Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 48 (1922)

Heft: 24

Artikel: Usine hydro-électrique de Fully (Valais, Suisse): la plus haute chute du monde (1650 mètres)

Autor: Chenaud, H. / Bois, L. du

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-37434

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: 21.07.2025

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

malentendus n'existent pas, ou s'ils existent, pour les dissiper.

Cette résolution unanime présente une importance très considérable pour le Rhin.

La Commission centrale pour la Navigation du Rhin aura donc vraisemblablement, à sa prochaine session qui se tiendra en décembre, à examiner avant tout en ce qui la concerne, ce problème. Si, comme il y a lieu de l'espérer, la Commission parvient à réaliser cette tâche, on peut dire qu'un grand pas aura été fait dans l'élaboration du droit public fluvial nouveau, non seulement dans l'intérêt de tous les Etats intéressés à la navigation du Rhin, mais encore dans l'intérêt général des communications par eau dans l'univers entier.

Usine hydro-électrique de Fully.

(Valais, Suisse.)

La plus haute chute du monde (1650 mètres),

par H. CHENAUD et L. DU BOIS, ingénieurs.

(*Suite*).[1]

Conduite sous pression

La retenue maximum prévue au lac de Fully est à la cote	2145,00 m.
L'axe du collecteur dans l'usine, qui est le point le plus bas de la conduite, est à la cote	494,30 m.
Il en résulte une pression statique de . . .	1650,70 m.

C'est de beaucoup la plus haute chute du monde actuellement aménagée. L'installation d'une telle conduite sous pression, qui forme un des facteurs les plus importants de la dépense totale, devait être faite avec un soin tout particulier, de manière à présenter pour l'exploitation le maximum de sécurité possible. On avait le choix entre les deux solutions généralement admises : conduite enterrée sans massifs d'ancrage et sans joints de dilatation, ou conduite à l'air libre avec massifs d'ancrage, points fixes et joints de dilatation à tous les coudes. On n'a pas hésité à adopter la solution de la conduite enterrée sur toute sa longueur et sans massifs d'ancrage, à part celui du point inférieur à l'entrée de l'usine, et celui au point *B* ainsi que cela sera expliqué plus loin, ceci en se basant sur les expériences déjà réalisées par la Direction des travaux dans plusieurs installations importantes à fortes chutes qu'il ne sera pas inutile de rappeler ici. Ce sont notamment les conduites suivantes :

Vouvry, chute du lac de Tanay, 935 mètres de hauteur, installée en 1900 (Société des Forces Motrices de la Grande Eau).

Ackersand (Viège, Valais, Suisse), 725 mètres de hauteur, installée en 1908 (Usines Electriques de la Lonza).

Orlu (Ariège, Pyrénées), 940 mètres de hauteur, installée en 1910 (Société Pyrénéenne d'Energie électrique).

Sans compter plusieurs autres chutes de moindre importance.

Toutes ces conduites enterrées ayant fonctionné dès le début sans donner lieu à aucun mécompte, il a paru logique de s'en tenir à cette solution qui se recommande surtout par son extrême simplicité. En effet, elle permet de se passer complètement de joints de dilatation parce que les effets de la dilatation sont pour ainsi dire nuls. La conduite étant enterrée sur toute sa longueur, les différences de température qui peuvent se produire sont insignifiantes, et elle est à l'abri du gel, des chutes de pierres, des avalanches ou de la malveillance.

Il faut naturellement, lors du montage, prendre un certain nombre de précautions. Voici comment l'on a procédé à Fully :

Tous les tuyaux ont d'abord été soigneusement essayés à l'usine sous une pression de 50 % supérieure à la pression statique qu'ils devaient supporter une fois montés. Ils ont été goudronnés à chaud à l'usine.

Le quart inférieur de la conduite représentant en poids plus du 45 % du poids total, on a commencé le montage

Fig. 22. — Station de pompage de Sorniot,

non pas à la partie inférieure mais au point *B* (voir profil en long, fig. 15) de façon à diminuer autant que possible le montant des intérêts intercalaires.

Une fois le tronçon supérieur complètement monté, on commença le montage du tronçon inférieur à partir de l'usine.

Le premier tuyau placé au point *B* fut immobilisé au moyen d'un fort massif d'ancrage, et son extrémité aval fermée au moyen d'un bouclier.

Le raccordement des deux tronçons a été réalisé au moyen d'un dispositif spécial que nous décrirons plus loin. Le montage s'opérait donc de bas en haut ; une fois un tronçon d'environ 200 mètres monté, on le remplissait d'eau, on fermait l'extrémité amont au moyen d'un bouclier, et l'on procédait à un essai sous une pression de 25 % supérieure à la pression statique. Tous les joints étaient vérifiés soigneusement et on procédait ensuite au remblayage. Celui-ci se faisait en damant tout d'abord soigneusement du gravier et du cailloutis sous la conduite de manière à assurer une bonne assise, et on complétait

[1] Voir *Bulletin technique* du 11 novembre 1922, page 265.

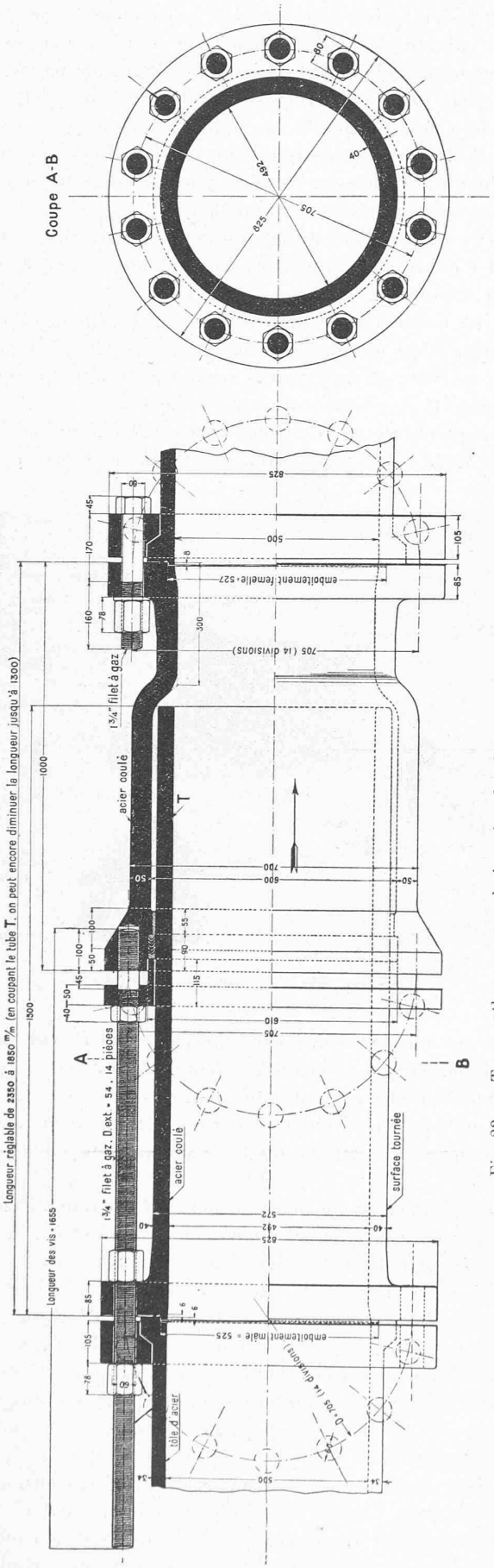
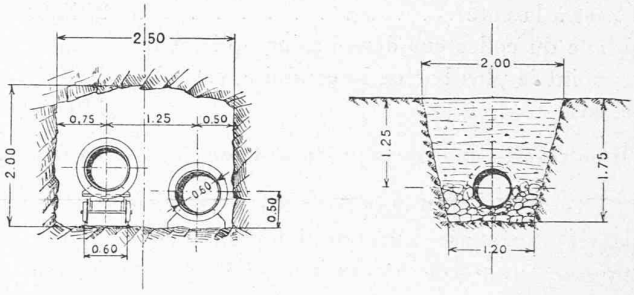


Fig. 23. — Tuyau-télescope pour la jonction des deux tronçons de montage. — Echelle 1 : 15.

ensuite le remblayage au moyen de terre. La couche de terre au-dessus de la conduite a une épaisseur minimum de 0,50 m.

Tout ceci terminé avec un premier tronçon, et en laissant l'eau dans ce tronçon, on enlevait le bouclier supérieur et l'on procédait à la mise en place d'un second tronçon d'environ 200 mètres de longueur avec lequel on opérait de la même manière, et ainsi de suite. Cette façon de procéder a donné d'excellents résultats et il n'y a pas eu le moindre accroc jusqu'à la fin du montage.

En arrivant avec le tronçon inférieur au point de jonction avec le tronçon supérieur, c'est-à-dire au point *B*, il était à prévoir que la longueur du dernier tuyau ne correspondrait pas exactement avec l'espace libre disponible à cause des petites inexactitudes inévitables dans le levé du profil et dans les longueurs des tuyaux. On avait donc prévu pour ce raccordement un tuyau-télescope de longueur réglable, pouvant s'adapter exactement dans l'espace disponible. Ce tuyau réglable est représenté par le dessin fig. 23. Sa longueur peut varier



En galerie. En tranchée.

Fig. 24. — Profils-types de la galerie d'amenée en pression. Echelle 1 : 200.

entre les valeurs extrêmes de 1,85 à 2,35 m. On aurait même pu, si la chose avait été nécessaire, couper au dernier moment le tuyau intérieur *T*, ce qui aurait permis de diminuer la longueur totale de la pièce jusqu'à 1,30 m. Ce tube télescopique n'est donc pas un joint de dilatation dans le sens habituel du mot puisque, une fois en place, sa longueur est réglée et fixée une fois pour toutes.

Les profils-types de la tranchée et des galeries sont donnés par la fig. 24. Le funiculaire de montage suit le tracé de la conduite. La vue photographique fig. 25 fait voir les détails des travaux de transport et montage.

Sur toute la longueur de la conduite il n'y a pas de tuyaux rivés, mais seulement des tuyaux soudés pour le tronçon supérieur jusqu'au point *B*, (fig. 15), et des tuyaux sans soudure longitudinale pour le tronçon inférieur à partir de *B* jusqu'à l'usine.

Ces tuyaux inférieurs d'un diamètre intérieur de 500 mm. ont été exécutés par le procédé Ehrhardt, et c'est la première fois qu'on appliquait ce procédé pour la construction d'une conduite sous pression de pareil diamètre.

La fig. 26 montre schématiquement le mode de fabrication de ces tuyaux.

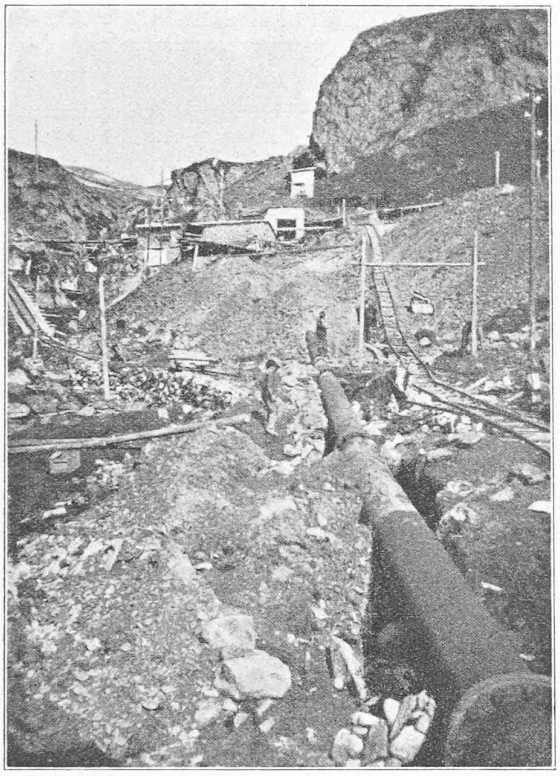


Fig. 25. — Montage et remblayage de la conduite sous pression.

On employait des billettes de section carrée qui étaient percées à chaud sur une presse en laissant toutefois un fond. Ces blocs percés étaient ensuite transportés sur une deuxième presse à étirer au sortir de laquelle on coupait le fond. Le corps cylindrique ainsi obtenu était alors placé sur un laminoir spécial (avec un cylindre intérieur et deux cylindres extérieurs) qui agrandissait son diamètre.

On obtenait ainsi des viroles sans soudure de 500 mm. de diamètre intérieur et de 3 mètres de longueur maximum. Ces viroles étaient ensuite soudées bout à bout pour former des tuyaux de longueur déterminée aux extrémités desquels on soudait les têtes.

L'épaisseur maximum au bas de la conduite est de 41 mm., ce qui correspond à un travail du métal de 1000 kilos par cm² dans le sens transversal.

Les tuyaux soudés par contre ont été calculés pour une tension de 900 kilos par cm².

La question des brides et boulons d'assemblage a fait l'objet d'études toutes spéciales. Le dessin fig. 27 montre le détail de ces brides pour trois dimensions différentes. Dans la partie inférieure de la conduite, les boulons d'assemblage sont en acier au nickel, beaucoup plus résistant que l'acier ordinaire ; la tension admise dans ces boulons est de 1100 kilos par cm². Des essais effectués avec ces boulons ont donné les résultats suivants :

Limite d'élasticité : 3600 à 4200 kg par cm².
Charge de rupture : 5600 à 6200 kg par cm².
Allongement sur 100 mm. : 28 à 34 %.
Contraction : 48 à 52 %.

Tous les boulons ont le filetage des tuyaux à gaz, beaucoup plus serré que le filetage ordinaire Withworth, afin de diminuer le moins possible le diamètre utile des boulons au fond du filet. Les écrous n'ont pas les dimensions usuelles ; ce sont des écrous spéciaux d'une longueur sensiblement plus grande que les écrous normaux, mais par contre de dimensions plus petites en diamètre. Avec les dimensions habituelles et vu le nombre de boulons nécessaires, l'espace libre entre les écrous aurait été trop petit et le serrage de ceux-ci aurait présenté des difficultés. Les surfaces des écrous et des têtes de boulons sont tournées.

L'examen des types de brides (fig. 27) montre que les joints sont à emboîtement, avec rainures de section triangulaire formant logement d'un caoutchouc rond de 10 mm. de diamètre. Sur toute la longueur de la conduite ces joints sont identiques ce qui a permis d'employer deux seuls types de bagues biaises réglables pour les coudes, l'un pour le diamètre intérieur de 500 mm., l'autre pour le diamètre intérieur de 600 mm. Ces bagues biaises seront décrites plus loin.

Lors du montage les tuyaux sont orientés de façon que le bout mâle de l'emboîtement soit dirigé vers le haut ; la mise en place des caoutchoucs en est beaucoup facilitée.

Les bagues biaises réglables (fig. 28) ont été employées pour tous les coudes de la conduite. Il n'y a pas un seul tuyau coudé mais seulement des tuyaux droits. Au moyen d'une paire de bagues biaises placée entre deux tuyaux on peut, au montage, réaliser une déviation de l'axe de la conduite dans n'importe quelle direction et réglable à volonté de 0 à 10 %. Avec des tuyaux de 12 mètres de longueur cela permet de faire une courbe en plan ou en profil de 120 mètres de rayon minimum. C'est là un organe très précieux qui permet de suivre dans une certaine mesure les sinuosités du tracé. L'emploi de ces bagues a beaucoup facilité le montage et a contribué pour une large part à la rapidité de la pose. On a posé en moyenne 32 paires de bagues biaises par kilomètre.

Pour le serrage des brides aux endroits où l'on intercale des bagues biaises il y a des tiges filetées aux deux extrémités (fig. 28), et sous chaque écrou une paire de rondelles à surfaces d'appui sphériques à cause du non-

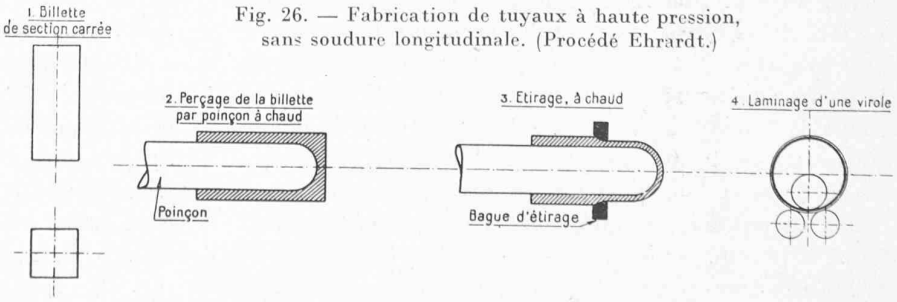
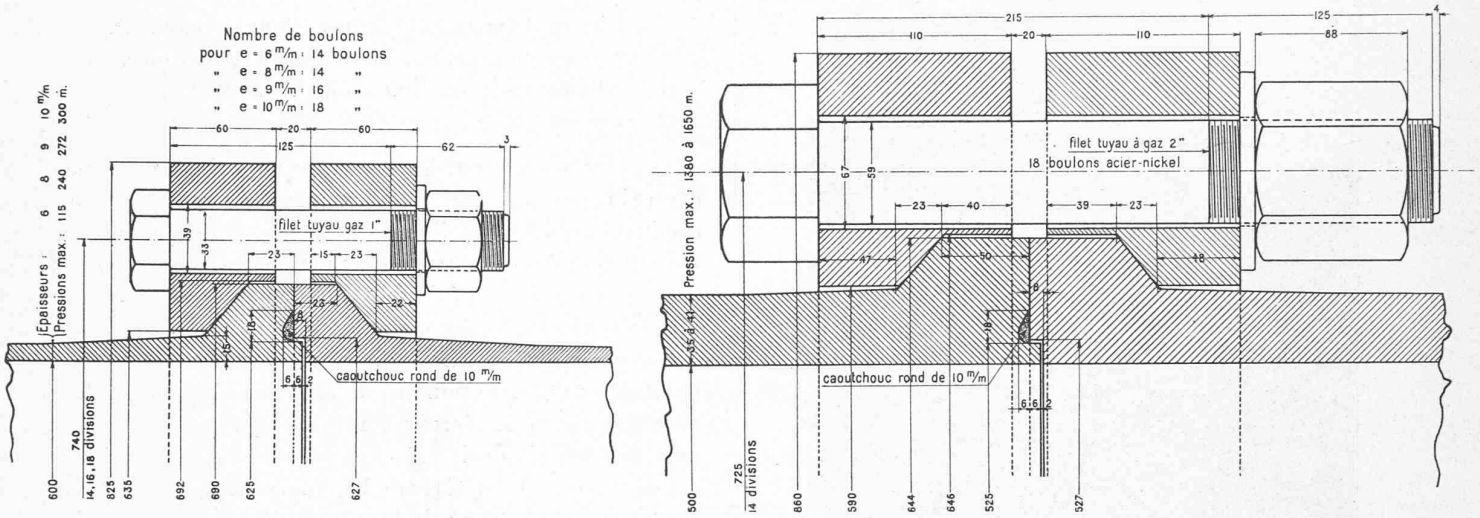


Fig. 26. — Fabrication de tuyaux à haute pression, sans soudure longitudinale. (Procédé Ehrardt.)



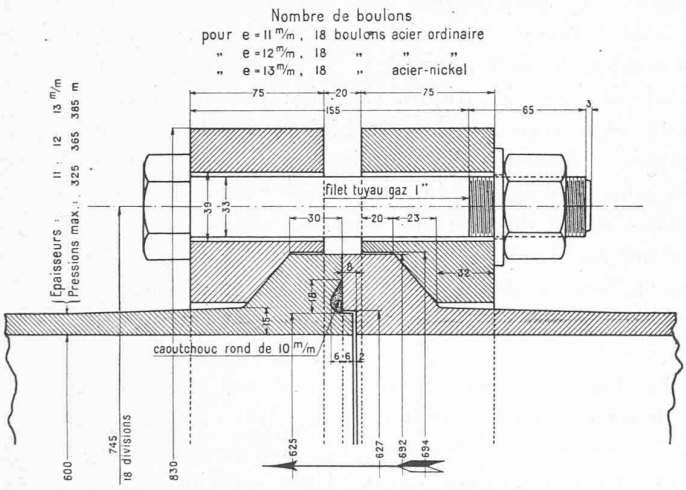


Fig. 27.

Trois types de brides de la conduite.
Diamètre intérieur 500 à 600 mm. — Echelle 1 : 4.

parallélisme des surfaces des brides. Si l'on néglige d'employer de telles rondelles on produit, en serrant les écrous, des déformations de boulons et, par suite, un mauvais serrage et des tensions anormales.

La longueur totale de la conduite sous pression est de 4625,50 mètres. Elle comprend un tronçon supérieur de 600 mm. de diamètre intérieur et de 2278 mètres de longueur, et un tronçon inférieur de 500 mm. de diamètre intérieur et de 2347,50 mètres de longueur.

Les tuyaux soudés de 600 mm. ont des épaisseurs variant de 6 à 20 mm., et sont utilisés jusqu'à la pression de service de 60 atmosphères. Leur longueur est de 12 mètres. Le tuyau le plus léger pèse 1300 kilos, et le tuyau le plus lourd pèse 4075 kilos.

Les tuyaux soudés de 500 mm. ont des épaisseurs variant de 17 à 34 mm. pour des pressions de service de 60 à 122 atmosphères. Leur longueur est de 12 mètres à la partie supérieure et de 8 mètres à la partie inférieure. Le poids d'un tuyau de 17 mm. et de 12 mètres de longueur est de 2940 kilos, et celui d'un tuyau de 34 mm. et de 8 mètres de longueur est de 4055 kilos.

Les tuyaux sans soudure ont des épaisseurs variant de 31 à 41 mm. pour des pressions de service variant de 122 à 165 atmosphères. Leur longueur varie de 7,50 m. à 6 m. Le poids d'un tuyau de 31 mm. et de 7,50 mètres de longueur est de 3510 kilos, et celui d'un tuyau inférieur de 41 mm. et de 6 mètres de longueur est de 3820 kilos.

Le poids total des tuyaux est de 1480 tonnes. Les boulons pèsent 60 tonnes, les bagues biaises 9,5 tonnes, et les rondelles sphériques 5 tonnes. Les boulons, les bagues biaises et les rondelles sphériques représentent environ le 5 % du poids des tuyaux.

Tous les travaux d'installation de la conduite sous pression ont été exécutés en régie.

Une équipe préparait et réglait la fouille au fur et à mesure du montage. L'équipe de montage, composée d'ouvriers et de spécialistes bien accoutumés à ce genre de travaux, mettait en place 2 à 3 tuyaux par jour pour la partie inférieure, et 4 à 5 pour la partie supérieure où les tuyaux sont plus légers.

Une fois la conduite complètement montée jusqu'au lac, on enleva la vanne à l'entrée de l'usine et on nettoya la conduite en faisant couler en rigole environ 400 litres d'eau par seconde. Les 4,5 kilomètres qui séparent la prise d'eau de l'usine ont été franchis par l'eau en sept minutes et demie. On conçoit qu'avec ce débit et cette vitesse le nettoyage ait été rapide et parfait.

Les tuyaux étaient transportés au moyen des funiculaires décrits plus haut.

Les deux tronçons inférieurs du funiculaire ont été conservés après le montage et maintenus en bon état d'entretien. Par contre le tronçon supérieur qui traversait le tunnel de Sorniot a été supprimé parce qu'il n'était guère utilisable en hiver à cause de la neige et des avalanches qui se produisent au-dessous du Col de Sorniot. On l'a remplacé par un téléférage dont la station inférieure (fig. 29) est aux Garettes, et la station supérieure (fig. 30)

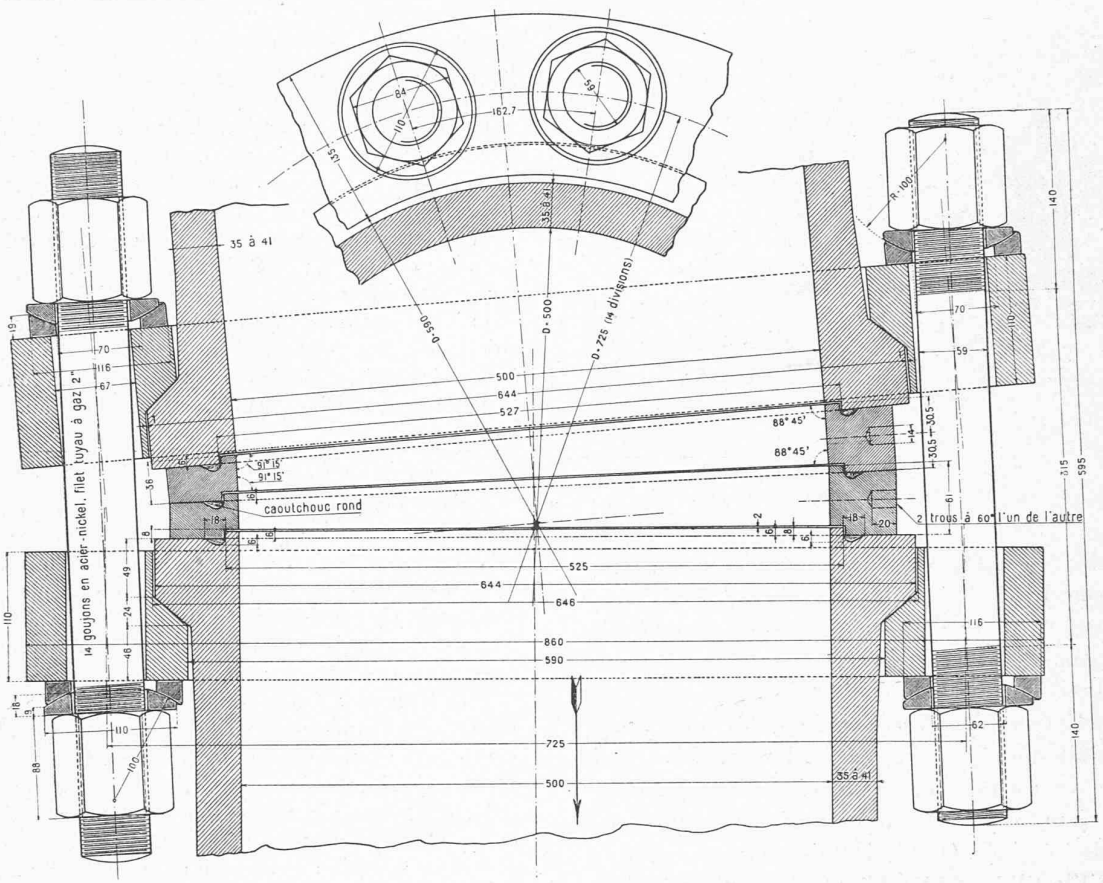


Fig. 28. — Détail d'un joint biais réglable. Déviation réglable de 0 à 10 %. Pression maximum : 165 atm. Echelle 1 : 6.

au Col de Sorniot. La longueur du câble porteur (en une seule portée) est d'environ 800 mètres. La benne peut transporter 400 kilos de charge utile. Elle est suffisamment spacieuse pour que quatre voyageurs puissent y prendre place aisément. La durée totale du trajet de l'usine hydro-électrique jusqu'au col de Sorniot est d'une heure environ. Du col, point terminus du câble, on se rend aisément au lac de Fully, même en hiver, en ayant soin de se munir de skis ou de raquettes. On peut donc effectuer ce petit voyage, qui ne manque pas de charme, sans aucune difficulté, en toute saison, ce qui permet d'aller visiter les chambres des vannes au lac et la station de pompage de Sorniot que nous avons décrites plus haut.

Au sujet des chutes de neige et des avalanches qui se produisent inévitablement dans ces hautes régions, relevons ici l'avantage et la sécurité que présente une conduite enterrée. Une conduite à l'air libre, montée sur des socles en maçonnerie, et munie de joints de dilatation comme cela se fait dans nombre d'installations, aurait été ici tellement exposée que cette solution devait être écartée d'emblée.

En ce qui concerne le degré de sécurité que présente une telle conduite enterrée, il sera intéressant de signaler

Fig. 29. — Câble aérien. Station inférieure.

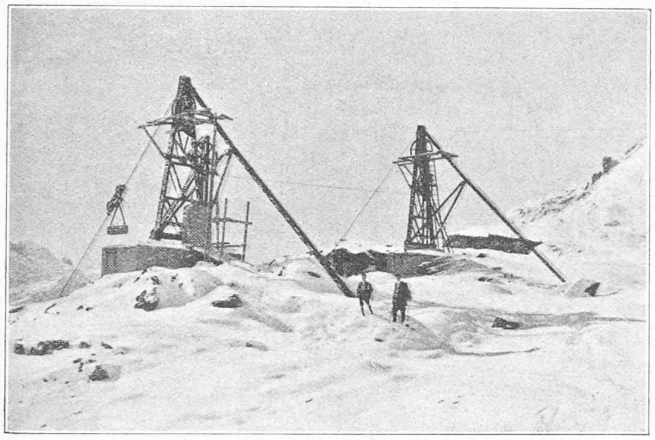


Fig. 30. — Câble aérien. Station supérieure.

que la conduite de Fully, en plus de l'alimentation régulière de l'usine hydro-électrique, a alimenté pendant les années 1916 à 1919 une importante usine d'emboutissage comprenant douze grosses presses hydrauliques branchées directement sur la conduite. Le service de ces presses, fonctionnant par à-coups brusques, provoquait dans la conduite un régime beaucoup plus variable et fatigant que le service régulier des turbines. Malgré cela le service n'a jamais été interrompu et la conduite n'a même jamais été vidée. On n'a jamais constaté de fuite à aucun joint. C'est là, nous semble-t-il, la meilleure preuve que de telles conduites présentent un degré de sécurité aussi élevé que possible.

(A suivre.)

Concours de plans de constructions rurales organisé par le Comptoir Suisse 1922.

Extrait du programme.

Catégorie A. — Ferme pour un domaine de 10 ha. situé sur le Plateau suisse.

Un domaine de 10 ha. est à pourvoir de tous les bâtiments nécessaires à une exploitation rationnelle. La culture des céréales est prévue. Les emblavures représenteront le 30 % de la surface du domaine.

Les bâtiments à construire sont les suivants : 1° Bâtiment d'exploitation. 2° L'habitation de la famille de l'exploitant (à construire en annexe ou indépendamment du bâtiment d'exploitation).

I. *Bâtiment d'exploitation : a)* Une étable dont les dimensions seront calculées pour une contenance de 9 à 12 têtes de gros bétail, chevaux compris ; *b)* une fourragère ; *c)* un fenil et gerbier dont la contenance sera calculée à raison de 35 m³ de foin par tête de gros bétail au minimum ; gerbier : 30 à 35 m³ par ha. ; foin et paille, par tête de cheval : 50 m³. ; *d)* quai de déchargement ou grange à pont qui peuvent être complétés par l'installation d'un monte-charge. L'emploi d'autres systèmes de décharge, transporteur par exemple, est admis ; *e)* un grenier ; *f)* emplacement convenable pour loger les betteraves, carottes, pommes de terre et légumes, etc. Il sera tenu compte des possibilités éventuelles d'agrandissement du rural. *g)* Toutes dépendances nécessaires pour loger le cheptel (chars, machines agricoles, etc.), bûcher, emplacement couvert pour travaux divers, éventuellement chambre à lessive ; *h)* une fosse à purin et plate-forme pour le fumier ; *i)* une étable pour 2 à 6 porcs ; *j)* poulailler (20 poules).

II. *Habitation pour la famille de l'exploitant.* Celle-ci pourra être construite séparément ou combinée avec le bâtiment d'exploitation. Une orientation favorable des locaux d'habitation doit être prévue dans un cas comme dans l'autre.

Le logement comprendra : *a)* une grande cuisine ; *b)* une chambre commune ; *c)* 4 chambres à coucher (assez grandes pour contenir chacune deux lits) ; *d)* un W. C. (raccordé si possible à la fosse à purin) ; *e)* une cave. Il y aura lieu de tenir compte des usages locaux dans la mesure où ils correspondent à des nécessités. Prévoir l'emplacement d'un four à pain portatif dans la cuisine. Deux des chambres au moins seront chauffables.

Catégorie B. — Habitation de l'ouvrier agricole.

Il s'agit de loger commodément et le plus économiquement possible l'ouvrier agricole qui, à côté de son travail rétribué, peut exploiter pour les besoins de sa famille un petit rural. La construction sera prévue sur un terrain plat. Elle pourra être isolée ou contrebâtie (maisons jumelles). La surface du terrain, y compris l'emplacement de la construction, sera au maximum de 1 ha.

I. *Le logement : a)* une grande cuisine ; *b)* une chambre commune ; *c)* 3 chambres à coucher (total six lits) ; *d)* un W. C. ; *e)* une cave ; *f)* une chambre à resserrer. Une des chambres au moins sera chauffable.

II. *Petit rural : a)* une étable pour une tête de gros bétail et quelques têtes de petit bétail (chèvres ou moutons ou porcs) avec fosse à purin ; *b)* un fenil ; *c)* un courtil ou hangar pour remiser les chars, outils aratoires, etc. ; *d)* un poulailler et clapier. Possibilité d'extension.

Observations générales.

Tout en se conformant, dans la mesure où elles se justifient dans le présent, aux traditions et habitudes locales, les concurrents devront adapter leurs constructions aux nécessités actuelles d'une exploitation agricole rationnelle. Ils chercheront à appliquer les modes et les matériaux de construction les plus économiques. Les solutions proposées doivent être pratiquement et économiquement réalisables dans les circonstances présentes et aux conditions posées par le programme. Le jury tiendra egalement compte de l'architecture qui, tout en restant logique et simple, devra être harmonieuse de proportions et s'adapter au cadre régional choisi par les concurrents.

Extrait du rapport du jury.

Le jury s'est réuni le 28 août, à 14 h. 30, au Collège de Beaulieu, à Lausanne. La session a été ouverte par M. Schwarz-ingénieur, président de la Commission exécutive du Groupe XV en présence de M. H. Muret, ingénieur, Directeur du Comptoir suisse.

Sur les cinq membres du jury, régulièrement convoqués, quatre sont présents : MM. Bernouilli, architecte à Bâle ; E. Diserens, ingénieur, professeur à Zurich ; Hug, architecte à Brougg ; F. Gililard, architecte à Lausanne.

M. le Dr H. Bernhardt, de Zurich, secrétaire de l'Union Suisse pour la Colonisation intérieure, qui s'est fait excuser pour absence du pays, a été remplacé par M. Martinet, directeur de l'Etablissement fédéral d'essais de semences à Lausanne, membre suppléant.

M. H. Bernoulli, architecte, préside le jury ; M. Gilliard fonctionne comme rapporteur.

91 envois sont parvenus dans le délai prescrit avec 106 projets.