

# Entreprise du tunnel du Mont-d'Or

Autor(en): **Soutter, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **39 (1913)**

Heft 22

PDF erstellt am: **21.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-30153>

## **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 technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES — PARAISSANT DEUX FOIS PAR MOIS

RÉDACTION : Lausanne, 2, rue du Valentin : D<sup>r</sup> H. DEMIERRE, ingénieur.

SOMMAIRE : *Entreprise du Tunnel du Mont d'Or*, par F. Soutter, ingénieur (suite). — *Notice sur le Laboratoire d'Electricité Industrielle de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne*, par Jean Landry, professeur (suite). — *Ecole primaire des garçons de Vevey*, M. Ch. Gunthert, architecte. — L'exportation de l'énergie électrique à l'étranger. — Programme du Concours de plans pour la construction d'un Hôpital à Montreux. — Résultat du concours pour un bâtiment d'école, à Sion. — Extrait du programme de concours pour l'étude d'un projet de bâtiments destinés à l'Institut Alexis Mégevand, à Genève (enfants anormaux, indisciplinés et sourds-muets).

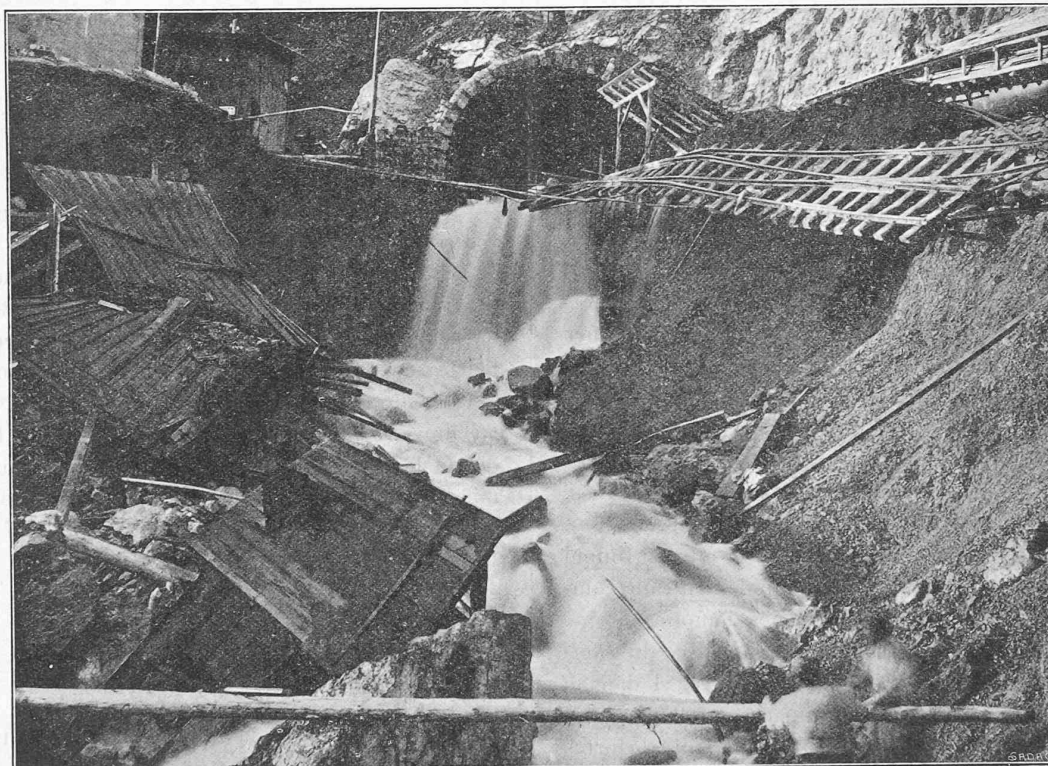


Fig. 18. — Cascade à la tête du tunnel.

## Entreprise du tunnel du Mont-d'Or.

Note sur la construction du raccourci Frasnè-Vallorbe, ligne à double voie de 25 km. de longueur.

Par F. SOUTTER, ingénieur, chef de service de l'Entreprise.

(Suite)<sup>1</sup>.

### Les venues d'eau dans le Tunnel du Mont d'Or.

Nous ne ferons que résumer les phases principales de cet épisode du percement du Tunnel.

Les différentes couches traversées par le souterrain sont les suivantes, en commençant par la tête suisse :

<sup>1</sup> Voir N° du 25 octobre 1913, page 233.

0-0 km. 611]: Calcaire gris jaune. Synclinal. Les couches plongent contre les Longevilles jusqu'au km. 0,250 et se redressent ensuite.

0,611-0,821 : Marne oxfordienne.

0,821-0,903 : Calcaire spongilien; anticlinal. Cette couche ne monte que jusqu'à la voûte du tunnel.

0,903-1-326 : Marne oxfordienne (synclinal).

1,326-2,582 : Bathonien supérieur avec dalle nacrée (anticlinal).

2,582-4,126 : Marne oxfordienne.

A partir de ce point, les bancs de calcaire se suivent dans leur ordre normal : Rauracien, Séquanien (ou Astartien), Kimmeridgien, Portlandien, Purbeckien (vers le km. 5,400), puis viennent les couches du Néocomien.

La température maximum du rocher fut de 17° C. du km. 2,7 à 2,8 sud.

Les venues d'eau côté France ne dépassèrent pas

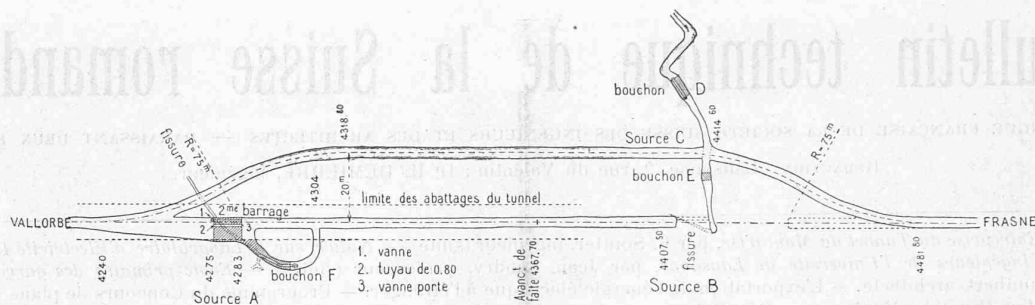


Fig. 19. — Galerie de déviation destinée à contourner la source B. — 1 : 2000.

40 litres/seconde. Du côté suisse, les sources ne débitèrent pas 45 litres/seconde jusqu'au km. 4,276 où la source A apparut (voir fig. 19). La marne oxfordienne fut partout sèche.

L'aqueduc central d'écoulement des eaux mesure  $0,60 \times 0,60$  et peut donc, en supposant les parois lisses, débiter 1000 litres/seconde.

L'avancement de base avait rencontré dans le parement droit, au km. 4,276, une fissure A débitant un peu d'eau, mais sans rien présenter d'anormal. Cette fissure se prolongeait en se resserrant dans le parement gauche de la galerie. Le front d'attaque de la galerie de base avançait normalement jusqu'au km. 4,366 (donc 90 m. en avant de la fissure), lorsque, le 23 décembre 1912 au matin, la fissure A se déboucha brusquement et laissa passer de grosses masses d'eau (env. 3000 lit./sec.) qui envahirent la galerie de base et inondèrent le tunnel dans les parties achevées, car l'aqueduc ne pouvait absorber que 1000 lit./sec. (fig. 19).

Une partie du remblai et des voies à la tête du tunnel fut emportée. L'eau ayant diminué rapidement, on commença à remblayer et à replacer les voies démolies.

En même temps, on remarquait que la source du *Bief-Rouge*, près de Métabief (à 5 km. de la source A dans le tunnel) avait tari au moment de l'apparition de l'eau dans la galerie. Tout d'un coup, le soir de Noël, à la suite de fortes chutes de pluie et neige, la fissure A débita de plus grandes quantités d'eau (env. 5000 lit./sec.) que la première fois. Le tunnel fut de nouveau envahi et les remblais emportés. Les dégâts furent beaucoup plus importants; l'eau coulait de la tête du tunnel comme d'une fenêtre et formait une cascade de plusieurs mètres qui se creusa un lit parmi les éboulis, les entraîna et les répandit dans la vallée de l'Orbe, recouvrant d'une couche de matériaux de 1 m. à 3 m. d'épaisseur, la campagne dite « Le Canada ». Un magasin fut recouvert de déblais et de limon et dut être évacué rapidement; les routes furent coupées, le bâtiment des bains démolit et les voies emportées. Le cube de matériaux enlevé par les eaux fut évalué à 20 000 m<sup>3</sup> (fig. 22 et 24).

On remarqua que la source du *Bief-Rouge*, réapparut le 27 décembre 1912, disparaissait de nouveau le 29. Le débit de cette source ayant diminué considérablement, les usiniers qui en utilisaient l'eau comme force motrice furent arrêtés et formulèrent aussitôt des réclamations très élevées.

En présence de ces faits, et pour éviter une nouvelle

inondation, il fut décidé d'obturer la galerie d'avancement au moyen d'un barrage en maçonnerie traversé par deux tuyaux de fer permettant l'écoulement des eaux pendant sa construction; une vanne en assurerait la fermeture après l'achèvement de la maçonnerie. Ce barrage devait permettre :

1. de renvoyer l'eau du côté français;
2. de construire jusqu'au barrage l'aqueduc central du tunnel, arrêté au km. 3,130 (fig. 23);
3. de procéder à la pose d'une conduite métallique de 0 m. 80 de diamètre (voir fig. 3, légende n° 39) permettant d'évacuer 8 m<sup>3</sup>/seconde, et descendant directement jusqu'à l'Orbe, en suivant la pente des éboulis. L'eau devait être dérivée à quelques mètres en arrière de la tête du tunnel au moyen d'une tranchée maçonnée dans le rocher et débouchant dans la conduite métallique. L'eau ayant diminué à 800 lit./sec., on procéda aux travaux de préparation de l'emplacement du barrage qui, mesurant 7 m., fut cons-

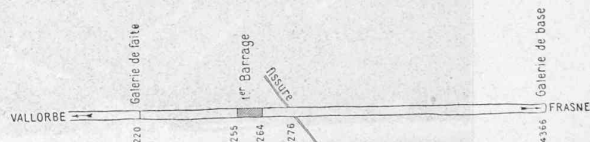


Fig. 20. — Etat des travaux au 15 janvier 1913.

truit entre les km. 4,254-4,261. Commencé le 2 janvier 1913, il fut terminé le 15. Pour isoler la fouille, on maçonna en amont et en aval du barrage deux petits murs destinés à détourner l'eau dans les conduites du barrage. L'étanchéité fut obtenue au moyen d'injections de ciment liquide à l'intérieur et sur le pourtour du barrage. Pendant sa construction, l'eau baissa de 800 à 400 lit./sec. (fig. 20).

La vanne fut fermée le 17 janvier 1913, à 11 1/2 a. matin : la pression monta d'abord rapidement, puis plus lentement suivant une parabole; les sources réapparurent les unes après les autres. Le 23 janvier, à 7 h. matin, le

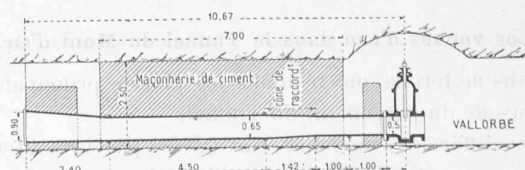


Fig. 21. — Tubulure en fer avec vanne, du barrage construit dans la galerie de base. — 1 : 2000,

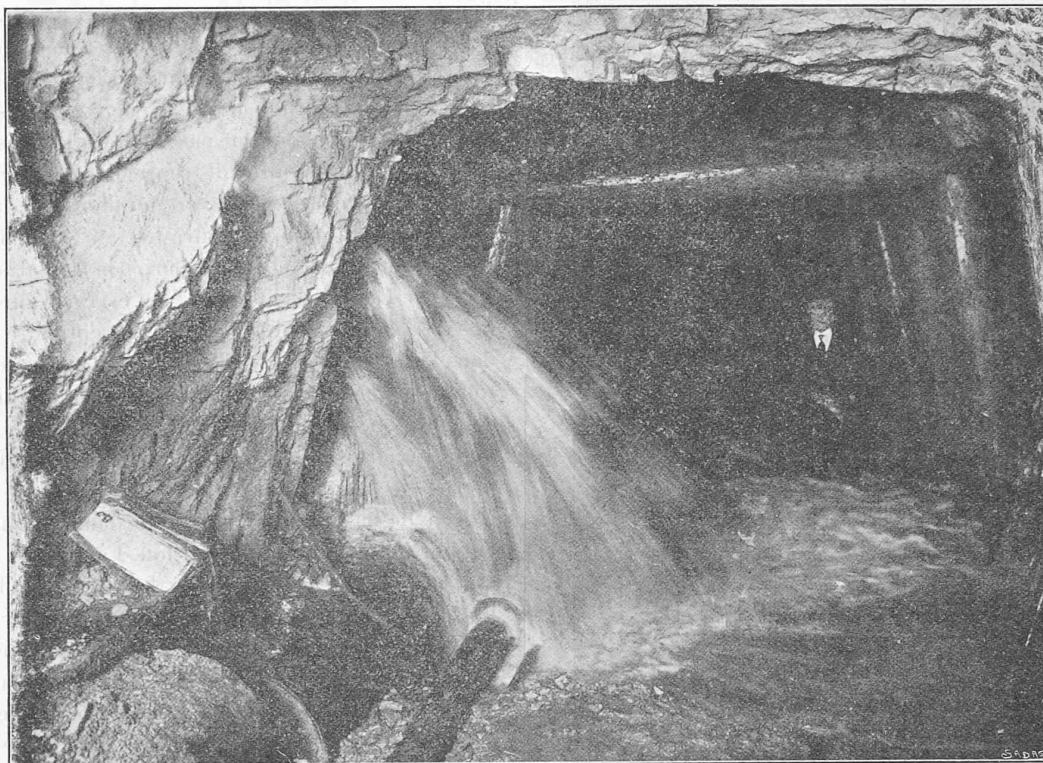


Fig. 22. — Source A.

manomètre indiquait 84 m. de pression, ce qui représentait la différence de niveau entre la fissure A du tunnel et la source du *Bief-Rouge* qui se mit alors à débiter normalement. La pression monta à 92 m. à la suite d'une chute de pluie et de neige sur le versant français : la preuve était

donc faite que l'on pouvait rendre l'eau à ce versant. C'était du reste le premier essai tenté au monde pour refouler l'eau à 92 m. d'un souterrain.

L'aqueduc central se poursuivait et fut terminé jusqu'au barrage le 18 février. Les abatages et maçonneries suivaient aussi.

On décida d'ouvrir la vanne du barrage le 21 février, mais en réglant le débit à celui de l'aqueduc pour ne pas être inondé. L'eau descendrait à l'Orbe par la buse de ciment 0 m. 60 de diamètre posée au commencement des travaux, soit en juillet 1911. Le 24 février au matin, l'eau accumulée derrière le barrage s'était complètement écoulee. On décida alors d'aller explorer la fissure. Pour cela, on creusa de chaque côté du barrage une petite galerie, celle de gauche comme passage, celle de droite pour détourner l'eau coulant de la fissure et la conduire à l'aqueduc. On suivit la fissure en l'élargissant et en l'approfondissant pour rester toujours en contact avec l'eau. Entre temps, la pose de la conduite métallique de 0 m. 80 fut achevée le 28 février. On ne craignait donc plus d'inondation à la tête du tunnel. On procéda alors à la démolition du barrage, tout en continuant les travaux de recherche dans la fissure A dont le conduit fut trouvé après de longues et difficiles recherches en dehors du profil du tunnel, à environ 2 m. 80 plus bas que la plateforme. L'aqueduc fut prolongé jusqu'à l'avancement. Le 28 mars, on put reprendre l'avancement de base arrêté au km. 4,366. Celui de faite, arrêté au km. 4,220, avait été repris le 22 février.

Arrêtés continuellement par des sources et par des crues de la fissure A, les mineurs avançaient avec difficulté,

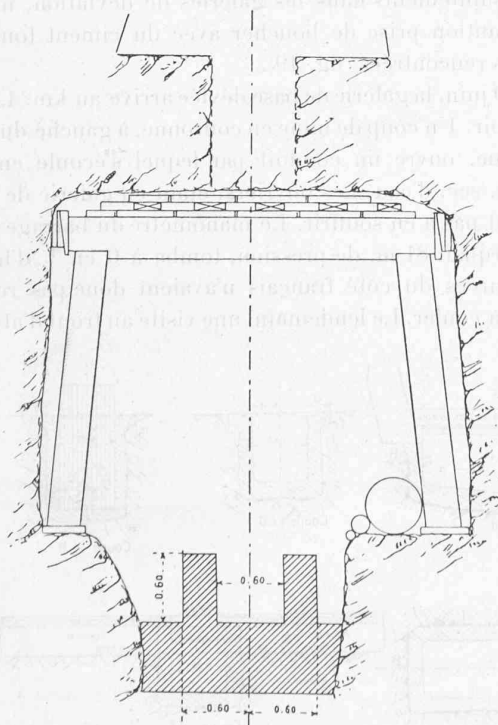


Fig. 23. — Aqueduc de la galerie de base.



Fig. 24. — Le bâtiment des bains, après l'inondation.

en galerie de base, lorsque, au km. 4,402, l'avancement rencontra le 13 avril au matin, une venue d'eau de 10 lit./sec., puis, le 16 avril au matin, une grosse venue d'eau *B* sous pression (250 lit./sec.) au km. 4,407<sub>50</sub> qui arrêta les travaux. Dans la même journée, par suite de la fonte des neiges la fissure *B* s'agrandit, le débit de l'eau sortant du tunnel augmenta à 7000 lit./sec. évacués par la conduite métallique citée plus haut. Le 19 avril, une pluie diluvienne fait monter le débit à 10 000 lit. Ne pouvant évacuer que 9000 lit., on pose rapidement une conduite de décharge provisoire descendant directement de la tête du tunnel. Les routes furent de nouveau coupées. Un peu d'eau s'infiltra dans le remblai et remplit les caves des cantines ita-

liennes.

L'eau baissa de nouveau, et l'on remarqua que la première fissure *A* ne donnait plus autant qu'avant. Il y avait donc communication entre les deux sources. De plus, le Bief-Rouge ne réapparut pas du côté français.

Dans l'impossibilité de reprendre l'avancement, il fut décidé le 1<sup>er</sup> mai de construire un deuxième barrage à peu de distance du premier, entre les km. 4,275-4,283, puis de percer sur la gauche une galerie de déviation parallèle à 20 m. de l'axe du souterrain. On espérait ainsi contourner la source *B* du km. 4,407 et pouvoir reprendre l'avancement dans l'axe en amont de cette source. Les venues d'eau étant toujours à craindre lors de l'explosion des mines à l'avancement, on se décida à faire deux galeries superposées. Les ouvriers se réfugiaient en galerie de faite pendant le départ de la volée, et, si une venue d'eau se montrait en galerie de base, ils étaient hors de danger. L'avenir montra l'opportunité de cette précaution. La galerie de déviation quitte l'axe du souterrain au km. 4,244 et le rejoint au km. 4,482, soit 238 m. plus loin. On travailla donc simultanément au barrage et aux deux galeries déviées qui furent commencées le 14 mai (base) et le 23 mai (faite). Le deuxième barrage était plus conséquent que le premier, car il devait obturer 3 galeries (base, faite et celle d'exploration de la fissure *A* qui n'était pas encore obturée par un bouchon). Le barrage fut commencé le 11 mai et sa construction est analogue à celle du premier; il présentait aussi deux tuyaux parallèles dont un de 0 m. 50 avec vanne et l'autre de 0 m. 80 avec une porte. Terminé le 2 juin, il fut mis en pression le 4. A ce moment, le débit étant très faible (env. 180 lit./sec.), la pression monta très lentement. L'effet de cette mise en charge se faisait sentir par de nombreux suintements dans les galeries de déviation, malgré la précaution prise de boucher avec du ciment toute les fissures rencontrées (fig. 19).

Le 9 juin, la galerie de base déviée arrive au km. 4,414<sub>60</sub>, 10 h. soir. Un coup de mine en couronne, à gauche du front d'attaque, ouvre un conduit par lequel s'écoule environ 4500 lit./sec. d'eau. Les ouvriers, étant en galerie de faite, n'eurent pas à en souffrir. Le manomètre du barrage 4,275 qui marquait 81 m. de pression, tomba à 0 en  $\frac{1}{4}$  d'heure. Les sources du côté français n'avaient donc pas recommencé à couler. Le lendemain, une visite au front d'attaque

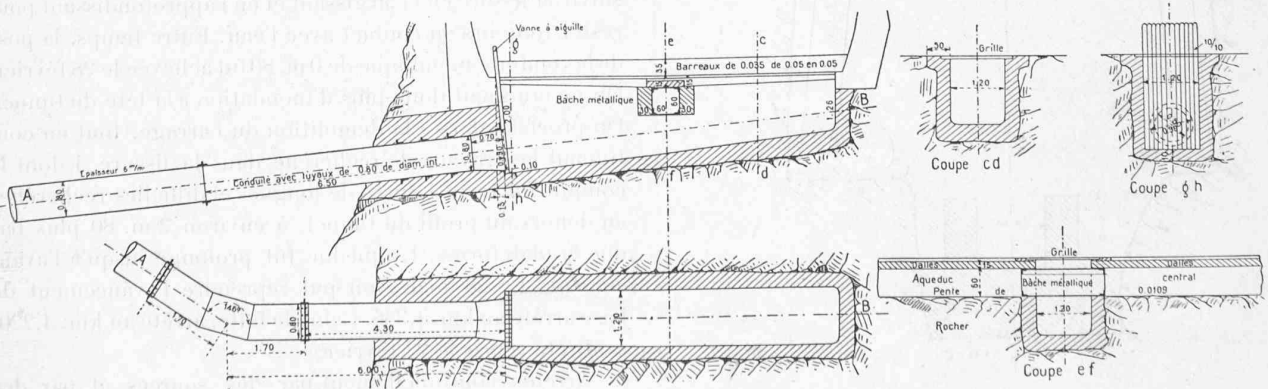
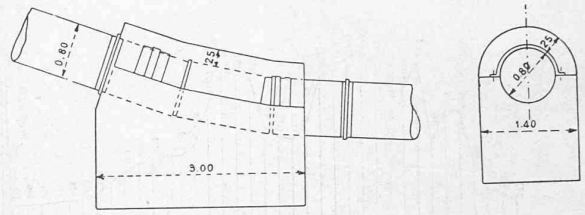
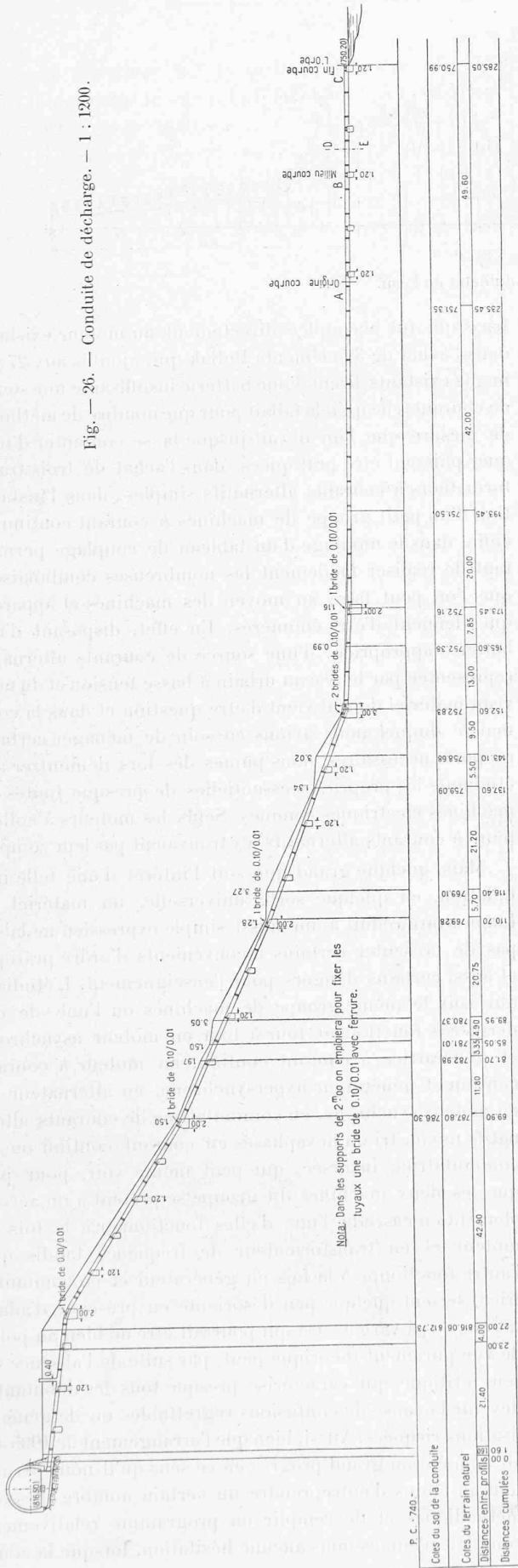
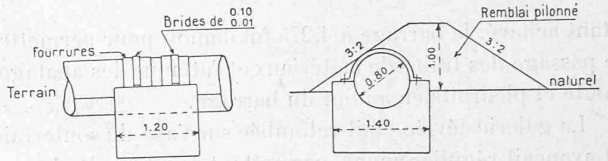


Fig. 25. — Tranchée à la tête du tunnel destinée à dériver les eaux dans la conduite de décharge. — 1:150.

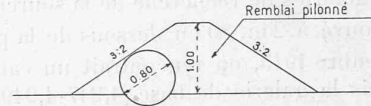
Fig. — 26. — Conduite de décharge. — 1 : 1200.



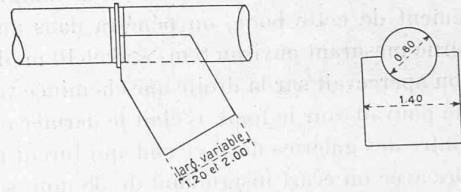
Détails du support-arrêt de 3 m. — 1 : 100.



Détails de support dans partie courbe A-C — 1 : 100.



Coupe D-E — 1 : 100.



Dispositif d'arrêt, en maçonnerie, des tuyaux de conduite — 1 : 100.

permet de voir sur la gauche un trou en couronne laissant passer l'eau, mais sans pression. Par ce trou, on pénétra dans un véritable conduit transversal, tantôt large, tantôt étroit, mesurant jusqu'à 2 m. x 2 et plus. Ce conduit, débitant 80 lit./sec., descendait de la gauche et fut exploré sur environ 60 m. Il coupait la galerie de déviation presque à angle droit et se perdait à droite dans un puits profond rempli d'eau qui ne permettait pas de pénétrer plus loin. On reconnut alors que ce conduit coupait aussi l'axe du souterrain à peu de distance de l'avancement arrêté au km. 4,407<sub>50</sub>, avec lequel il était en communication, car l'eau du conduit sortait par la fissure du front d'attaque 4,407<sub>50</sub>. Lorsque la pression tomba à 0 au barrage 4,275, on avait naturellement ouvert la vanne et l'eau s'écoulait sans pression. Le 11 juin, on décida de construire dans le conduit deux bouchons, l'un à gauche D (avec vanne) l'autre à droite E, (ce dernier beaucoup plus faible) de la galerie de déviation, et on continua cette dernière pour retrouver l'axe du souterrain aussi vite que possible. De plus, on décida de percer une galerie d'exploration (24 juin) du point B (fig. 19) en descendant contre l'avancement 4,407<sub>50</sub>. On découvrit en effet une fissure qui réunissait le bout du conduit et cet avancement, avec profondeur variant de 9 à 12 m. Le bouchon D de la grotte de gauche fut construit du 24 au 28 juin; le bouchon E, grotte de droite.

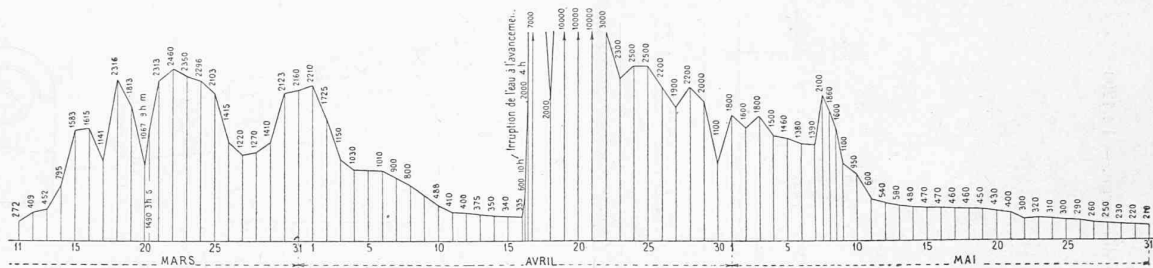


Fig. 27. — Graphique du débit de l'eau.

étant achevé, le barrage à 4,275 fut démolí pour permettre le passage des trains de matériaux et l'attaque des abatages voûte et piédroits en amont du barrage.

La galerie déviée était retombée sur l'axe du souterrain et avançait régulièrement, permettant de reprendre la construction normale du souterrain en amont du point 4,430 (B). Le bouchon F fut terminé le 2 septembre. Il est placé dans une des galeries de recherche de la source A dont le conduit fut trouvé à 2 m. 80 en dessous de la plateforme.

Le 9 septembre 1913, on rencontrait un canal qui traversait en biais la galerie de base (4,947-4,949) et par où sortait beaucoup d'eau et de boue. Le 12 dans la nuit, après le départ de la volée, une coulée lente d'argile et de sable envahit la galerie de base sur 25 m. de long. Après le déblaiement de cette boue, on pénétra dans une véritable caverne mesurant environ 8 m.  $\times$  8 et 10 m. de haut. De plus, on apercevait sur la droite une cheminée verticale dont on ne pouvait voir le fond. C'était le dernier obstacle à la rencontre des galeries nord et sud qui furent percées le 2 octobre avec un écart insignifiant de 38 mm. sur l'alignement et 10 mm. de différence de niveau.

Pour rendre l'eau du côté France, il est prévu d'épuiser la fissure B au moyen de pompes à air comprimé, puis de l'obturer avec un bouchon de béton. (A suivre).

## NOTICE

SUR LE

### Laboratoire d'Electricité Industrielle de l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne

par JEAN LANDRY,

professeur et directeur de ce Laboratoire.

(Suite)<sup>1</sup>.

#### Machines et tableaux.

Ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut, les transformations que nous apportâmes aux installations de la place du Tunnel, en 1905-1906, consistèrent dans le remplacement d'une génératrice à courant continu, accouplée par courroie à un moteur d'induction triphasé et peu apte à un service de Laboratoire, par une génératrice-commuta-

trice qui fut accouplée directement au moteur existant; dans l'achat de 39 éléments Pollak qui, ajoutés aux 27 éléments existants, firent d'une batterie insuffisante une source de courant telle qu'il la fallait pour que nombre de méthodes de mesure que l'on devait jusque-là se contenter d'indiquer puissent être pratiquées; dans l'achat de trois transformateurs à courants alternatifs simples; dans l'installation d'un petit groupe de machines à courant continu et, enfin, dans le montage d'un tableau de couplage permettant de réaliser facilement les nombreuses combinaisons que l'on peut faire au moyen des machines et appareils qui viennent d'être énumérés. En effet, disposant d'une batterie appropriée, d'une source de courants alternatifs représentée par le réseau urbain à basse tension et du nouveau matériel dont il vient d'être question et dans la commande duquel nous avons eu soin de ménager certains rapports nécessaires, nous pûmes dès lors démontrer aux étudiants les propriétés essentielles de presque toutes les machines électriques connues. Seuls les moteurs à collecteurs à courants alternatifs n'y trouvaient pas leur compte.

Mais, quelque grand que soit l'intérêt d'une telle installation, en quelque sorte universelle, un matériel de Laboratoire réduit à une aussi simple expression ne laisse pas de présenter certains inconvénients d'ordre pratique et aussi certains dangers pour l'enseignement. L'étudiant qui voit le même groupe de machines ou l'une de ces dernières fonctionner tour à tour en moteur asynchrone et génératrice à courant continu, en moteur à courant continu et générateur hypersynchrone, en alternateur ou en moteur synchrone, en commutatrice de courants alternatifs mono, tri ou hexaphasés en courant continu ou en commutatrice inversée, qui peut même voir, pour peu que les deux machines du groupe se prêtent à un accouplement en cascade, l'une d'elles fonctionner à la fois en moteur et en transformateur de fréquence tandis que l'autre fonctionne à la fois en générateur et en commutatrice, se sent quelque peu désorienté en présence d'adaptations aussi variées. Ce qui pourrait être un bien au point de vue purement théorique peut, par suite de l'absence de sens critique qui caractérise presque tous les débutants, devenir la cause de confusions regrettables ou de généralisations risquées. Aussi, bien que l'arrangement de 1905-06 ait déjà été un grand progrès en ce sens qu'il nous permit tout au moins d'entreprendre un certain nombre d'essais méthodiques et de remplir un programme relativement complet, n'eûmes-nous aucune hésitation, lorsque la cons-

<sup>1</sup> Voir N° du 25 octobre 1913, page 238.