

**Zeitschrift:** Bulletin technique de la Suisse romande  
**Band:** 28 (1902)  
**Heft:** 24

## **Sonstiges**

### **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:** 27.01.2026

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

nul, le centre et l'axe horizontal de cette ellipse de gauche coïncident avec les éléments correspondants de l'ellipse de la travée considérée isolément.

Au moyen de l'ellipse de gauche de la travée médiane, nous avons déterminé celle du deuxième appui.

$$\text{Ellipse du deuxième appui : } \begin{cases} \text{Axe} = \infty = 2 i. \\ \text{Poids élastique} = 0 = G. \\ G \cdot i^2 = 21600 \text{ cm}^{-1}. \end{cases}$$

L'arc étant symétrique par rapport à l'axe vertical de la travée centrale, les secondes ellipses des appuis ont été obtenues par une simple permutation des premières.

Les ellipses d'élasticité définitives des différentes travées ont été obtenues comme suit :

Pour chaque travée extrême, en combinant l'ellipse de la travée considérée isolément avec celle obtenue au-dessus du deuxième appui.

Pour l'arc central, en combinant l'ellipse de la travée considérée isolément avec les ellipses des appuis qui sont égales à celle obtenue au-dessus de la première pile.

Les lignes d'influence relatives aux réactions des appuis ont été obtenues par la méthode ordinaire.

En envisageant une charge uniformément répartie sur l'horizontale de 1 tonne par mètre linéaire, nous avons déterminé les lignes de pression relatives à la charge de chaque travée isolée (les autres travées étant supposées libres) et à la charge totale du pont.

*Influence d'une variation de température de  $\pm 25^\circ \text{C}$ .*

La poussée relative à une variation de température est donnée pour chaque travée par la formule :

$$Q = \pm \frac{E \cdot \alpha \cdot t \cdot l}{G \cdot y \cdot s}$$

La signification des différentes lettres est la suivante :

$E$  = module d'élasticité du fer = 2000 tn :  $\text{cm}^2$ .

$\alpha$  = coefficient de dilatation linéaire = 0,000012.

$t$  = variation de la température =  $\pm 25^\circ \text{C}$ .

$l$  = corde de la travée.

$G$  = poids élastique de la travée.

$y$  = distance de la corde de l'arc à son antipôle par rapport à l'ellipse d'élasticité de la travée.

$s$  = distance de la corde de l'arc au centre de l'ellipse d'élasticité de la travée.

En introduisant les valeurs numériques, nous obtenons :

*Travée centrale :*

$$Q_c = \pm \frac{2000 \text{ tn. : cm}^2 \times 0,000012 \times 25^\circ \times 3300 \text{ cm.}}{0,0203 \text{ cm}^{-3} \times 656 \text{ cm.} \times 2440 \text{ cm.}} \\ = \pm 0,061 \text{ tn.}$$

*Travées extrêmes :*

$$Q_e = \pm \frac{2000 \text{ tn. : cm}^2 \times 0,000012 \times 25^\circ \times 2600 \text{ cm.}}{0,0252 \text{ cm}^{-3} \times 614 \text{ cm.} \times 2130 \text{ cm.}} \\ = \pm 0,048 \text{ tn.}$$

La poussée totale est égale à :

$$Q = Q_c + 2 Q_e = \pm 0,061 \text{ tn.} + 2 \times 0,048 \text{ tn.} = \pm 0,157 \text{ tn.} \\ Q = \pm 0,16 \text{ tn.}$$

Qu'il nous soit permis, en terminant, de remercier ici M. Adrien Paris, ingénieur, à Lausanne, qui a collaboré pour une large part à ce travail, et MM. G. Mantel, ingénieur, à Zurich, et Modesto Panetti, Docteur-ingénieur, à Turin, dont les conseils éclairés nous ont été du plus grand secours.

HENRY LOSSIER.

## Divers.

### Tunnel du Simplon.

*Extrait du XVI<sup>me</sup> rapport trimestriel sur l'état des travaux au 30 septembre 1902.*

Du 1<sup>er</sup> juillet au 30 septembre 1902, les progrès ont été les suivants :

	Brigue.		Iselle.		Total.
	Progrès.	Etat fin sept.	Progrès.	Etat fin sept.	
Galerie d'avancement	471	7888	575	5361	13,149
Abatages . . . . .	550	7158	282	4575	11,733
Revêtements . . . . .	667	6896	431	4335	11,231

La température moyenne de l'air a été :

	Brigue.	Iselle.
A l'extérieur . . . . .	16°,87	16°,63
A l'avancement . . . . .	25°-28°	27°,5-29°,3
Aux chantiers de maçonnerie . . . . .	22°-27°	17°,5-21°

Du côté Nord, la roche traversée est du gneiss du Monte Leone sec. Sa température a donné lieu à d'intéressantes observations.

Au km. 7,400 à 40 m. du front d'attaque 47° le 3 juill. 35°,4 le 20 août.

» 7,600 » 22 » 48,1 » 10 août. 38,1 » 12 sept.

» 7,800 » 37 » 44,4 » 20 sept. 41,8 » 25 »

tandis que dans les trous de mine de l'avancement on avait trouvé

au km. 7,400 : 50°,7 ; au km. 7,600 : 51°,8 ; au km. 7,800 : 53°.

Le 8 juillet la ventilation secondaire a été interrompue pendant 24 heures ; on mesura ensuite la température de la roche aux deux avancements dans des trous de 3 m. de profondeur. Le thermomètre marqua 53° dans la galerie I et 52°,2 dans la galerie II.

Ces chiffres montrent que les observations faites dans les stations normales, après plusieurs jours de refroidissement par la ventilation, sont de 5-6° trop basses, que celles faites dans les trous de mine à l'avancement même sont encore de 1,5-2° au-dessous de la température réelle, ensuite du refroidissement que subit le rocher ambiant par la circulation de l'eau froide dans le trou pendant la perforation.

Cette haute température du rocher qui, à 7900 m., devrait être de 55° environ, est attribuable à l'extrême sécheresse du gneiss lité et à sa disposition peu inclinée, presque parallèle à la déclivité du terrain, ce qui assure une faible conductibilité calorifique. Ces mêmes circonstances sont, par contre, favorables au refroidissement des parois du tunnel, lesquelles, une fois refroidies à une certaine profondeur, ne se réchauffent que très lentement, en fonctionnant vis-à-vis de la chaleur ambiante comme un véritable tube isolateur.

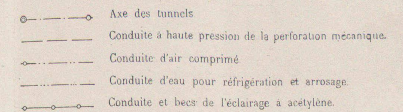
Du côté Sud les observations ont donné les résultats suivants :

Km.	4,600	4,800	5,000	5,200
	21°,3 puis 20,5	23 puis 22,5	26 puis 25,2	29 puis 28,5.

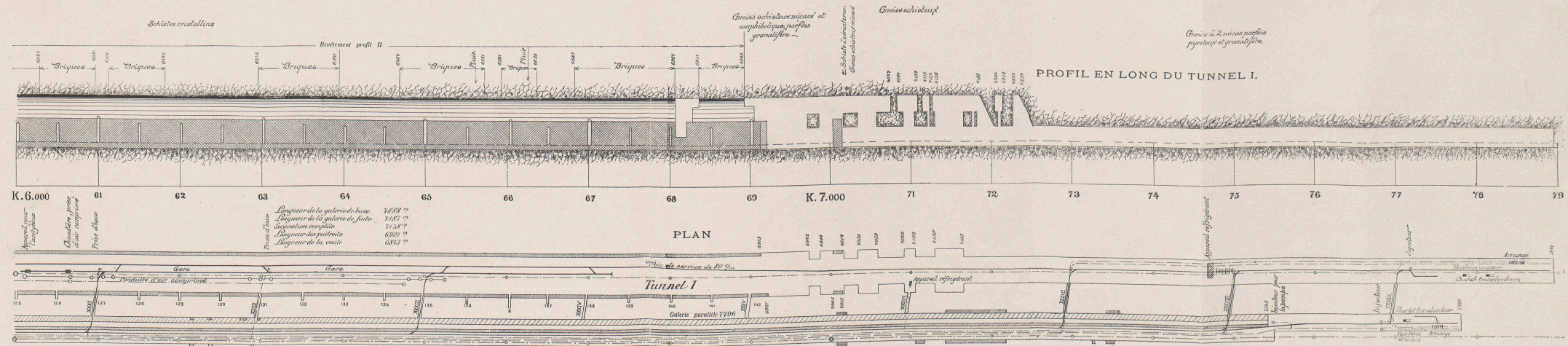
Aux trois premières de ces stations, la température a baissé



Le tunnel est complètement achevé depuis le km. 0,020 jusqu'au km. 4,000.



Le tunnel est complètement achevé depuis le km. 0,000 jusqu'au km. 6,000.





Seite / page

leer / vide /  
blank

alors que l'air circulant dans la galerie a eu constamment une température plus élevée que celle du rocher. A la station permanente du km. 4, la température du rocher est en hausse depuis le mois de juillet, ce qui n'est pas le cas aux km. 4,200 et 4,400.

Il a été introduit journellement dans le tunnel 2,954,500 m<sup>3</sup> d'air du côté Nord et 1,678,300 m<sup>3</sup> du côté Sud, à la pression de 227 et 97 mm. d'eau. La quantité d'eau refoulée dans les galeries pour les perforatrices s'est élevée à 6841 et 1688 m<sup>3</sup>, tandis que celle qui sortait du tunnel était de 40 et 1118 litres par seconde.

Les installations de réfrigération ont été complétées du côté Nord par l'intercalation d'un wagon-réservoir à glace sur la conduite de rafraîchissement. L'effet de ce wagon a été un abaissement de la température de l'air de 5°.

Le grand appareil de réfrigération, décrit dans le dernier rapport, abaisse la température de l'air de 11°,3 C.

Il a été excavé en moyenne par jour : 291 m<sup>3</sup> du côté Nord et 203 m<sup>3</sup> du côté Sud, dont 24 % et 43 % à la perforation mécanique. La consommation journalière de dynamite s'est élevée à 558 et 543 kg. par jour, soit 5,43 et 5,30 kg. par mètre cube de déblais à la perforation mécanique, et 0,94 et 0,67 kg. par mètre cube à la perforation à la main. Moyennes 2,03 et 2,67 kg. par mètre cube de déblais.

Nous reproduisons ci-dessous les dessins annexés au rapport, et qui ont trait, soit à l'état des travaux dans le tunnel (pl. 19), soit aux différentes machines et appareils en service.

A ce propos donnons quelques détails sur les pompes qui fournissent l'eau aux perforatrices (fig. 1 et 4) :

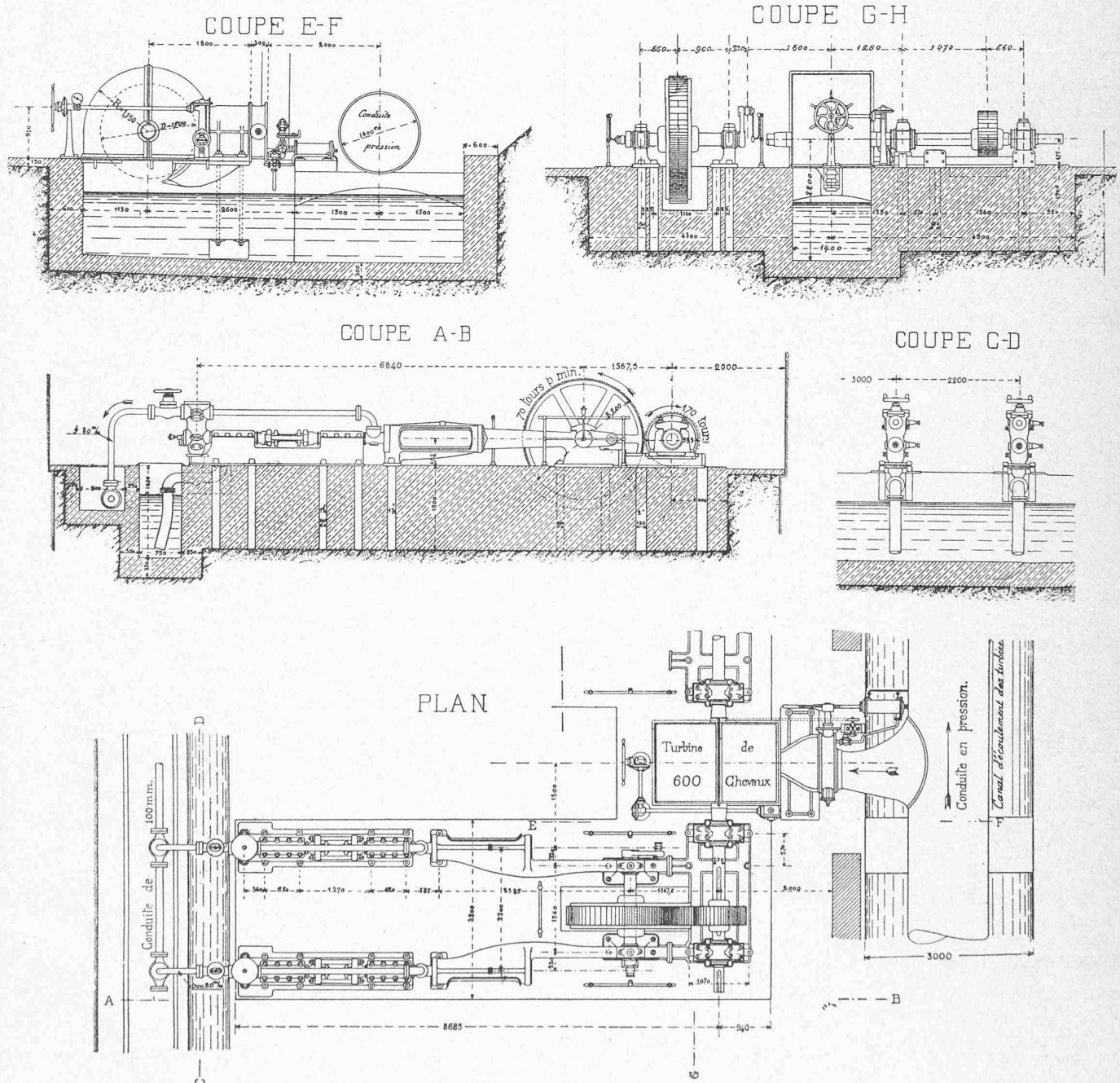


Fig. 1. — V<sup>me</sup> groupe de pompes à haute pression pour le service de la perforation mécanique.  
Plan et coupes. — Echelle : 1 : 100.

Les ateliers de l'Entreprise en renferment deux modèles basés sur le même principe ; c'est le plus grand qui est reproduit ici. Une turbine de 600 HP à axe horizontal actionne par l'intermédiaire d'un engrenage quatre pompes accouplées par paire ; celles-ci sont à piston-plongeur différentiel, à simple aspiration et refoulement à double effet, avec deux soupapes ; une chambre à air correspondant avec le tuyau d'aspiration est logée dans le bâti. La course du piston est 1 m., ses diamètres 60 et 85 mm. ; à 70 tours par minute, chaque pompe peut fournir 12 litres-seconde à une pression maximum de 120 atmosphères. L'eau est aspirée dans un canal commun à toutes les pompes, et refoulée dans la conduite alimentant les perforatrices ; sur cette conduite est branché un accumulateur à contrepoids (fig. 7), construit de telle façon que lorsque les perforatrices n'utilisent pas l'eau, celle-ci s'échappe dans le canal d'alimentation. La charge de l'accumulateur est réglée suivant la pression à obtenir. Quant aux pompes du petit modèle, au nombre de six, elles peuvent refouler chacune 6 litres-seconde sous 120 atmosphères de pression. La course du piston est 660 mm., ses diamètres 48 et 68 mm.

Les figures 2, 3, 5 et 6 se rapportent aux locomotives et wagons utilisés. Les locomotives à vapeur (fig. 5), qui ne circulent dans le tunnel que là où la maçonnerie est terminée, ont une longueur totale de 4<sup>m</sup>,63, une hauteur de 2 m. et une largeur de 1<sup>m</sup>,50. Elles sont construites de façon à ce qu'il ne soit pas

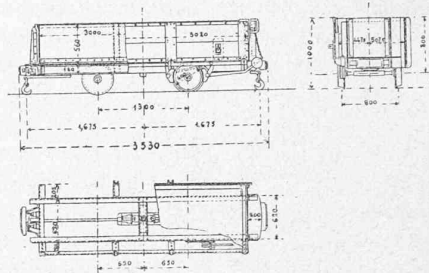


Fig. 2. — Wagon pour le transport des déblais et du matériel.

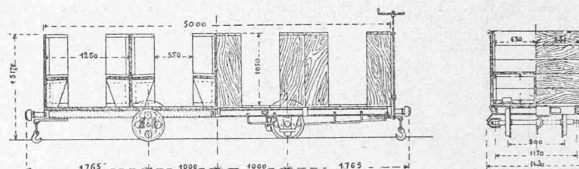


Fig. 3. — Wagon pour le transport du personnel. 24 places.

nécessaire de charger le foyer pendant la course à l'intérieur du tunnel ; dans ce but, la chaudière a une très grande contenance (1800 lit.) et peut supporter une pression de 15 atm., tandis qu'il suffit de 7 atm. pour que la machine puisse déve-

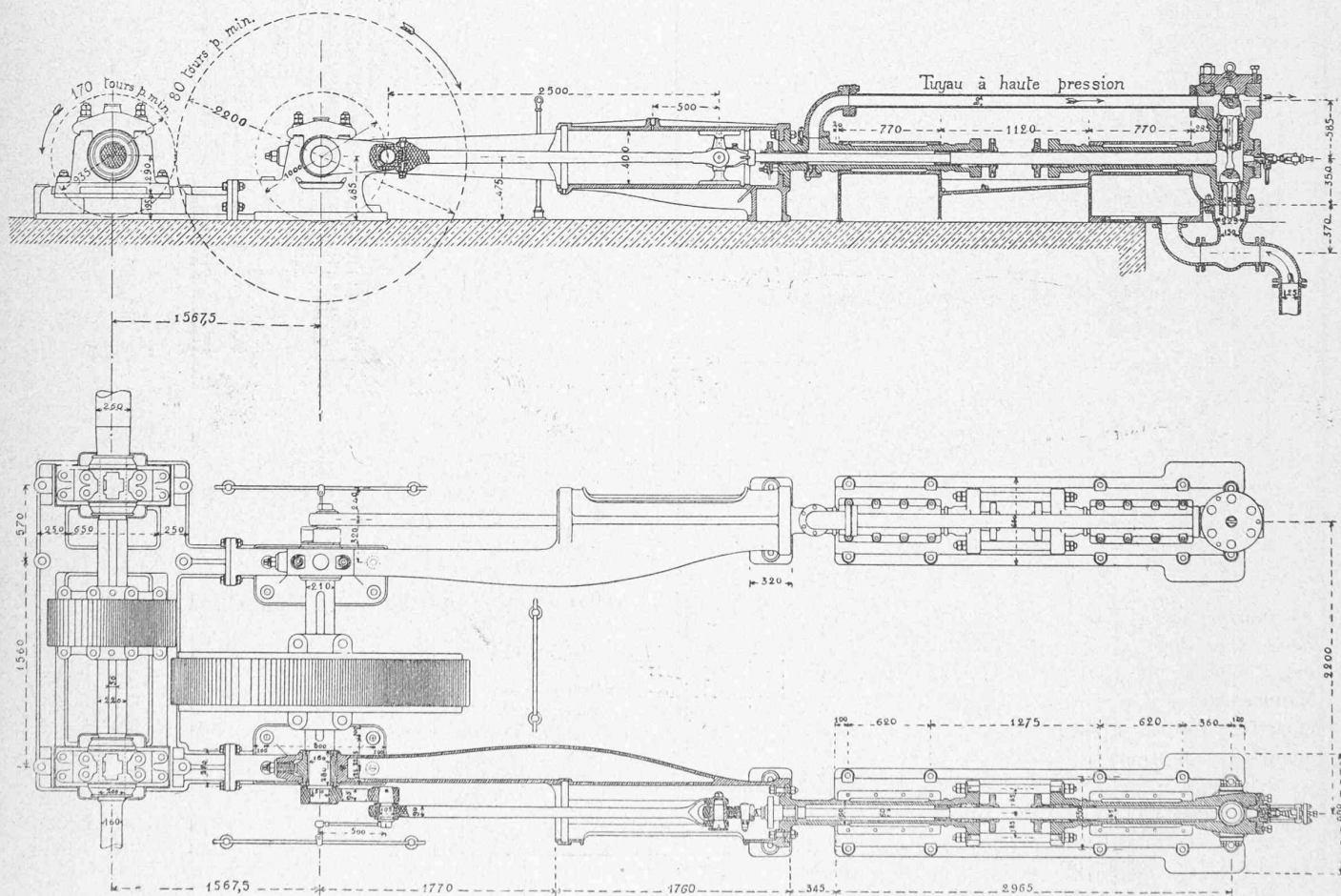


Fig. 4. — Pompes à double effet, à haute pression, pour le service de la perforation mécanique.

Diamètres du piston : 85 mm. et 60 mm. Course : 1000 mm.

Plan et coupes. — Echelle 1 : 50.



lopper sa puissance totale; de cette façon la vapeur continue à se produire sans rechargement de la grille, au fur et à mesure de la consommation.

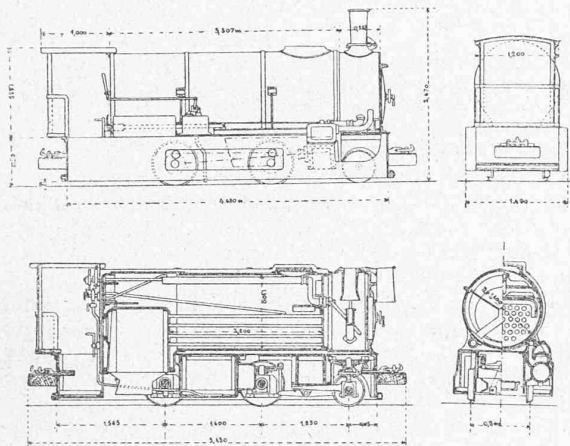


Fig. 5. — Locomotive à vapeur pour le transport dans le tunnel achevé.

#### LÉGENDE :

Ecartement de voie .....	800 mm.	Surface de la grille.....	0,5 m <sup>2</sup>
Diamètre du piston .....	250	Eau dans la chaudière....	1800 lit.
Course du piston .....	300	Eau dans le réservoir....	345 lit.
Roues motrices D = .....	620	Charbon.....	400 kg.
Roues porteuses D = ....	450	Force de tract. au crochet	1900 kg.
Ecartement essieux fixes.	1400	Poids adhérent .....	42 tn.
Ecartement total .....	2650	Machine vide .....	12,5 tn.
Pression .....	15 atm.	Machine en service .....	15,5 tn.
Surface de chauffe .....	33 m <sup>2</sup>		

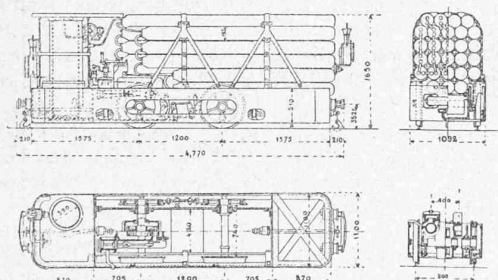


Fig. 6. — Locomotive à air comprimé pour le transport dans les galeries d'avancement.

#### LÉGENDE :

Ecartement de voie .....	800 mm.	Multiplication .....	1 : 3,25
Diamètre du piston .....	125	Pression de travail.....	15 atm.
Course du piston.....	450	Pression dans le réservoir	70 atm.
Diamètre des roues .....	620	Capacité du réservoir....	2000 lit.
Ecartement des essieux..	1200	Poids de la machine.....	6590 kg.

Depuis la gare intérieure à l'avancement, les trains sont conduits par une locomotive à air comprimé (fig. 6). Celui-ci est emmagasiné sous une pression de 70 atmosphères dans 27 tubes Mannesmann répartis en trois batteries sans communication l'une avec l'autre, de façon à ne pas empêcher la machine de fonctionner en cas de fuite à l'un des tubes. Du réservoir, l'air passe dans un réchauffeur à eau chaude, cylindre vertical placé à côté du mécanicien, puis aux cylindres qui sont au nombre de deux. La pression de travail est de 15 atmosphères. Après utilisation, l'air s'échappe à une température assez basse pour contribuer au rafraîchissement du tunnel. La machine transmet le mouvement à l'axe moteur au moyen d'un engrenage. La longueur totale de la locomotive est 4<sup>m</sup>,77, sa hauteur 1<sup>m</sup>,65 et sa largeur 1<sup>m</sup>,40.

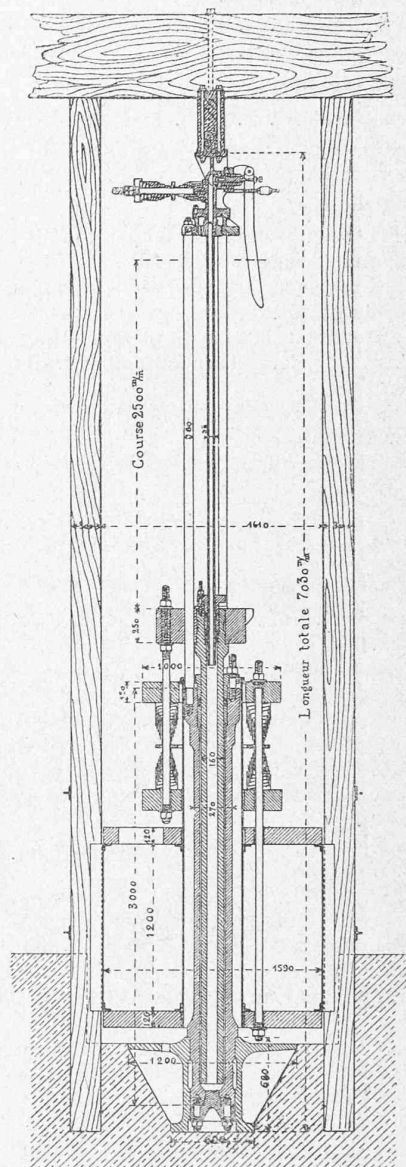


Fig. 7. — Accumulateur différentiel branché sur la conduite des perforatrices. — Echelle 1 : 50.

Diamètres du piston : 160 mm. et 58 mm. Course : 2500 mm.

#### Etat des travaux au mois de novembre 1902.

##### Galerie d'avancement.

		Côté Nord Brigue	Côté Sud Iselle	Total
1. Longueur à fin octobre 1902	m.	8068	5540	13608
2. Progrès mensuel	»	493	173	366
3. Total à fin novembre 1902.	»	8261	5713	13974

##### Ouvriers.

##### Hors du Tunnel.

4. Total des journées	n.	12568	13571	26139
5. Moyenne journalière	»	419	452	871

##### Dans le Tunnel.

6. Total des journées	»	26426	34559	60985
7. Moyenne journalière	»	1021	1198	2219
8. Effectif maximal travaillant simultanément	»	410	480	890

*Ensemble des chantiers.*

9. Total des journées . . . . . »	38994	48130	87124
10. Moyenne journalière . . . . . »	1440	1650	3090

**Animaux de trait.**

11. Moyenne journalière . . . . . »	8	8	46
-------------------------------------	---	---	----

**Renseignements divers.**

*Côté nord.* — La galerie d'avancement a traversé le gneiss schisteux et le gneiss granatifère.

On a arrêté la perforation mécanique les 21 et 22 novembre pendant 13 heures à cause des boisages.

Le progrès moyen de la perforation mécanique a été de 6<sup>m</sup>,55 par jour de travail.

Les eaux provenant du tunnel ont comporté 40 l.-s.

*Côté sud.* — La galerie d'avancement a traversé le gneiss schisteux.

Le progrès moyen de la perforation mécanique a été de 5<sup>m</sup>,77 par jour de travail.

Les eaux provenant du tunnel ont comporté 972 l.-s.

**Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes.**

*3<sup>me</sup> séance ordinaire, le 29 novembre 1902.*

Présidence de M. Isoz, vice-président, en l'absence du président, malade.

La séance est ouverte à 8 h. 30. Environ 45 membres sont présents.

M. L. Favre, ingénieur électricien, et J. Dubuis, ingénieur civil, sont reçus dans les sociétés suisse et vaudoise.

MM. H. Muret, ingénieur, P. Mercanton, ingénieur électricien, et Wiesendanger, assistant à l'Ecole d'ingénieurs, dans la société vaudoise.

M. Alfred Michaud, ingénieur, est présenté comme candidat par MM. Isoz et Gaillard.

M. E. Paschoud, ingénieur, nous donne une très intéressante conférence sur les éboulements et la réfection des tunnels du Crêdo et de la Cornallaz. Nous prenons, avec plaisir, note que cette conférence, illustrée par de nombreux dessins de M. Dufour, architecte au J.-S., paraîtra dans le *Bulletin technique*.

La parole est ensuite donnée à M. A. van Muyden, président de la Commission du béton armé. Il résume en quelques mots l'activité de la commission et introduit la lecture de son rapport, que fait M. A. Vautier. Avant de nous donner connaissance de ce rapport, ce dernier remercie ses collaborateurs de la commission de rédaction, MM. Dommer et Bosset.

M. le président remercie la Commission du béton armé de son travail et en annonce la publication dans le prochain numéro du *Bulletin technique*. L'assemblée ratifie la proposition de remettre à la prochaine séance la discussion à ce sujet. Lecture sera donnée, dans la prochaine séance également, des réserves des constructeurs de béton armé.

*Le Secrétaire.*

*4<sup>me</sup> séance ordinaire, le jeudi 11 décembre 1902.*

Présidence de M. J.-J. Lochmann, président.

La séance est ouverte à 8 1/2 h. ; 35 membres y assistent.

Le procès-verbal de la dernière séance est lu et adopté.

M. Alfred Michaud, ingénieur, est reçu dans les sociétés suisse et vaudoise.

Les candidats suivants sont présentés : M. A. Simon, ingénieur, par MM. de Vallière et Périllard ; M. Chenevière, premier ingénieur de la ville, par MM. de Vallière et L. Chavannes ; M. Gilliard, ingénieur, par MM. Hoffet et Chavannes-Clavel.

Après quelques questions administratives, lecture est donnée à nouveau du rapport de la commission du béton armé. Les réserves des constructeurs, MM. S. de Mollins, de Vallière et Muret, sont lues ensuite, puis M. Lossier présente un travail sur ce sujet.

Après une discussion intéressante et très nourrie, l'assem-

blée charge la commission d'étudier encore la question des formules et des coefficients que l'on pourrait admettre provisoirement.

La séance est levée à 11 1/2 heures.

*Le Secrétaire.*

**Note sur le calcul des arcs métalliques surbaissés de section peu variable**, par M. L. DE BOULONGNE, ingénieur des Ponts et Chaussées, et M. BODAU, sous-ingénieur du Bureau des constructions métalliques à la Compagnie des Chemins de fer P.-L.-M.<sup>1</sup>.

Il s'agit d'arcs surbaissés à section peu variable, reposant sur plusieurs clavettes aux retombées avec tympans ordinaires, non assimilables à des tympans rigides. Il s'ensuit que l'arc doit être calculé comme articulé sur la fibre moyenne, sous la charge permanente seule et comme encastré sur les retombées sous l'action des surcharges et des variations de températures, à la condition que les arcs aient été décintrés sur la clavette centrale et que les autres clavettes aient été posées et serrées, après décintrement, à la température moyenne. Mais l'encastrement en question n'est effectif que dans certaines limites. Il ne l'est que pour les combinaisons de surcharge et de température pour lesquelles la poussée totale, supposée répartie sur les deux clavettes extrêmes de la retombée, donnerait des valeurs positives, c'est-à-dire de compression, sur ces deux clavettes. En fait, on constate que l'encastrement reste à peu près rigoureusement effectif pour toutes les combinaisons de surcharges sans variation de température, mais il n'en est plus de même si la température varie ; l'encastrement disparaît et l'articulation se produit sur les clavettes supérieures si la température s'élève et sur les clavettes inférieures si la température s'abaisse au-dessous de la moyenne. On doit donc pour le calcul préliminaire des actions élémentaires séparées de la charge permanente, de la surcharge et des variations de température, tenir compte de ces différences et considérer l'arc : sous la charge permanente, comme articulé sur la fibre moyenne ; sous l'action des surcharges, comme encastré sur ses retombées et sous l'action des variations de température, tantôt comme encastré sur les deux retombées, tantôt comme encastré sur une retombée et articulé sur l'autre et, enfin, comme articulé sur les deux retombées (clavettes supérieures ou inférieures).

Les auteurs ont cherché et trouvé, pour des arcs à section peu variable, des formules applicables à tous les cas considérés et qui donnent, avec une approximation très suffisante en pratique, la valeur et la position de la poussée horizontale des arcs, de manière à éviter les calculs laborieux de la méthode employée ordinairement, et qui consiste à supposer l'arc sectionné à la clef et à déterminer les actions (réactions horizontale et verticale et moment fléchissant), égales et de sens contraire à appliquer aux deux faces de la section pour remettre en contact ces deux faces supposées tout d'abord déplacées sous l'action des forces extérieures.

La note donne, avec le calcul des formules en question, en forme de tableaux, les résultats de l'application de ces formules à un arc déterminé.

L'hypothèse de la faible variation de la section de l'arc équivaut à admettre que les projections de la surface et du moment d'inertie d'une section quelconque sur le plan de la section à la clef sont constantes.

**Agenda et livre d'adresses de l'électricien suisse, 1903**, par M. E. GAILLARD. — Ch. Eggimann & C<sup>ie</sup>, éditeurs, Genève.

Cet agenda, qui comprend une centaine de pages de texte français et allemand contient, outre les adresses des électriciens suisses, une partie technique où l'on trouvera les tables usuelles, les signes conventionnels à employer dans les plans d'installations, la série de prix pour installations électriques, des renseignements sur les télégraphes, téléphones, câbles électriques, etc.

<sup>1</sup> *Bulletin de la Société des Ingénieurs Civils de France* ; comptes-rendus par M. A. Mallet : *Annales des Ponts et Chaussées*, 4<sup>me</sup> trimestre 1901.

Lausanne. — Imprimerie H. Vallotton & Toso, Louve, 2.

1902, 129