Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande
Band: 33 (1907)
Heft: 7

Artikel: La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon
Autor: Mermier, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-26228

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: 09.12.2025

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

L'air liquide se rassemble dans le réservoir *G* d'où on l'extrait au moyen de la valve *P* commandée par le volant *T*. *O* est un manomètre indiquant la pression de l'air comprimé à son entrée dans l'échangeur. *E* est le volant de réglage de la valve de détente *C*. *L* est un manomètre à glycérine mesurant la pression de l'air qui s'échappe de l'échangeur.

La ventilation et la réfrigération du tunnel du Simplon.

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

Le 1er juin 1906, les Chemins de fer fédéraux ouvrirent à l'exploitation la ligne de Brigue à Domodossola. Ce fut un grand événement pour la Suisse romande, car la ligne nouvelle reliait enfin par rails les deux tronçons de la voie internationale Paris, Lausanne, Milan, que la barrière des Alpes avait séparés jusqu'alors.

Pour franchir cette barrière, on perça sous le massif du Simplon, entre Brigue et Iselle, un tunnel de base, qui se distingue des ouvrages similaires par son extrême longueur, la forte épaisseur de terrain qui le surmonte et la haute température des roches qu'il traverse.

Le tunnel du Simplon mesure en effet 19 804 m. et traverse des couches situées à 2135 m. au-dessous de la surface du sol. La température du rocher rencontré a dépassé 54° C. pendant l'exécution des travaux.

Malgré cette température extraordinairement élevée et quoique les ingénieurs aient été aux prises, en outre, avec des irruptions d'eaux chaudes et froides dont le volume, réuni presque en entier sur un seul versant, s'est chiffré par plus de 1200 litres à la seconde, on est parvenu à parachever cette œuvre remarquable avec une grande rapidité et en dépensant par mètre courant de tunnel une somme inférieure à celle qu'ont coûtée les autres grandes traversées des Alpes.

Nous ajouterons que si les difficultés ont été grandes, si la température a dépassé de beaucoup les prévisions les plus pessimistes, la conduite de ce travail a pu néanmoins se poursuivre sans que l'état sanitaire général du nombreux personnel occupé ait eu à souffrir.

Or, il est incontestable pour ceux qui, comme nous, ont pu suivre de près les travaux du Simplon, qu'un résultat aussi satisfaisant doit être attribué, dans une large mesure, aux soins avec lesquels le renouvellement et le rafraîchissement de l'air des galeries a été assuré. Aussi, croyons-nous qu'il peut être intéressant de donner ici quelques indications sur les procédés de ventilation et de réfrigération qui ont été appliqués, et de montrer l'importance qu'ils ont eue sur la bonne marche des travaux.

Nous voulons rappeler d'abord, à titre de comparaison, ce qui a été fait pour la ventilation des chantiers de construction des trois grandes traversées alpines qui ont précédé la percée du Simplon.

Le tableau suivant reproduit les principales données intéressant la question qui nous occupe.

Au **Mont-Cenis**, la ventilation a été assurée par l'air détendu des machines à percussion du système Sommeiller employées à la perforation. L'air était comprimé à l'extérieur à 6 ou 7 atmosphères par des compresseurs à piston hydraulique, mus par des roues à augets et était amené à l'avancement dans une conduite de $0^m,20$ de diamètre, débitant de $0^m,50$ à 0,90 m³ d'air à la pression atmosphérique. Ce système de ventilation était complété par des aspirateurs à cloches servant à l'évacuation de l'air vicié.

La température du rocher a dépassé 29° sur une longueur de galerie de 500 m. environ. Le Docteur Giaccone, qui a été médecin du chantier Nord pendant trois ans, rapporte que, dans les parties chaudes du tunnel, l'insuffisance de la ventilation a eu une répercussion fâcheuse sur la santé des ouvriers et que l'anémie des mineurs a fait un grand nombre de victimes.

Les équipes étaient à la vérité peu nombreuses et le travail marchait avec une sage lenteur. La ventilation rudimentaire dont on disposait n'aurait d'ailleurs pu permettre un travail plus intense.

Saint-Gothard. — Comme au Mont-Cenis, la ventilation du Saint-Gothard a été faite par l'air d'échappement des perforatrices à percussion. Comprimé à 8 atmosphères, au moyen de pompes Colladon actionnées par des turbines, cet air, ramené à la pression atmosphérique, a atteint au maximum 2 m³ par seconde et est descendu parfois à 0,50 m³. On bénéficiait, il est vrai, de l'air des locomotives employées à la remorque des trains de matériaux.

La température du rocher a été supérieure sur 5 kilomètres au maximum constaté au Mont-Cenis (29°,5) et a atteint 31°.

Le faible volume d'air introduit, malgré l'abaissement de température dû à sa détente, se réchauffait si rapidement dans ce milieu que, non seulement il n'en résultait aucun refroidissement perceptible du rocher, mais que la présence des hommes, la combustion des lampes et l'explosion des mines élevait encore la température de l'air à 32°,5 en moyenne et même jusqu'à 35°.

Dans une note publiée en 1883[1], M. E. Stockalper, ingénieur, ancien chef de service de la tête Nord du tunnel du Gothard, montre d'une façon saisissante les funestes conséquences qu'ont eues ces hautes températures sur le personnel ouvrier. L'anémie des mineurs, déjà constatée au Mont-Cenis, prit au Gothard une rapide extension, au point que, du côté d'Airolo, le 60 % des ouvriers en fut plus ou moins gravement atteint. Dans la mauvaise période, les ouvriers quittaient en moyenne le travail au bout de deux mois et cependant ils ne travaillaient que deux jours sur trois avec un nombre d'heure de travail journalier réduit à 5 seulement.

[1] E. STOCKALPER. *Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine.* 1883.

	Mont-Cenis.	Gothard.	Arlberg.	Simplon.	Observations.
Longueur du tunnel	12 849	14 984	10 240	19 804	
Altitude du point culminant de la montagne au-dessus de l'axe du tunnel	2949	2861	2030	2840	
Epaisseur maxima du terrain au-dessus du tunnel	1654	1706	720	2135	
Température maxima de la roche en degrés centigrades	29,5	31°	18,5	**54** [a]	[a] 56° d'après les observations de l'Entreprise Brandt, Brandau & Cie.
Effectif maximum approximatif d'ouvriers travaillant simultanément dans le tunnel	250	400	700	800	
Consommation journalière d'explosif, environ	200 kg. poudre comprimée	300 kg. Dynamite	350 kg. Dynamite gomme	500 kg. Dynamite gomme	
Volume d'air maximum introduit par seconde dans le tunnel . .	0,50 m³ à 1 m³	2 m³	3 à 6 m³	**36** m³	
Durée de l'exécution du tunnel, jusqu'à la rencontre des galeries d'avancement.	13 ans, 4 mois	7 ans, 5 mois	3 ans, 5 mois	6 ans, 6 mois	Durées arrondies par mois.
Longueur de galerie d'avancement percée en moyenne par mois .	80	168	250	254	Longueurs arrondies par mètre.
Dépense par mètre courant de tunnel achevé	6130 fr.	4470 fr.	4050 fr.	3900 fr. env. [b]	[b] Pour les deux tunnels, en admettant une dépense de 19,500,000 fr. pour l'achèvement du deuxième.

Le Dr Giaccone, qui fut aussi médecin au Gothard, attribue cette maladie à l'aération insuffisante, à la température élevée et à certains parasites intestinaux, dont le plus pernicieux, l'*Uncinaria [Ankylostoma] duodenalis* se trouve chez tous les malades. Ce parasite se transmet facilement dans les chantiers où l'on ne prend pas les précautions suffisantes pour la stérilisation et l'enlèvement rapide des excréments hors des galeries, aussitôt que l'air de celles-ci se sature de vapeurs chaudes.

Les bêtes de trait souffrirent encore plus gravement que les hommes de ces mauvaises conditions hygiéniques ; l'entreprise perdait en moyenne 20 chevaux par mois, qui tombaient foudroyés par des congestions pulmonaires.

Arlberg. — A l'Arlberg, l'attaque ayant été faite du côté Est, à l'aide de perforatrices à air comprimé, cet air contribua à la ventilation. Mais, instruite par la fâcheuse expérience du Gothard, l'Entreprise prit la précaution d'amener un complément d'air, qu'on refoulait dans une conduite spéciale de 0m,40 de diamètre, ce qui permettait de disposer au total d'un volume de 2,50 m³ à la seconde. Du côté Ouest, où l'on avait adopté la perforatrice rotative Brandt, à eau sous pression, la ventilation fut faite par des ventilateurs centrifuges qui lançaient une colonne d'air, à la pression initiale d'un tiers d'atmosphère effective, dans une conduite métallique de 0m,50 de diamètre, pouvant débiter de 2 à 3 m³ par seconde.

Vers la fin des travaux, un renforcement des installations permit d'élever le volume d'air introduit à 6 m³.

Eu égard à la basse température de la roche rencontrée (18°,5) cette ventilation suffit à tous les besoins.

Les faits constatés au Gothard avaient laissé dans l'esprit des personnes compétentes l'impression qu'il n'était pas possible d'abaisser sensiblement la température de l'air d'une longue galerie en construction, au-dessous de la température du rocher ambiant.

Après la rencontre des galeries de Göschenen et d'Airolo, le courant naturel avait fourni 12,50 m³ d'air à la seconde et la température du tunnel ne s'était abaissée que d'un demi-degré. Aussi concluait-on qu'à l'Arlberg — cité volontiers comme modèle — on n'eût pas mieux réussi qu'au Gothard, si la température du rocher s'y fut élevée à 31°.

On admettait, en définitive, qu'en perfectionnant les moyens de ventilation, on pourrait à la rigueur combattre dans les tunnels futurs une température allant à 40°, mais pas au delà.

Tunnel du Simplon.

Projets de 1882 et de 1891.

Avant l'adoption du projet du tunnel exécuté, de nombreux tracés ont été étudiés. Sans remonter à une date plus ancienne, nous voyons qu'en 1882, pour le projet du grand tunnel de base coudé de 20 kilomètres de longueur, le

Comité du Simplon estimait, dans son mémoire technique, à 3,3 m³ par seconde le volume d'air qui serait nécessaire à la ventilation de chacune des deux attaques. On prévoyait des conduites spéciales, indépendantes de celles de la perforation mécanique, dans lesquelles l'air aurait été introduit à une pression de 1 à 1,5 atmosphère effective. L'extraction de l'air vicié au moyen d'aspirateurs à placer près des têtes du tunnel était aussi recommandée. On s'attendait à rencontrer une température maxima de 35°, et l'on comptait éviter les maladies infectieuses en développant sérieusement les mesures sanitaires si négligées au Gothard.

En 1891, un nouveau projet est élaboré. Son tracé diffère peu du précédent. Mais pour ce qui regarde la ventilation, les idées ont changé. A la suite de nouvelles études, l'évaluation de la température de la roche est portée à 42° et l'on se préoccupe d'établir, dès la construction, des appareils de ventilation qui pourraient servir à ventiler le tunnel pendant l'exploitation.

La Compagnie Jura-Simplon émet alors l'idée de dédoubler la moité Sud du tunnel (fig. 1), ce qui permettrait d'adopter le système de ventilation suivant pour l'exploitation :

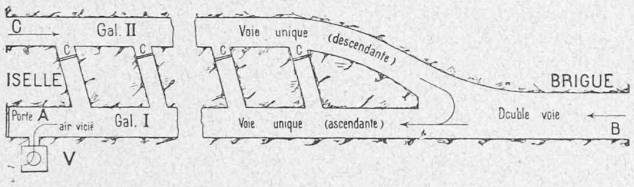

Fig. 1. — Tunnel du Simplon. Projet de 1891, avec galerie unique du côté Nord et double galerie du côté Sud. (Les flèches indiquent le sens de la ventilation).

Un ventilateur *V* aspirerait l'air de la branche ascendante du tunnel conjugué dont le portail *A* serait fermé, sauf au moment du passage des trains, et la rentrée de l'air se ferait par les deux autres ouvertures *B* et *C* laissées ouvertes.

Pendant la construction, on prévoit du côté Nord la perforation mécanique à air comprimé et l'utilisation de cet air pour l'aérage. Une conduite indépendante en tôle, de 0m,80 de diamètre, dans laquelle serait chassé un courant d'air, avec une surcharge initiale de 1 atm., amènerait en outre un sérieux renfort de ventilation.

Du côté Sud, on attaquerait la roche avec la perforatrice Brandt. La galerie auxiliaire (II) serait employée pour l'amenée de l'air pur ; l'autre galerie (I), reliée à la première par des transversales fermées par des cloisons *c* au fur et à mesure de l'avancement des travaux, servirait au retour d'air. Des ventilateurs Guibal, de 4m,50 de diamètre, donneraient la surcharge nécessaire pour provoquer la circulation de cet air avec une vitesse suffisante.

Cette disposition en double galerie, projetée pour le côté Sud, constitue une innovation des plus intéressantes. Nous tenons à faire ressortir par des chiffres les avantages qu'elle présente, au point de vue de la ventilation, sur le système proposé pour le côté Nord.

A cet effet, nous supposerons qu'on veuille introduire, du côté Sud, 25 m³ d'air à la seconde, correspondant à une vitesse de 4 m. dans la galerie auxiliaire d'une section de 6,25 m². Dans les conditions les plus défavorables, c'est-à-dire quand l'attaque sera à 10 km. du portail, la surcharge à donner à l'origine pour permettre à l'air de vaincre les résistances dues au frottement contre les parois nues de la galerie, peut se calculer par la formule connue :

$$h = w\,\rho\,\frac{v^2}{2\,g} \times \frac{L}{D} \qquad \text{(I)}$$

dans laquelle :

h = perte de charge en millimètres d'eau ;
ρ = coefficient de frottement, que nous prendrons égal à 0,07 d'après les expériences faites par M. Murgue, aux Mines de Bessèges (France) ;
w = poids moyen de 1 m³ d'air introduit ;
v = vitesse moyenne du courant en mètres ;
L = longueur de la galerie en mètres ;
D = diamètre moyen de la galerie en mètres $= \frac{4\,\Omega}{p}$.

Ω étant la section de la galerie en m² et p le périmètre. A mesure qu'il avance dans la galerie, l'air se détend, sa vitesse augmente et son poids spécifique diminue. Pour l'exactitude du calcul, il faudrait prendre la moyenne de ces vitesses et de ces poids spécifiques, mais dans le cas qui nous occupe, on fait une erreur insignifiante en introduisant dans la formule la vitesse et le poids d'origine au lieu de ces valeurs moyennes.

(A suivre).

Divers.

Programme du concours ouvert par la Ville de Genève pour la présentation de projets réalisant les meilleures conditions pour utiliser la force du Rhône à La Plaine (Usine N° 3).

La Ville de Genève ouvre un concours pour la présentation de projets réalisant les meilleures conditions pour utiliser la force motrice du Rhône aux environs de La Plaine, canton de Genève.

Les documents suivants sont mis, dans ce but, à la disposition des intéressés :

Le plan de l'état des lieux, avec courbes de niveau de mètre en mètre, et les résultats des sondages.

Le profil en long du cours du Rhône entre Chèvres et La Plaine indiquant les remous que l'on peut obtenir suivant le débit du fleuve et les graphiques du débit du Rhône pendant les années 1901 à 1905.

Le plan ci-joint indique les emplacements prévus pour les ouvrages, à l'occasion de la demande de concession faite par la Ville en 1897.

Le débit du Rhône à La Plaine varie, d'une manière habituelle, entre 120 mètres cubes en hiver et 600 mètres cubes en été ; cependant, on relève quelquefois, en hiver, des minima de 100 mètres cubes et, en été, des maxima de 900 mètres cubes, mais ces débits extrêmes ne sont que de courte durée ; ajoutons qu'il a été constaté, d'une manière exceptionnelle, il est vrai une crue de 1200 mètres cubes.