

Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 33 (1907)
Heft: 10

Artikel: La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon
Autor: Mermier, E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-26233>

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: 23.08.2025

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

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef: P. MANUEL, ingénieur, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

Secrétaire de la Rédaction: D^r H. DEMIERRE, ingénieur.

SOMMAIRE: *La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon*, par M. E. Mermier, ingénieur. — *Nécrologie: Etienne Guillemin*, par M. J. Dumur, ingénieur. — *Esthétique des Villes*. — *Nouveaux moteurs électriques. Moteurs « Centrator »*, par M. W. Redard, D^r-Ingénieur, à Soleure. — **Divers**: Tunnel du Ricken. — Trafic du Simplon. — Coût des grands tunnels des lignes d'accès italiennes au Simplon. — 3^e conférence internationale pour l'unité technique des chemins de fer. — *Concours*: Programme de concours pour une infirmerie du district de Martigny. — Protocole du concours pour les piédestaux des monuments Francillon et Jolissaint, à St-Imier. — Ouvrages reçus. — Association amicale des anciens élèves de l'Ecole d'ingénieurs de l'Université de Lausanne: Offre d'emploi.

La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon.

Par E. MERMIER, ingénieur des C. F. F.,
ancien ingénieur au tunnel du Simplon.

(Suite)¹.

Ventilation des chantiers. — En suivant le courant, à partir de l'embouchure du caisson rectangulaire dans la galerie parallèle, on peut remarquer la double porte pour piétons de 1^m,80/1,00 fermant l'entrée de cette galerie. Chaque porte est munie d'un guichet en tôle de 0,30/0,30 pivotant sur axe vertical et permettant d'obtenir par son ouverture une pression égale sur les deux faces. Un contre-poids, avec chaînes et poulies, facilitait en outre l'ouverture de la deuxième porte. Chaque ouverture occasionnait la perte d'une écluse d'air. Il se produisait fréquemment d'ailleurs des fuites aux joints et surtout par le canal collecteur passant sous les portes.

On avait transformé en locaux de service diverses transversales, fermées par une cloison en briques du côté de la galerie parallèle et par un panneau en bois, avec porte, du côté du tunnel I. Ces locaux servaient de magasins pour les amorces, les cartouches de dynamite et de bureaux pour les employés. Pour aérer ces locaux avec l'air frais de la galerie parallèle, on avait ménagé dans la paroi en briques de petites ouvertures par où l'air pénétrait en quantité suffisante, par l'effet de la différence de pression existant sur les deux faces de la cloison.

Après avoir traversé la dernière transversale ouverte, l'air pénétrait dans la galerie de base du tunnel I et ne tardait pas à y rencontrer les chantiers d'attaque de la galerie de faite. Pour forcer une partie du courant à monter dans les cheminées verticales et à se répandre dans les culs-de-sac du faite, on tendait sur un cadre, en travers de la galerie de base, un écran en toile *E* (fig. 21) qui occupait une partie plus ou moins grande de la section libre. Cet écran, simplement retenu par des crochets, était relevé à la demande des piétons ou des conducteurs de waggons par un ouvrier occupé aux abords.

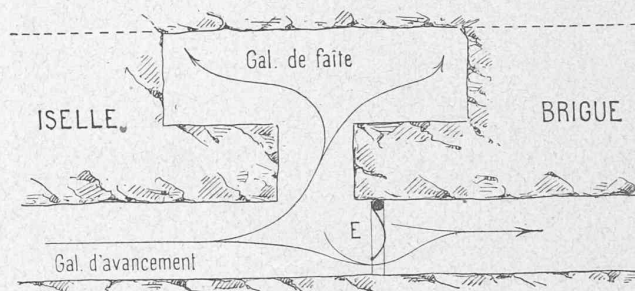


Fig. 21. — Ventilation de la galerie de faite au moyen d'un écran mobile *E* placé dans la galerie de base.

Lorsqu'on arriva dans les parties chaudes, ce moyen ne suffit plus et le système d'attaque de la galerie de faite par cheminées verticales fut remplacé par le mode d'excavation que nous figurons ci-dessous (fig. 22 à 24).

On commençait par relever de 1 m. le plafond de la galerie d'avancement, sur une longueur de 10 à 12 m. environ, en s'échafaudant sur les déblais, tout en laissant libre le passage des waggons (coupe AB), puis, pour attaquer à des hauteurs supérieures, on faisait un pont, dont le tablier était formé de huit fortes longrines jointives, et on laissait s'accumuler sur celui-ci une hauteur de déblais suffisante pour permettre aux ouvriers d'atteindre le faite (coupe CD). On déchargeait l'excédent, par dessous, au moyen de trappes ayant 0^m,60 sur 0^m,80 et par les deux extrémités du pont. Ce mode, très pratique, permettait une excellente ventilation. On faisait en même temps le battage au large et l'on avançait progressivement en enlevant en arrière une longueur de pont de 8 à 10 m. qu'on reportait en avant.

Le courant traversait ensuite les chantiers de maçonnerie sans dispositifs spéciaux, et suivait de là le tunnel terminé, en refoulant vers le portail les fumées des trains d'ouvriers et de matériaux.

Ventilation secondaire.

Injecteurs. — La ventilation primaire n'atteignant pas, comme nous l'avons vu, les chantiers d'attaque des galeries d'avancement, on est parvenu néanmoins à aérer ceux-ci d'une manière satisfaisante au moyen d'air repris à la ventilation primaire et amené par des conduites métalliques

¹ Voir n° du 10 mai 1907, page 97.

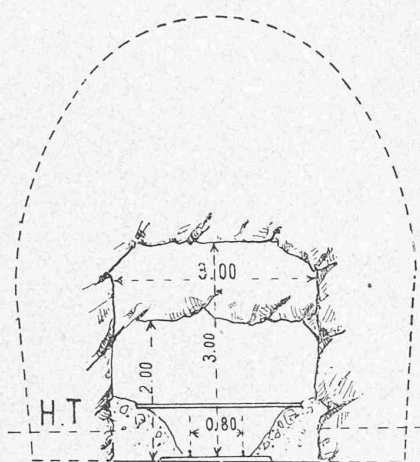


Fig. 23. — Excavation de la galerie de faite. — Coupe A. B.

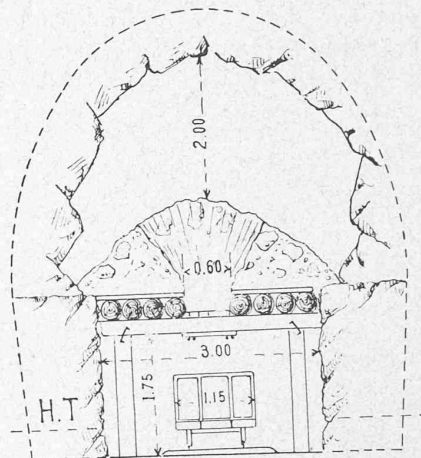


Fig. 24. — Excavation de la galerie de faite. — Coupe C. D.

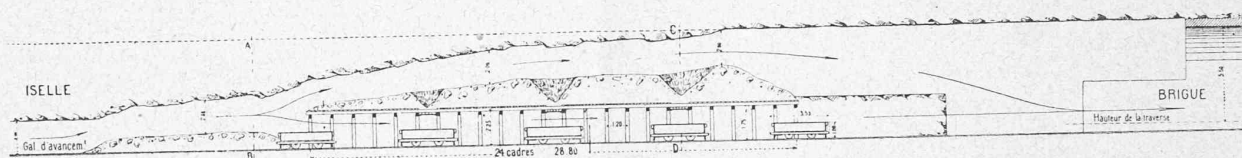


Fig. 22. — Mode d'excavation et d'aérage de la galerie de faite dans les parties chaudes.

jusqu'aux chambres de travail. Cet air est aspiré dans la galerie parallèle, quelques mètres avant la dernière transversale terminée et refoulé dans une conduite en tôle, ouverte aux deux bouts, au moyen d'un injecteur d'eau branché sur la conduite à haute pression des perforatrices. L'eau est évacuée après usage au moyen de siphons placés à la base de tuyaux spéciaux de section oblongue disposés le long de la conduite, de manière à n'envoyer que de l'air sec aux fronts d'attaque.

On a employé successivement, au fur et à mesure de l'accroissement de la température, des conduites de 0,20, 0,30 et 0,40 de diamètre (fig. 25).

Nous résumons ci-dessous les résultats de quelques expériences faites en janvier et février 1902 sur ces appareils.

Le 17 janvier 1902 l'appareil de la galerie parallèle était établi comme ci-après :

Longueur totale de la conduite	96 mètres.
Diamètre	0 ^m ,20.
Pression de l'eau au manomètre	75 atm.
Volume d'eau injectée, jaugé aux siphons d'évacuation, en litres, par sec.	1,80

L'eau, passant au travers d'une plaque percée de trois trous de 3 mm. de diamètre, avait une vitesse de 85 m. à la seconde à la sortie de l'injecteur.

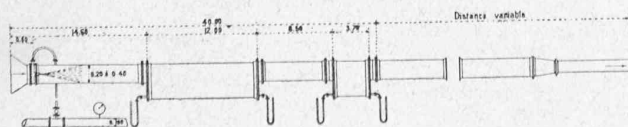


Fig. 25. — Ventilation secondaire. — Appareil refoulant l'air au front d'attaque au moyen d'un injecteur d'eau sous pression.

Longueur de conduite occupée par les tuyaux à siphons 40 mètres.

La conduite de 56 m. venant à la suite, était formée de tuyaux à brides assez étanches et ne comportait aucune prise secondaire sur son parcours.

La pression de l'air, mesurée au moyen d'un manomètre à U, dont une branche pénétrait dans l'intérieur de la conduite par un trou préparé dans ce but, a été trouvée de 204 mm. d'eau à 40 m. de l'injecteur, c'est-à-dire en un point où l'on pouvait considérer l'air comme purgé de l'eau d'injection.

A l'extrémité terminale de la conduite, la vitesse de l'air, constatée à l'anémomètre, était de 32 m., donnant un débit de 1 m³ à la seconde. La température de l'air, prise aux points où l'on mesurait la pression et la vitesse, était en moyenne de 18°.

Si l'on compare à cette vitesse d'expérience celle donnée par la formule de Gustave Schmidt, basée sur les expériences faites par M. Ernest Stockalper au tunnel du Gothard, on trouve, en admettant que toute la surcharge soit absorbée par les frottements :

$$v = \sqrt{\frac{10^{10} \times d \times z}{785 L \gamma \left(5 + \frac{1}{d}\right)}} = \sqrt{\frac{10^{10} \times 0.20 \times 0.204}{785 \times 56 \times 1.09 \left(5 + \frac{1}{0.20}\right)}}$$

$$= 29 \text{ m. au lieu de } 32 \text{ m.}$$

v = vitesse en mètre. d = diamètre de la conduite en m. z = perte de charge en m. d'eau. L = longueur de la conduite en m. γ = poids de 1 m³ d'air contenu dans la conduite.

Le 14 février suivant, ce même appareil avait 191 m. de longueur : un 2^e injecteur, de la force du premier, avait été placé à 97 m. de celui-ci, suivi par des tubes d'évacua-

tion de 42 m. de longueur. La pression de l'air à l'origine des 52 m. de conduite venant à la suite était encore de 204 millimètres d'eau. L'anémomètre accusait une vitesse finale de 35 m. donnant $1^{\text{m}^3},10$ à la sec.; la formule Schmidt donne 31 m.

En fermant un injecteur, la pression s'est abaissée à 95 mm. et la vitesse de sortie a été réduite à 19 m. (vol. $0^{\text{m}^3},60$); la formule Schmidt donne $20^{\text{m}},60$.

La concordance entre les vitesses d'expérience et celles de la formule étant assez satisfaisante, il était intéressant de calculer les débits correspondant à diverses longueurs d'une conduite de $0^{\text{m}},200$ et pour une surcharge initiale de 204 mm. qui est celle donnée par le robinet complètement ouvert de la prise, surcharge qui ne peut être augmentée tant que la haute pression reste stationnaire.

Les résultats sont les suivants :

Longueur de la conduite en m.	Débits en m^3 à la sec. m^3 .
20	1.51
30	1.26
40	1.09
50	0.97
60	0.89
70	0.82
80	0.77
90	0.72
100	0.68
150	0.56
200	0.48

La décroissance du débit, rapide lors des premiers allongements de la conduite, devient presque insensible quand la conduite atteint 150 à 200 m. de longueur. Aussi, tant qu'un demi-mètre cube d'air a pu suffire pour l'aérage de l'avancement — ce qui était le cas sur les premiers kilomètres — on a pu marcher avec un seul injecteur par front d'attaque. Pour avoir un peu de régularité dans cette ventilation, on se bornait alors à régler le robinet de prise d'eau, qu'on fermait partiellement lorsque la conduite était courte et qu'on ouvrait de plus en plus, suivant l'avancement du travail.

Quand la température du rocher devint plus élevée et qu'il fut nécessaire d'augmenter le débit et de le porter à 1 m^3 environ, un 2^e injecteur devenait indispensable dès que la distance de transport de l'air dépassait $40 + 50 = 90$ mètres.

Pour des quantités d'air plus fortes, on employa successivement des conduites de $0^{\text{m}},30$ et $0^{\text{m}},40$ de diamètre et, pour de grandes distances, allant jusqu'à 400 m., lorsqu'une des galeries était en retard sur l'autre, on plaça jusqu'à 4 injecteurs successifs.

Cet appareil peut donc s'adapter à des circonstances très variables, et, si l'on a soin de bien isoler la conduite de l'eau motrice, il présente aussi le très grand avantage de refroidir l'air du front d'attaque, surtout quand le dernier injecteur n'en est pas trop éloigné.

Emploi de la glace. — On a cherché à accentuer ce dernier avantage à Brigue en intercalant sur la conduite de la ventilation secondaire un *réservoir tubulaire à glace*, au contact duquel l'air se refroidissait très sensiblement.

Le réservoir dont il s'agit, agencé sur un truc (fig. 26 à 28), renfermait 513 tubes verticaux de $0^{\text{m}},04$ de diamètre et de $0^{\text{m}},788$ de longueur, remplis de glace, offrant, sous un faible volume, une surface froide de 50 m^2 en contact avec l'air de la ventilation.

L'effet utile de cet appareil, très intense au début, allait en diminuant assez rapidement et devenait nul après deux heures de service, en sorte qu'il fallait amener dans la galerie d'avancement une douzaine de wagons-réservoir par journée de 24 heures pour entretenir un peu de régularité dans cette réfrigération. La disposition, indiquée au croquis n° 29, permettait de substituer un wagon à l'autre sans interrompre la ventilation et donnait aussi la faculté de modérer l'action de l'appareil, en laissant passer en dehors du réservoir une partie de l'air, qu'on pouvait graduer en ouvrant plus ou moins les valves d'admission.

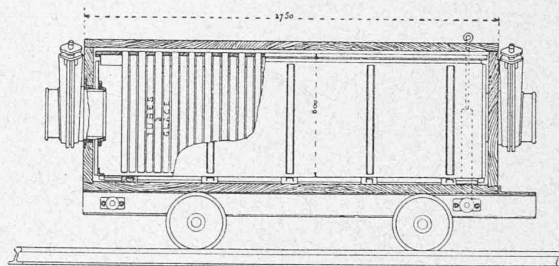


Fig. 26. — Ventilation secondaire. — Réservoir tubulaire à glace employé du côté de Brigue.

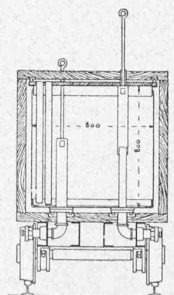


Fig. 27. — Section de réservoir à glace avec dispositif pour le remplissage de l'espace intertubulaire par un mélange réfrigérant.

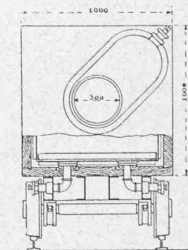


Fig. 28. — Section du réservoir à glace montrant les tubes de vidange du mélange réfrigérant.

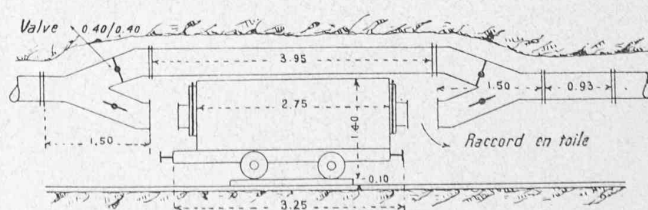


Fig. 29. — Mode d'intercalation du réservoir à glace sur la conduite de la ventilation secondaire.

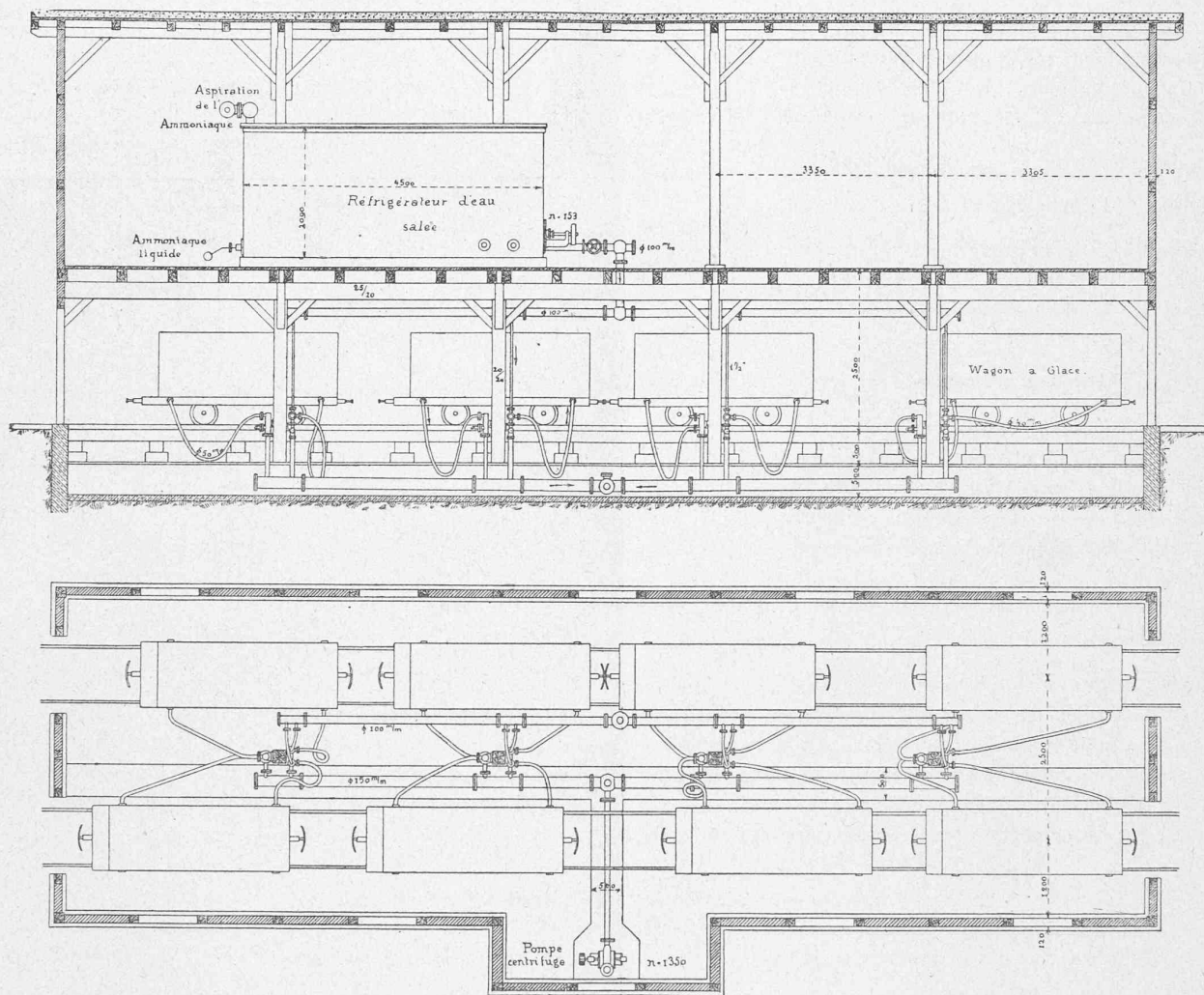


Fig. 31. — Coupe longitudinale et plan de l'installation servant au remplissage et à la vidange des wagons-réservoirs à glace.

un inconvénient du système de la ventilation par double galerie. Mais remarquons, en revanche, les avantages extraordinaires qu'on en a retirés: *dans la zone où la température du rocher a dépassé 50°, on a obtenu un abaissement moyen de température de 26°,6 pendant la perforation et de 23°,6 pendant*

le marinage, et cela, à une distance allant à 9500 m. du portail. Ces chiffres sont à retenir, car ils représentent un progrès considérable sur ce qui a été fait précédemment et montrent que la chaleur souterraine, cette dernière difficulté à combattre dans le percement des grands tunnels alpins, difficulté contre laquelle on paraissait désarmé après le Gothard, peut être vaincue désormais.

Quant à la quantité de chaleur enlevée par l'air, on peut faire remarquer que, dans cette même zone de hautes températures, le nombre de calories enlevées *en moyenne* par seconde a été de 4,57 pendant le marinage et de 3,03 pendant la perforation. Pendant le marinage, l'air est le *seul* agent mis en jeu pour le refroidissement et le nombre de calories dont il se charge donne la mesure *complète* de la chaleur enlevée, ce qui permet de dire qu'une calorie emportée correspond à un abaissement de $\frac{23.6}{4.57} = 5^{\circ},16$. Pendant la perforation, le refroidissement du milieu a donc exigé l'enlèvement de $\frac{26.6}{5.16} = 5,15$ calories par seconde. Or, nous avons vu que l'air en emporte 3,03. La différence $5,15 - 3,03 = 2,12$ représente la chaleur enlevée par l'eau des

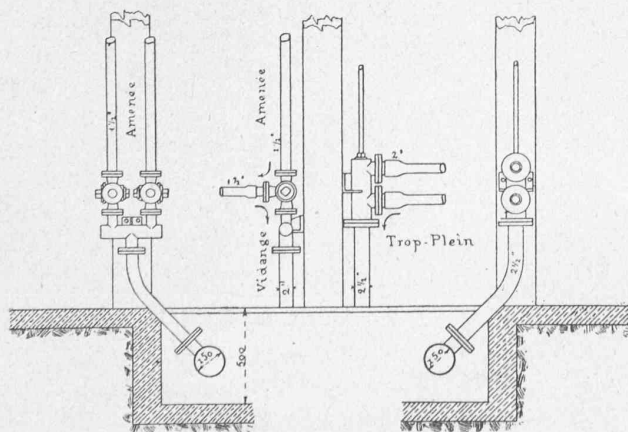


Fig. 32. — Remplissage et vidange des wagons-réservoirs à glace. Détail de la robinetterie.

perforatrices, ce qui n'a rien que de très vraisemblable puisque la quantité d'eau consommée par ces dernières — 6 litres-seconde — peut s'en charger moyennant une élévation de température de $\frac{2,12}{6} = 0,35$ pendant son trajet dans la chambre de travail.

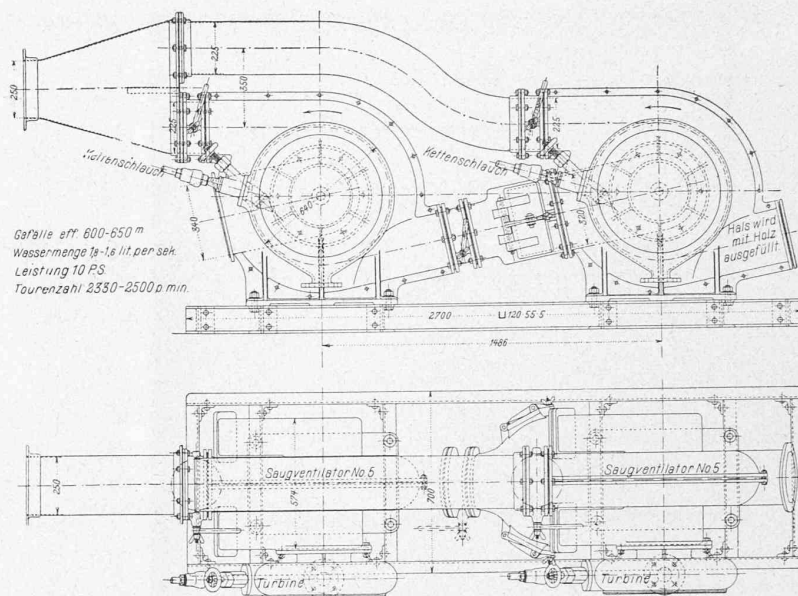
L'emploi de la perforatrice hydraulique contribue donc pour les $\frac{2}{3}$ environ dans l'enlèvement de la chaleur pendant la perforation.

Ventilation provisoire.

Les ventilateurs définitifs dont nous avons parlé n'ont pu être terminés et mis en service que le 18 mars 1901 à Brigue et le 10 juillet 1900 à Iselle. A ces dates, l'avancement était à 4600 m. du portail du côté suisse et à 2400 m. du côté italien. On a donc percé 7000 m. de tunnel avec des moyens provisoires que nous indiquons ci-dessous.

Côté de Brigue (Première période). — Dès le début et jusqu'en décembre 1898 (fig. 34), on a ventilé au moyen d'un petit ventilateur provisoire, à ailettes, actionné d'abord par un moteur à pétrole, ensuite par une machine à vapeur. La conduite, dans la galerie I, est en tôle de 0,30 de diamètre; un canard en bois, branché sur cette conduite

ventile la galerie II. Le volume d'air débité n'a pas été mesuré. Pendant cette période, on construit un puits d'aérage et l'on pose la conduite d'eau de la haute pression, qui servira pour la ventilation secondaire. Ce système a fonctionné jusqu'au p. kil. 0,300.



Cliché de la « Schweizerische Bauzeitung ».

Fig. 33. — Petit ventilateur de galerie employé pour la ventilation secondaire en remplacement des injecteurs.

Ventilation secondaire de la galerie I, côté Brigue.

Position kilométrique	Température en degrés C.					Quantité d'air introduite. m³ par seconde.	Abaissement de la température de l'ambiance		Quantité de chaleur enlevée par l'air dans la chambre de travail	
	moyenne du rocher	de l'air au front d'attaque		de l'air à la sortie du tube de ventilation	de l'eau d'injection		pendant la perforation	pendant le marinage	pendant la perforation Calories par sec.	pendant le marinage Calories par sec.
		pendant la perforation	pendant le marinage							
	Degrés									
1293	16,—	19,6	21,5	18,—	—	0,24	La tempéra- ture de l'air est plus élevée que celle du rocher.		0,11	0,23
1837	20,—	21,—	23,6	19,—	—	0,22			0,12	0,26
2300	21,4	21,5	23,6	20,—	11,7	0,20			0,08	0,19
2770	22,6	24,—	25,8	20,9	15,5	0,40			0,32	0,51
3252	26,7	28,—	30,—	25,7	20,6	0,40			0,24	0,45
3735	28,6	27,8	29,8	27,—	21,4	0,43		0,8	0,09	0,31
4119	28,6	29,8	30,5	27,—	22,5	0,53		—	0,39	0,48
4693	30,—	29,5	30,6	27,8	21,—	0,50		0,5	0,37	0,36
5195	32,3	31,1	32,3	29,—	22,6	1,18		1,2	0,65	1,02
5733	35,—	28,8	31,3	26,—	15,3	1,39		6,2	0,99	1,92
6335	38,4	28,7	31,—	25,1	12,7	1,85	9,7	1,74	2,84	
6884	41,3	27,5	30,—	20,9	10,6	1,99	13,8	3,43	4,73	
7417	49,2	28,9	31,—	23,9	15,—	2,43	20,3	3,17	4,50	
7888	52,3	25,—	28,—	20,4	15,7	2,70	27,3	3,24	5,36	
8469	53,2	24,6	28,6	20,—	13,—	1,70	28,6	2,04	3,82	
8931	53,4	26,2	29,5	19,—	14,—	1,53	27,2	2,87	4,19	
9427	50,8	27,5	29,3	19,9	11,3	2,—	23,3	3,97	4,90	
9950	48,6	26,7	31,—	21,5	15,—	1,40	21,9	1,90	3,47	
10177	47,—	29 2	31,3	25,—	17,2	1,03	17,8	1,13	1,69	

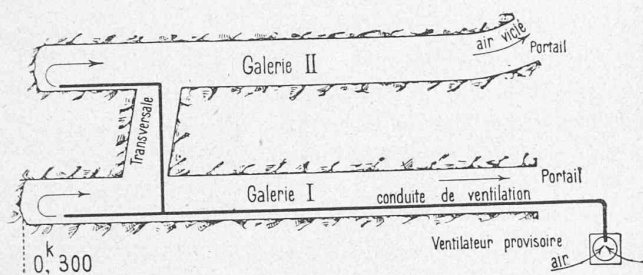


Fig. 34. — Première période de la ventilation provisoire du côté de Brigue.

2^{me} période. — De décembre 1898 au 1^{er} juin 1900 (fig. 35), les deux modes de ventilation (primaire et secondaire) fonctionnent.

L'aspiration est produite par un puits d'aérage de 48 m. de hauteur et 2^m,50 de diamètre, établi à 71 m. de l'embouchure de la galerie de direction, puits dans lequel on entretenait un feu actif sur une surface de grille de 8^m2,75. L'air entre par la galerie parallèle, passe dans le tunnel I par la dernière transversale laissée ouverte et s'échappe par le puits. L'embouchure de la galerie I et celle de la galerie de direction sont fermées pour éviter les rentrées d'air. Le volume d'air aspiré a atteint 10 m³ à la seconde au début et est allé en diminuant jusqu'à 6 m³, au fur et à mesure de l'allongement des galeries.

Des injecteurs reprennent l'air à la hauteur de la dernière transversale et l'envoient aux fronts d'attaque, suivant le mode que nous connaissons. Le volume d'air débité était d'environ 0^m3,40 à la seconde. Ce système a été appliqué jusqu'au p. k. 3,100.

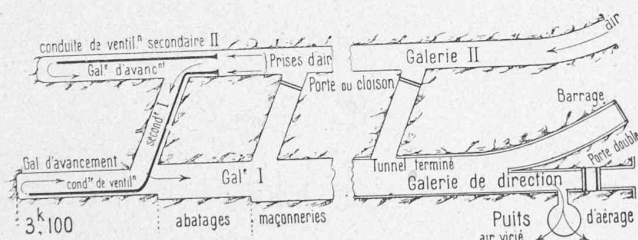


Fig. 35. — Deuxième période de la ventilation provisoire du côté de Brigue.

3^{me} période. — Du 1^{er} juin 1900 au 18 mars 1901 (fig. 36), l'air est refoulé dans la galerie parallèle par un ventilateur centrifuge provisoire de 1^m,80 de diamètre, comprenant 15 ailettes hélicoïdales et faisant 600 tours à la minute. Il est actionné par une turbine de 17 à 18 chev. des Ateliers de Vevey; une locomobile Sulzer de la même force est en réserve. Cette installation, très complète, est aménagée dans un petit bâtiment construit à l'entrée de la galerie II. L'air circule comme précédemment et s'échappe soit par le puits d'aérage, dans lequel on n'entretient plus de feu, soit par les ouvertures de la galerie I et de la galerie de direction. Le volume d'air obtenu: 15 m³ dès le début, est allé en diminuant en raison de l'allongement des galeries.

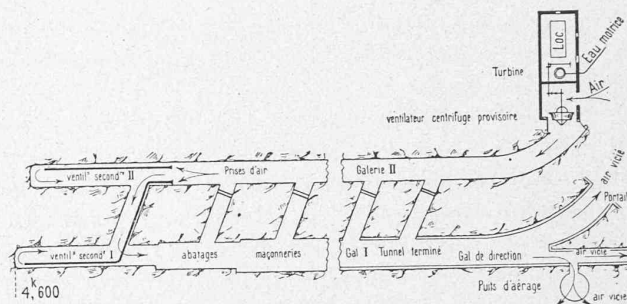


Fig. 36. — Troisième période de la ventilation provisoire du côté de Brigue.

Les fronts d'attaque sont alimentés comme précédemment. Ce système a été remplacé au p. k. 4,600 par la ventilation définitive.

Côté d'Iselle. — Avant la mise en service de la ventilation définitive on a assuré le renouvellement de l'air des chantiers, du côté d'Iselle, en employant deux ventilateurs centrifuges provisoires, placés dans le bâtiment des machines et actionnés par des machines à vapeur. Ils pouvaient donner chacun environ 2 m³ d'air par seconde, à la vitesse de 1200 tours par minute. La conduite était en tôle de 0^m,45 de diamètre en dehors du tunnel et de 0,25 dans les galeries. La ventilation secondaire a été établie dès le début, comme celle du côté de Brigue.

(A suivre).

NÉCROLOGIE

† Etienne Guillemain, ingénieur.

Membre de la Société suisse et de la Société vaudoise des ingénieurs et architectes.

Après avoir fait ses premières études au Collège cantonal et à l'Académie de Lausanne jusqu'en 1852, notre collègue Guillemain avait suivi l'Ecole centrale des arts et manufactures à Paris, dont il avait rapporté le diplôme d'ingénieur-chimiste en 1855. Il y avait été le camarade d'Eiffel, avec lequel il conserva de bonnes relations.

A son retour, il s'associa pendant quelques années avec son ami, feu le professeur G. Brélaz, pour fonder une fabrique de produits chimiques, vernis, couleurs, cires à cacheter, encres d'imprimerie, etc.; il la reprit ensuite à son propre compte et la dirigea jusqu'en 1866, année où un incendie la détruisit entièrement.

Il s'est occupé activement de plusieurs affaires industrielles. Il fut administrateur de la Société d'éclairage au gaz de Lausanne pendant longtemps; il étudia avec feu René Guisan l'introduction des tramways électriques dans cette ville, question qui a été heureusement menée à chef par M. A. Palaz. Il fut président de la Commission cantonale d'inspection des bateaux à vapeur, jusqu'au moment où ce contrôle est devenu fédéral.

Il fit partie du Conseil communal de Pully de 1888 à 1901, et fut aussi pendant la même période député de ce