B, on comprend qu'il y avait cependant des remaniements à y faire; il fallait la retourner, c'est-à-dire lui faire un parement regardant le nouveau lit, démolir les anciens murs en retour et les reconstruire à l'opposé. A cet effet, soulevant d'une petite quantité l'extrémité B du tablier existant AB, on la fit reposer sur une palée provisoire en bois, de manière à permettre l'enlèvement des plaques de fondation et des sommiers en pierre de taille du couronnement; puis après avoir modifié la culée, on laissa reposer le tablier sur les nouveaux murs en retour, par l'intermédiaire de semelles provisoires en chêne. La palée provisoire, devenue libre, fut ensuite transportée vers la culée A, dont on

Seite / page

leer / vide /
blank

Seite / page

leer / vide /
blank

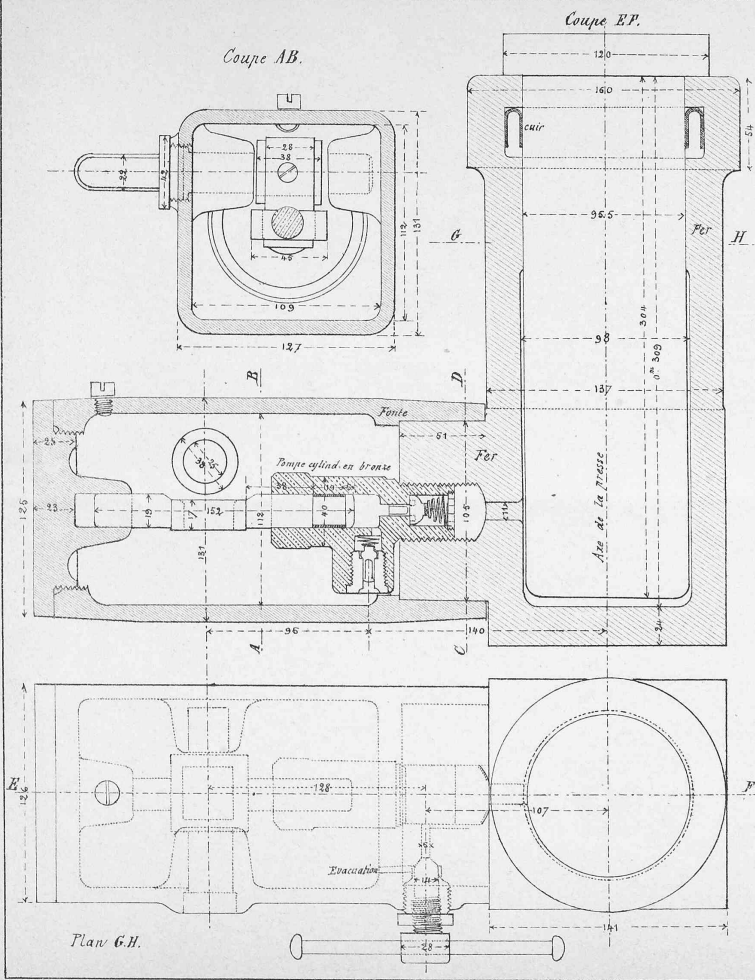
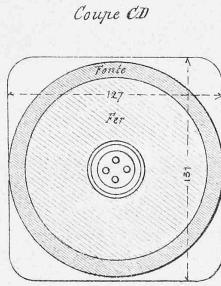


Fig. 9
Vérin
hydraulique.
 employé dans la
 mise en place du tablier.
 Force : 35 tonnes.
 1/3 grandeur réelle.



Section de l'entretoise

