Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 37 (1911)

Heft: 10

Artikel: Notes sur les souterrains supportant une forte pression hydraulique intérieure

Autor: Lauchli, E.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-28850

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 13.07.2025

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

Nos 21 et 22, type B. C. F. : deux voitures remorques à voyageurs.

No 31, type B. C. : une voiture remorque à voyageurs.

Quatre vagons plats, type M.

D'une manière générale, tout le service marchandises est assuré par la circulation des vagons C. F. F.

(A suivre.)

Notes sur les souterrains supportant une forte pression hydraulique intérieure.

Par E. LAUCHLI, ingénieur.

D'une intéressante description parue dans le *Bulletin technique* No 1, de janvier 1911, M. H. Chenaud, ingénieur, tire, comme conclusion, la possibilité d'établir, lors de conditions favorables, des souterrains supportant une forte pression hydraulique intérieure sans aucun revêtement. Les lignes qui suivent donnent la description de quelques souterrains en pression construits aux Etats-Unis, et un exemple illustrera les effets néfastes résultant de leur abus.

L'usine hydro-électrique de Kern-River, en Californie, est en exploitation depuis environ trois ans. Le développement a été prévu pour cinq unités de 5000 kw., dont quatre unités ont été installées à ce jour. Un souterrain, long de 19 km., amène l'eau à une chambre de mise en charge, située à 267 m. au-dessus de l'usine. Ce souterrain, soumis à une pression insignifiante, est suivi d'un souterrain sous pression, ayant une pente de 85 % à mi-hauteur et de 130 % à la partie supérieure. Le tunnel sous pression a été creusé dans du granit stratifié, entrecoupé de couches granitiques décomposées, à une profondeur variant de 60 à 70 m. au-dessous du sol. Vu la formation du terrain et sa faible épaisseur à la partie inférieure, le souterrain a été renforcé, sur une longueur de 75 m., au moyen d'une conduite métallique capable de résister à la pression hydraulique totale. La galerie inclinée est pourvue, sur toute sa longueur, d'un revêtement en béton ayant une épaisseur moyenne de 30 cm., à l'intérieur duquel se trouve un tuyau métallique de 5 mm. d'épaisseur et de 2,30 m. de diamètre. Ce revêtement métallique ne peut, on le conçoit aisément, supporter la pression hydraulique intérieure ; il avait été installé dans le seul but d'obtenir une étanchéité parfaite.

Les deux premières années d'exploitation ne furent troublées par aucun incident fâcheux ; cependant, au début de la troisième année, quelques fuites se produisirent à mi-hauteur du souterrain sous pression. Ne croyant avoir affaire qu'à de petites sources insignifiantes, on ne s'en occupa pas sérieusement, jusqu'au moment où une fuite importante fut remarquée par le personnel de l'usine, qui, craignant une catastrophe, vida brusquement la conduite.

Une inspection de celle-ci montra qu'à maints endroits les rivures longitudinales et transversales avaient été arrachées, et qu'à d'autres endroits la conduite s'était effondrée. L'accident s'explique comme suit : dans les sections de la conduite traversant des couches de granit décomposé, d'une épaisseur variant de 10 cm. à 1 m., le revêtement en béton, ainsi que la conduite métallique, avaient cédé sous la pression hydraulique intérieure, et l'eau avait pénétré entre l'enveloppe en béton et le tuyau. Lors de la brusque vidange de la conduite, la pression existant à l'extérieur du tuyau occasionna sa rupture par compression.

Des travaux de réfection furent entrepris aussitôt. A l'intérieur de la conduite primitive, on inséra une autre conduite métallique de 2 m. de diamètre et d'une épaisseur variant de 6 à 30 mm., et l'espace compris entre les deux conduites fut rempli d'un riche béton. Tout est grand en Amérique, surtout les imprévus ; ce dernier coûta la jolie somme de Fr. 2 000 000, se répartissant tant sur les travaux de réfection que sur la perte résultant de l'interruption de la marche de l'usine. Afin d'éviter toute répétition d'un accident de ce genre, on établit des drains sur toute la longueur du souterrain et, depuis la mise en marche de l'usine, aucun accident fâcheux ne s'est reproduit.

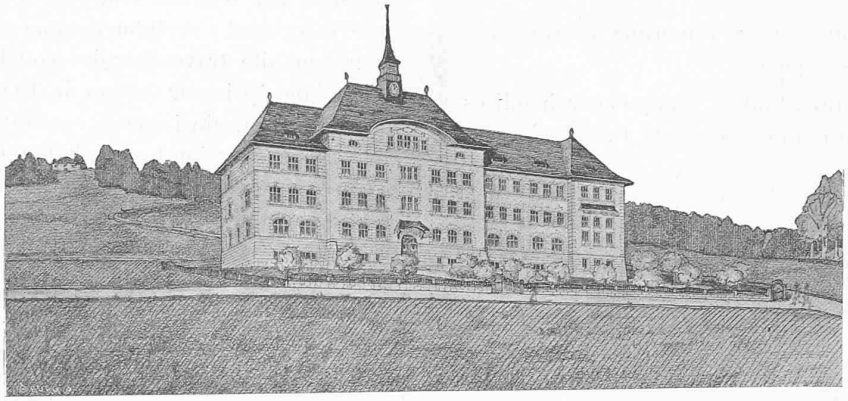
Parmi les souterrains supportant une forte pression hydraulique intérieure sans revêtement métallique, il faut citer les conduites d'amenée d'eau potable de la ville de New-York. Une de ces conduites, en activité depuis une vingtaine d'années, comprend entre autre un souterrain long de 380 m., passant sous la rivière Harlem, et supporte une pression intérieure de 130 m. La conduite, d'un diamètre intérieur de 3,20 m., est composée d'un revêtement en briques, à l'extérieur duquel se trouve une couche de béton de 0,80 m. à 1 m. d'épaisseur. Le souterrain a été creusé en partie dans le gneiss compact et dans le calcaire. A ce jour, aucun accident fâcheux ne s'est produit.

L'autre conduite, actuellement en cours d'exécution, aura une longueur totale d'environ 175 km., dont 53 km. en tunnels supportant une pression intérieure variant de 120 m. à 270 m. La plus haute pression se trouvera au-dessous de la ville de New-York même. Le coût total des travaux sera d'environ 950 millions de francs, et le débit maximum atteindra 1 900 000 m³ par 24 heures. Le diamètre intérieur du souterrain varie de 3,35 m. à 5 m., et l'épaisseur moyenne du revêtement, en riche béton, est de 50 à 65 cm.

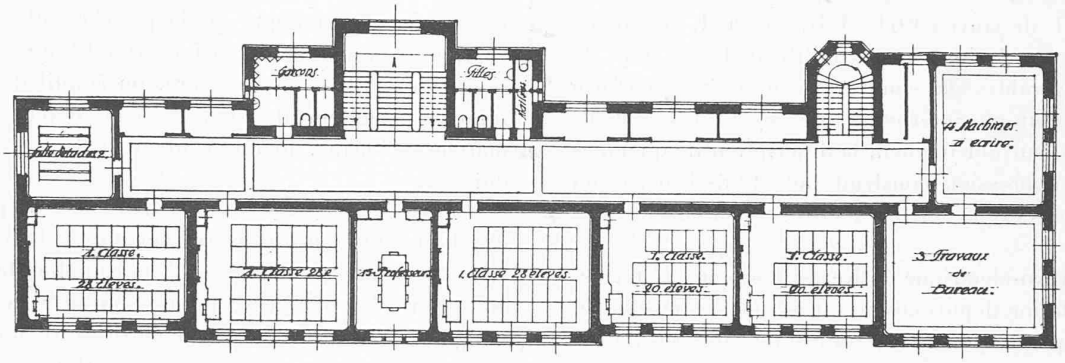
Afin de déterminer l'axe du souterrain, de nombreux sondages ont été pratiqués sur toute sa longueur. Les couches traversées sont tantôt du granit, du gneiss, des mica-schistes, tantôt des calcaires. Là où la formation compacte du sol le permettait, l'axe du souterrain a été fixé de telle manière que le poids seul des matériaux situés au-dessus du tunnel soit égal ou supérieur à la pression intérieure. Afin de traverser des couches compactes, on dut aller à de plus grandes profondeurs, comme par exemple sous la rivière Hudson et sous la ville de New-York, où la profondeur au-dessous du sol atteint 200 m.

L'étanchéité d'un tel ouvrage joue, on le conçoit aisé-

CONCOURS POUR LE BATIMENT DE L'ÉCOLE DE COMMERCE DE LA CHAUX-DE-FONDS.



Façade principale.



Plan du 2me étage. — 1 : 400.

IIe prix ex-æquo : projet « Jura », de M. E. Fallet, architecte, à Cernier.

ment, un rôle très important ; aussi les entrepreneurs des différents tronçons de tunnels sont-ils tenus à réduire l'excavation à un minimum, et seulement dans des cas exceptionnels, soit à cause d'effondrement de la voûte, ou de fissures à remplir, l'emploi de remplissage de pierres sèches est permis. De douze en quinze mètres, des écrans en béton sont construits de manière à relier le revêtement avec les parois du tunnel, formant ainsi des tronçons indépendants les uns des autres.

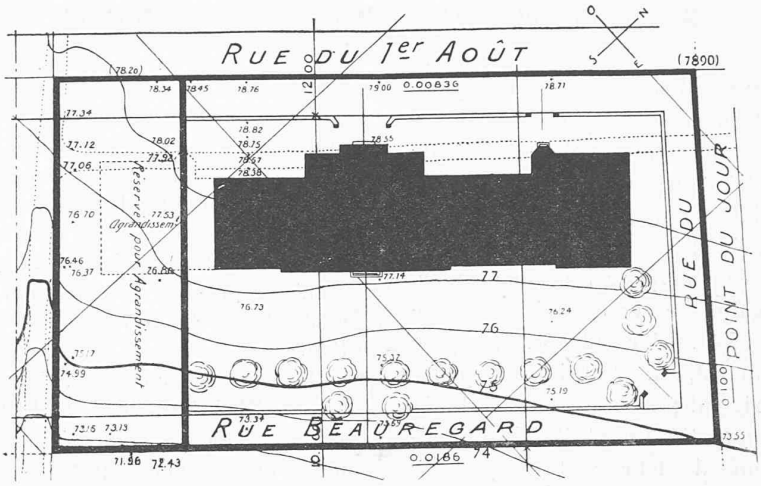
De sept en sept mètres, des ouvertures de 8 à 10 cm. de diamètre, pratiquées dans le revêtement en béton, permettront d'injecter à l'extérieur du revêtement, sous une pression de 21 kg. par cm², un mélange de mortier, composé d'une partie de ciment pour une partie et demi de sable, afin de remplir les vides existant, soit dans le revêtement, soit entre la roche et ce dernier.

La conduite en souterrains comprenant une série de tunnels sous pression, de syphons d'une longueur de 2 à 3 km., et de tunnels soumis à une faible pression, la répartition des travaux d'exécution a été faite en plusieurs tronçons indépendants les uns des autres. Chaque entrepreneur est tenu de livrer à la ville de New-York un nombre suffisant de pompes pour remplir d'eau et ensuite évacuer, à la raison de 18 000 m³ par 24 heures, chaque tronçon du souterrain sous pression, et de soumettre celui-ci, à deux reprises, s'il est jugé nécessaire, à la pression hydraulique totale.

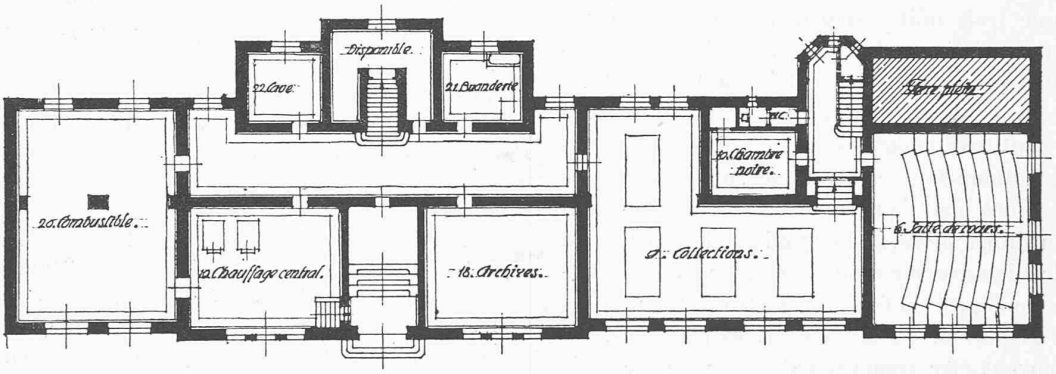
Deux projets furent étudiés quant au choix du genre de construction à adopter pour la conduite sous la ville même de New-York. Le devis pour la construction de plusieurs conduites métalliques d'une longueur de 25,5 km. était de Fr. 235 millions ; pour un souterrain avec revêtement en béton, de même capacité, le devis était de Fr. 110 millions. Dans les devis étaient compris les frais de première installation, d'entretien et d'amortissement. Vu la différence du coût, soit 125 millions, et les avantages résultant de son adoption, le choix tourna en faveur du souterrain.

Ayant eu l'occasion d'étudier une variante entre le choix d'un tunnel sous pression ou de conduites métalliques installées à la surface du sol, l'auteur de ces lignes est à même de présenter brièvement le résultat de cette étude.

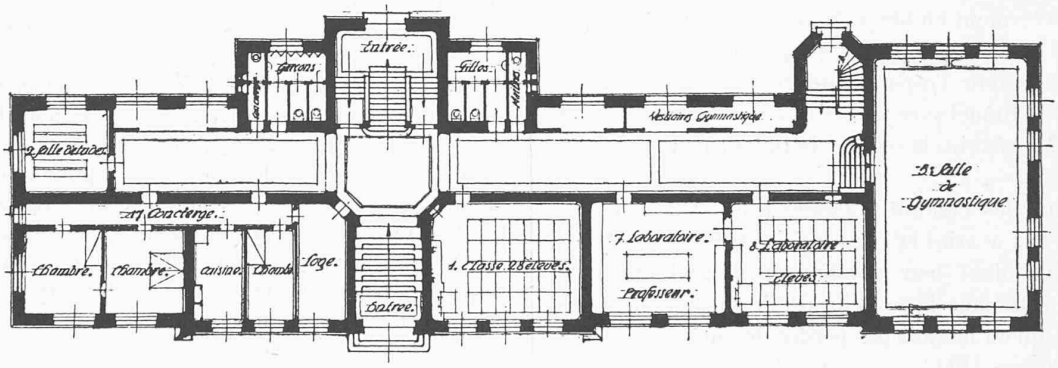
L'usine hydro-électrique de Tallulah Falls, en Géorgie, actuellement en cours d'exécution, comprendra un tunnel d'amenée, ayant une pente de 2 ‰ et une section utile de 14 m². Ce tunnel aura une longueur de 2 km. et la chambre de mise en charge sera située à 183 m. au-dessus de l'usine. Deux solutions se présentaient quant au moyen de relier la chambre de mise en charge à l'usine : soit par un



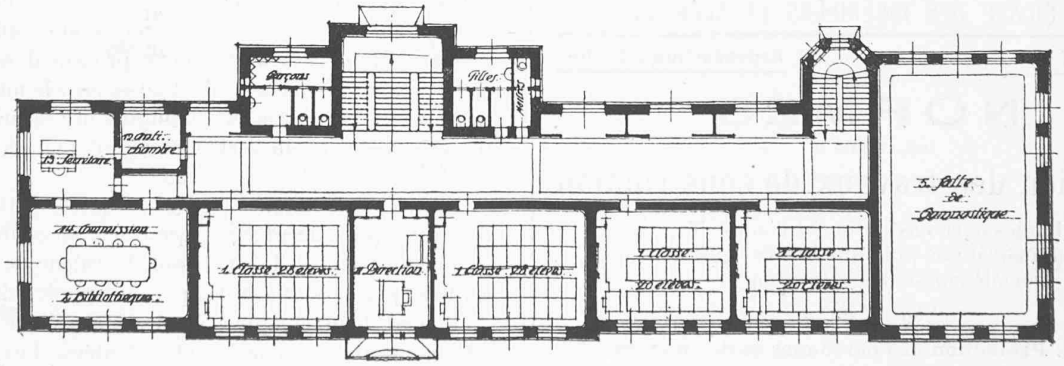
Plan de situation. — 1 : 1000.



Plan du sous sol. — 1 : 400.



Plan du rez-de-chaussée. — 1 : 400.



Plan du 1er étage. — 1 : 400.

IIe prix ex-æquo : projet « Jura », de M. E. Fallet, architecte, a Cernier.

souterrain sous pression, creusé dans une masse compacte de schistes cristallins, soit au moyen de conduites métalliques installées à la surface du sol. Les six turbines de 15 000 chevaux seraient reliées au souterrain, à sa partie inférieure, au moyen de six conduites métalliques, ayant un diamètre de 1,50 m. L'usine devant, à cause de la configuration du sol, être placée à angle droit avec le souterrain sous pression, la jonction de ces conduites avec ce dernier n'était pas chose aisée. D'un autre côté, la pose des conduites à la surface du sol, reliant l'usine à la chambre de mise en charge n'exigeait pas de travaux d'art très importants. Des devis comparatifs furent établis, et malgré la légère augmentation de leur coût de premier établissement, le choix tourna en faveur de six conduites métalliques de 1,50 m. de diamètre, installées à la surface du sol. Comme trois unités seulement seront installées premièrement, on réalisera, de ce chef, une économie sensible sur les intérêts du coût de premier établissement.

De la description de M. H. Chenaud et des lignes précédentes, on peut tirer la conclusion que si, dans des circonstances exceptionnellement favorables, on peut compter sur la résistance des matériaux traversés par un souterrain supportant une forte pression hydraulique intérieure, on risque, à moins de faire une étude géologique très approfondie et des sondages coûteux, de se trouver, au cours des travaux d'exécution, en face de sérieux obstacles, qui souvent ne peuvent être franchis qu'aux dépens de frais considérables. Si par exemple on trouvait, contre toute attente, la nécessité d'insérer une conduite métallique à l'intérieur du revêtement en béton, tout avantage économique disparaîtrait. Cette remarque s'applique surtout au cas où l'on aurait à remplir l'espace compris entre la conduite métallique et le tunnel avec du béton, et où l'on aurait alors tout avantage à réduire la section du tunnel à un minimum possible.

Sans doute, les conduites posées à la surface du sol sont sujettes aux avaries et à des frais d'entretien coûteux, mais en multipliant leur nombre on obtient une plus grande flexibilité dans la marche de l'usine, qualité très essentielle et qu'on ne doit pas perdre de vue.

New-York, mai 1911.

SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES

Formulaire E **Reproduction interdite.**

NORMES

RELATIVES A

l'éxécution des travaux de construction

établies avec l'assentiment d'autorités
et d'administrations publiques et d'accord avec la
Société suisse des entrepreneurs.

(Suite et fin [1]).

Art. 14. **Protection des personnes et des choses.**

L'entrepreneur est tenu de prendre à ses frais toutes les mesures ordonnées par les lois et règlements ou dictées par l'expérience, propres à préserver de tout accident ou dommage les personnes, l'œuvre et la propriété d'autrui. Cette obligation s'étend en particulier à la sécurité des voies publiques et des propriétés avoisinantes. Si l'entrepreneur a négligé de prendre les mesures nécessaires, il répond de toute action en réparation de dommage qui pourrait être intentée au maître de ce fait.

L'entrepreneur a l'obligation de protéger ses ouvrages contre toutes détériorations, jusqu'au moment de leur réception.

L'entrepreneur répond à teneur des lois, notamment des art. 62 et 115 C. O., de tous dommages résultant d'actes de ses représentants, employés et ouvriers et des fautes et des négligences commises par eux.

Art. 15. **Travaux en régie.**

Aucun ouvrage ne peut être exécuté en régie sans l'autorisation de l'architecte; le prix des heures et des matériaux doit en être établi préalablement.

Les heures du contre-maître sont portées en compte s'il est nécessaire que celui-ci travaille avec les ouvriers ou qu'il les surveille en permanence, ou si cela est demandé par l'architecte.

Au cours des travaux en régie, l'entrepreneur ou son représentant doit remettre chaque jour à l'architecte, en deux exemplaires, un rapport signé, mentionnant le nombre des heures de travail, les quantités de matériaux employés et la désignation de l'ouvrage auquel ils se rapportent. Un des exemplaires, visé par l'architecte, est retourné à l'entrepreneur. Les divergences au sujet desquelles une entente n'intervient pas de suite sont consignées au rapport; celui-ci est considéré comme accepté si, dans les six jours, l'architecte n'a pas présenté d'objections.

L'entrepreneur ne peut prétendre au paiement d'ouvrages en régie non autorisés régulièrement ou pour lesquels il n'a pas fourni de rapport, que s'il est en mesure de justifier avec preuves à l'appui le bien fondé de ses prétentions et l'opportunité qu'il y avait de procéder aux dits ouvrages.

Les ouvrages en régie se paient à l'heure; les heures supplémentaires et celles pour travail de nuit ou du dimanche sont majorées d'une plus-value en rapport avec les usages locaux; il en est de même pour les ouvrages insalubres ou exécutés dans l'eau.

Art. 16. **Métrés.**

Sauf spécification contraire, les travaux et matériaux sont comptés à l'unité de mesure, de poids ou de quantité.

L'architecte et l'entrepreneur procèdent contradictoirement aux métrés; ceux-ci lient aussi bien le maître que l'entrepreneur. Les aides et les engins nécessaires aux opérations de métré et de vérification sont fournis gratuitement par l'entrepreneur.

L'entrepreneur veille à ce que la prise d'attachement des ouvrages qui doivent être recouverts en cours des travaux ait lieu en temps utile. A défaut, la valeur de ces ouvrages est fixée par l'architecte d'après son appréciation.

Il n'est tenu compte dans les métrés que des quantités effectivement commandées et exécutées. Les quantités en plus ne sont pas admises, celles en moins seront portées en déduction, pour autant que le maître accepte, du reste, l'ouvrage.

[1] Voir N° du 10 mai 1911, page 105.