Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 9 (1883)
Heft: 1

Artikel: La ventilation des grands tunnels
Autor: Sinner, Ch. de
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-10335

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: 15.07.2025

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

gements des portails), un vide total de 615000 m³. *A la fin* du 4e jour d'absence de courant naturel, l'air du tunnel contiendrait donc $2._{12}$ % d'acide carbonique et $1._{14}$ % d'oxyde de carbone, tandis que sa contenance en oxygène serait descendue de $20._{96}$ à $18._{27}$ % (abstraction faite de l'humidité de l'air). Les bougies s'éteignent à l'air libre lorsqu'il contient moins de $18._{5}$ % d'oxygène ; l'air est encore respirable avec 2 % d'acide carbonique ; il est nuisible avec $^1/_8$ % d'oxyde de carbone. Après une interruption de 4 jours de la ventilation naturelle (l'exploitation demeurant ininterrompue) il serait donc à peine possible de supporter l'atmosphère du tunnel, même si l'on ne tient pas compte de ce que les effets des diverses influences nuisibles qui viennent d'être énumérées à part doivent plus ou moins s'additionner les uns aux autres[1].

Il convient cependant de ne pas oublier qu'il ne se produit une pareille viciation de l'air qu'*à la fin seulement* d'une période telle qu'elle ne se présentera peut-être qu'une seule fois par année. Notons aussi que, durant une absence de ventilation de ce genre, les courants locaux formés, dans le voisinage des portails, par diffusion et le mouvement des trains eux-mêmes provoquent un faible mélange d'air que nous n'avons pas fait entrer en ligne de compte *mais qui améliore cependant notablement l'état des choses*. Il n'est enfin rien de plus simple que de laisser stationner à Gœschenen ou à Airolo, durant le jour où la ventilation sera si défavorable, l'un ou l'autre des trains de marchandises, afin de ne pas trop augmenter la quantité de fumée séjournant dans le souterrain. Il serait réellement triste de devoir, à cause de l'insuffisance du courant d'air naturel pendant un couple de jours par année, faire les frais d'une coûteuse installation de ventilation artificielle, dont le fonctionnement, — comme le montrent avec évidence les tableaux qui précèdent, — serait absolument sans but durant tout le reste de l'année. Il existe, du reste, une raison empirique qui parle en faveur de la superfluité d'une ventilation artificielle du tunnel du Gothard ; nous voulons parler de l'exploitation du tunnel du Mont Cenis en l'absence d'installations (effectives) de ce genre. S'il est facile de *prouver* qu'au point de vue de la ventilation naturelle, le tunnel du Gothard se trouve situé dans des conditions deux fois moins favorables que celui du Mont Cenis, il ne faut pas oublier qu'on brûle dans ce dernier 20 300 kg. de charbon par jour, tandis qu'on a à compter pour le premier qu'avec une consommation de 2736 kg. pour 4000 tonnes brutes de trafic journalier. Le tracé du tunnel du Gothard est, par conséquent, au point de vue de la *viciation de l'air*, $7._4$ fois plus favorable que celui du Mont Cenis, et il ne se trouve en somme avoir à combattre que les $2 : 7._4 = 0._{27}$ des difficultés de ventilation qu'on rencontre pour ce dernier souterrain.

La question de la ventilation effective du tunnel entier ne résout, du reste, nullement celle de l'*introduction locale d'air comprimé dans le seul but de restaurer les ouvriers* qui doivent y séjourner pendant 8 heures consécutives. Bien, au contraire, cette précaution est d'*autant plus indispensable* qu'on songe moins à la ventilation artificielle du souterrain tout entier, opération pour laquelle l'introduction d'air comprimé ne sert à rien. Il ne faudrait, en effet, même en faisant marcher ensemble tous les compresseurs de Gœschenen et d'Airolo (déduction faite de ceux qui se trouveraient en réparation), pas moins de 200 heures pour renouveler une fois entièrement l'air du tunnel. Les aspirateurs à cloches existant dès la construction seraient eux-mêmes parfaitement insuffisants pour la ventilation artificielle. En admettant 5 coups par minute et un effet utile de $0._{50}$, il faudrait 17 aspirateurs de ce genre (à 2 cloches) pour engendrer un courant d'air de 1 m. par seconde à travers le souterrain.

L'air comprimé, introduit dans le tunnel *uniquement dans le but de restaurer les ouvriers*[1], devrait posséder à chaque point d'échappement une suppression d'au moins 1 atmosphère. Il est absolument superflu de laisser les robinets à air constamment ouverts, mais il faut, en revanche, les espacer *à courte distance* les uns des autres et veiller à ce qu'ils soient toujours faciles à trouver et à ouvrir. Il paraît convenable d'installer à l'entrée du tunnel un grand réservoir constamment rempli d'air à une pression suffisante pour que le manomètre marque encore 1 atmosphère effective à l'extrême bout de la conduite d'air, lorsque tous les robinets d'échappement sont fermés dans le tunnel. Avec un réservoir de dimensions convenables, il suffira vraisemblablement pour atteindre ce but du jeu d'un fort compresseur ne marchant que pendant une fraction de la journée.

Notons encore que les gardes du tunnel doivent trouver facilement à leur disposition, sur des points pas trop éloignés les uns des autres, de l'eau constamment courante et fraîche.

[1] Observation. Cette conclusion n'est point une simple opinion, mais bien le résultat direct des observations et du calcul. Elle ne pourrait se modifier que si les combinaisons *moyennes* des conditions atmosphériques à Gœschenen et Airolo devaient s'écarter notablement de celles de l'année 1881 prises ici pour base, ou bien si le coefficient d'effet de la ventilation naturelle ($0._{08}$) se modifiait lui-même essentiellement pour d'*autres* conditions de la circulation de l'air que celles pour lesquelles il a été déterminé, ou enfin s'il était consommé dans le tunnel d'autres quantités de charbon que celles que nous avons supposées. Il serait facile, en y consacrant le temps voulu, de faire la lumière sur le premier point, puisque les observations météorologiques d'Airolo et de Gœschenen remontent en partie jusqu'en 1872 et ne présentent presque aucune lacune depuis 1876. Quant au second point, il ne peut être éclairci qu'en poursuivant, dans les conditions les plus diverses possibles, les mesurages de la vitesse de l'air à l'intérieur du souterrain.

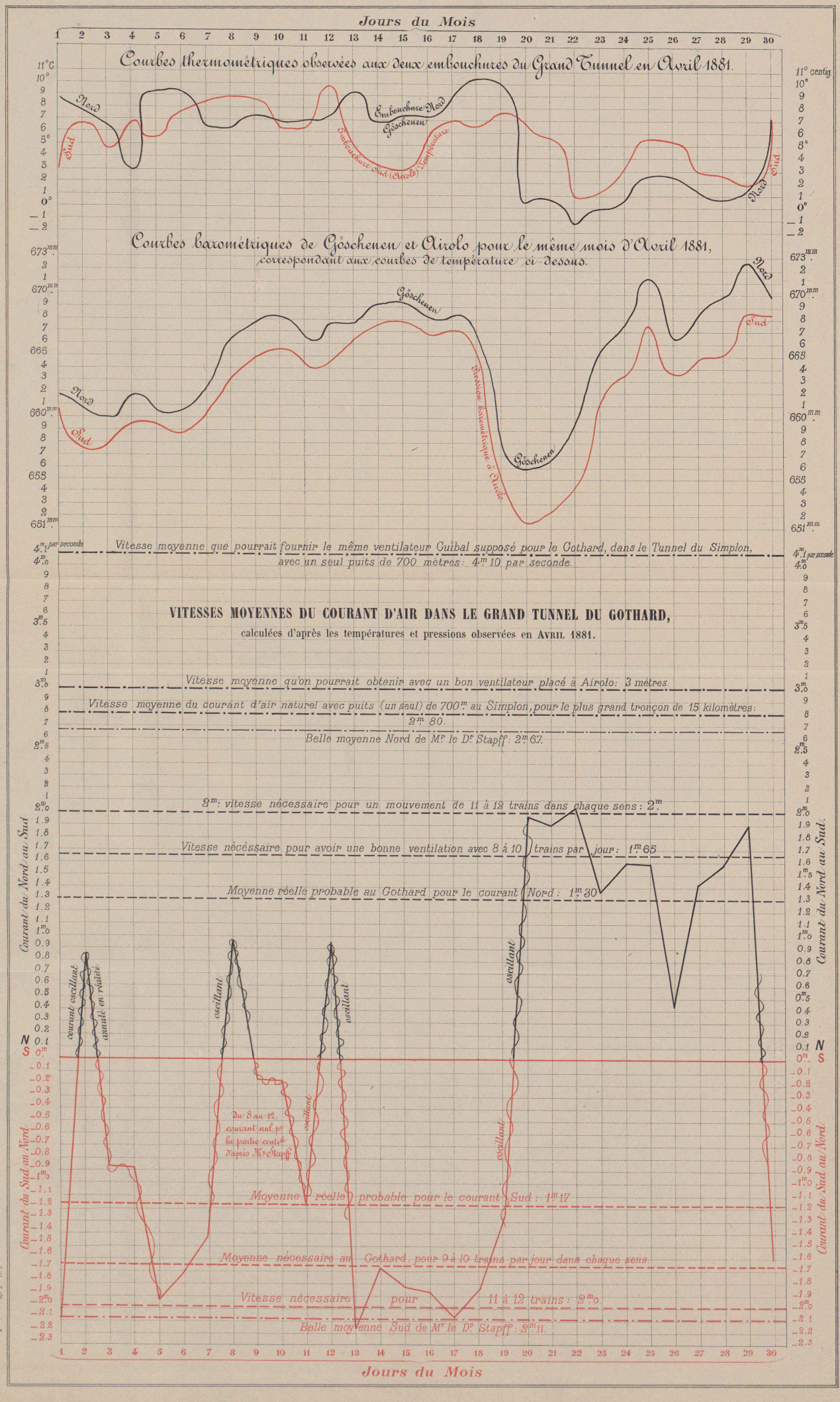
[1] Observation. Les mesures voulues sont prises pour installer à bref délai dans le tunnel les conduites d'air et d'eau nécessaires à l'usage des ouvriers, des gardes, etc., appelés à séjourner dans le souterrain.

LA VENTILATION DES GRANDS TUNNELS

par Ch. de Sinner, ingénieur des mines.

M. le docteur Stapff, qui mérite bien le nom de « géologue du Gothard, » par ses beaux travaux, son superbe atlas, appréciés par tous les hommes compétents, ne s'est point contenté de cette tâche considérable. Il a voulu être de plus « le physicien du Gothard » et suivre à travers toutes leurs phases deux grandes questions tangentes qui ont un intérêt plus direct pour l'ingénieur : celle de la chaleur souterraine et celle de la ventilation du tunnel.

Nous ne discuterons pas ici la première de ces questions, au sujet de laquelle nous ne saurions partager les vues trop absolues de M. Stapff. M. Lommel, directeur de l'ancienne compagnie du Simplon, a admirablement exposé, dans son étude sur la « chaleur souterraine, » toutes les objections et



Lith. Chappuis Lausanne

Ch. de Sinner, ingr

Seite / page

leer / vide / blank

réserves qu'on peut faire avec raison à l'égard de la fameuse formule « antisimplonique. »

D'un autre côté, on ne saurait trop féliciter M. l'ingénieur en chef Meyer et la direction des chemins de fer de la Suisse occidentale, de chercher à placer le futur tunnel dans les meilleures conditions géothermiques qu'il soit possible de prévoir [1]. On facilitera ainsi le problème important de la ventilation qui, au delà d'une certaine limite de température, pourrait devenir réellement inabordable. Cette considération seule condamnerait le projet du mont Blanc, comme rival du Simplon, s'il avait encore besoin d'être combattu.

C'est la seconde question traitée par M. Stapff, celle de la ventilation, que nous nous proposons d'examiner aujourd'hui. Nous commençons par recommander à l'indulgence de nos honorés collègues notre modeste travail, dont la forme laissera sans doute à désirer sur plus d'un point. Mais nous pouvons affirmer qu'il est le résultat d'une étude consciencieuse et spéciale des lois du mouvement de l'air dans les travaux souterrains. L'idée qu'il s'agit de la sécurité et de la santé du personnel si intéressant des chemins de fer, peut-être même, dans certains cas, du salut des voyageurs, qui dépend de l'attention de ce personnel, nous a engagé à présenter quelques objections au savant mémoire de M. le docteur Stapff, tout en nous déclarant d'accord avec lui sur plusieurs points, et en rendant hommage au mérite réel de son grand travail.

Nous passerons rapidement sur le problème de l'aération pendant la période de construction, problème discuté par des plumes plus autorisées que la nôtre, et qui a été résolu dans ses grandes lignes (en même temps que celui de la perforation mécanique) par notre illustre compatriote Daniel Colladon. Sa grande solution, ainsi que toute solution industrielle ou scientifique, est susceptible de progrès et de perfectionnements continuels dans ses détails, tels que ceux que M. Meyer a si bien exposés dans sa belle étude sur le percement de l'Arlberg. Nous reviendrons peut-être, dans un travail spécial, sur ces questions qui, pour le moment, nous entraîneraient trop loin de notre sujet principal. En effet, les conditions ne sont plus du tout les mêmes pour la ventilation des tunnels pendant l'exploitation régulière de la ligne. Tandis que l'air comprimé est l'agent par excellence lorsqu'il s'agit de concentrer l'aérage sur un seul chantier, à très grande distance du jour, et à une seule issue, le même agent est incapable de produire, dans des conditions économiques, un courant énergique et continu à travers un long souterrain, ouvert par les deux bouts et entièrement achevé. Or ce courant est indispensable pour obtenir le renouvellement complet de l'atmosphère du tunnel, et pour rendre inoffensifs les gaz de la combustion, inévitables avec la traction par locomotives ordinaires.

La ventilation naturelle, et gratuite, peut-elle atteindre à elle seule le but proposé? voilà la première et la principale question qui se pose.

A l'exception de M. le docteur Stapff, tous les ingénieurs qui ont fait une étude approfondie de cette question répondent « non » en principe, avec plus ou moins de ménagements. C'est tout au plus si l'on plaide encore quelquefois les circonstances atténuantes pour rassurer le public, qui est d'ailleurs très peu exposé, et qui jusqu'à ce jour n'a point souffert, ni au mont Cenis, ni au Gothard.

Parmi les auteurs les plus compétents, citons, par rang d'ancienneté de leurs mémoires :

M. Giordano, inspecteur général des mines du royaume d'Italie. Tout en comptant au mont Cenis sur la différence de niveau entre les deux embouchures, de 132 mètres (avant le prolongement du tunnel), l'éminent inspecteur pensait, en 1871 [1], qu'il fallait toujours tenir des moyens mécaniques prêts à fonctionner, pour les moments de ralentissement ou d'arrêt du courant d'air naturel, principalement pour les mois d'été.

M. Frescot, ingénieur en chef du service du matériel des chemins de fer de la haute Italie, conseillait déjà en 1871, dès l'ouverture du tunnel du Fréjus, l'installation d'un grand ventilateur à Bardonnèche, destiné à renforcer, ou, au besoin, à remplacer l'aérage naturel. Le mémoire de M. Frescot qui était adressé à ses supérieurs ne fut publié que dix ans plus tard dans le *Monitore delle strade ferrate* de Turin. (26 janvier, 2 et 9 février 1881.) A l'occasion du prolongement du tunnel du côté nord (par suite du nouveau raccordement) la question de la ventilation du grand souterrain était à ce moment vivement discutée en Italie et en France. Deux ingénieurs français écrivaient après leur visite au mont Cenis [2] : « Il existe bien un courant d'air constant, dirigé de la France vers l'Italie ; mais le courant est faible, et le piéton qui parcourt le souterrain est parfois forcé de se retirer dans la caponnière la plus voisine pour y aspirer l'air envoyé par les compresseurs (qui n'ont cessé de fonctionner depuis le percement). »

La même année parut un mémoire très savant de M. de Kossuth, écrit en novembre 1880, qui traitait la question à un point de vue plus général, à la lumière des derniers travaux de Callon et Devillez. Ce sont aussi nos maîtres et nos guides dans cette étude, où il s'agit d'appliquer à un cas tout particulier les principes généraux de la ventilation des mines. Le mémoire de M. de Kossuth, directeur des mines de Césène, parut en français dans les *Annales des Mines*, cinquième livraison 1881. Le savant auteur se montre encore plus sévère que M. Frescot envers l'aérage naturel, et même au sujet de l'emploi des compresseurs et aspirateurs à cloches, utilisés après le percement. Il indique comme la seule solution sûre l'établissement d'un grand ventilateur aspirant à force centrifuge, à l'embouchure sud du tunnel. Les deux études de M. Frescot et de M. de Kossuth conduisent ainsi, par des chemins différents qui se complètent et se confirment réciproquement, à la même conclusion qui sera aussi la nôtre, pour le Gothard comme pour le mont Cenis et tous les tunnels dont la longueur dépasse dix à douze kilomètres. C'est notre conviction intime que nous serions heureux de faire partager à nos honorés collègues à la suite de notre travail, mais que nous n'avons point la prétention d'imposer à qui que ce soit. Nous recommandons tout particulièrement les deux mémoires cités à nos collègues qui voudraient approfondir la question : ils y

[1] Les observations précieuses de M. Stapff au Gothard, les belles études de MM. les prof. Renevier et Heim sur place, et leur application ingénieuse par M. Meyer, rendront là de très grands services.

[1] *Bollettino geologico*, 1871.

[2] *Mémoires des ingénieurs civils*, février 1881, pag. 198 à 200.

trouveront exposés avec plus de développements que n'en comporte cette notice, et sous une forme plus parfaite que nous ne pouvons offrir, plusieurs de nos arguments principaux, et leur application plus immédiate au mont Cenis.

Citons encore une brochure récente[1] de M. Pressel, un des ingénieurs autrichiens les plus distingués, qui fut appelé comme expert, lors de la grande crise du Gothard, et qui regarde également la ventilation naturelle comme insuffisante pour les longs tunnels.

M. le docteur Stapff, s'appuyant sur des observations météorologiques poursuivies pendant dix ans avec une persévérance admirable, et sur une formule que nous discuterons plus tard, pense avoir démontré la thèse contraire dans son grand travail d'ensemble que notre *Bulletin* vient de reproduire in extenso.

Il admet cependant le danger, et un danger formidable d'après les chiffres mêmes qu'il nous donne, pour deux jours de l'année. Pour les autres trois cent soixante-trois jours, tout est pour le mieux, selon lui, dans le meilleur des tunnels.

Nous avouons franchement que la démonstration de M. Stapff ne nous a point converti. Nous admettons que la ventilation a été facilitée par les écarts de la pression barométrique aux deux embouchures, que jusqu'à ce jour elle s'est effectuée dans des conditions assez favorables, et qu'il n'y a pas lieu d'alarmer le public voyageur, très peu menacé, ou même pas du tout pour le moment. Il nous paraît seulement que ce résultat satisfaisant est dû avant tout au trafic modéré des premiers mois d'exploitation, qui a permis le renouvellement de l'atmosphère entre le passage des trains les moins rapprochés, et à une faible consommation de combustible, soit à une faible production d'acide carbonique et d'oxyde de carbone, moindre peut-être qu'on ne l'avait prévue. En revanche, nos calculs, fondés sur les mêmes données météorologiques (et dont nous publierons les tableaux correspondant aux mêmes mois que ceux de M. Stapff), nous conduisent, au moyen d'une formule très simple à déduire, à des moyennes beaucoup moins brillantes pour la vitesse du courant d'air naturel.

Mais avant d'aborder ces calculs, il y a lieu de se demander quelle est la vitesse moyenne nécessaire pour maintenir l'atmosphère du tunnel dans un état de pureté rassurant.

M. Stapff nous dit qu'une vitesse de 1 m. par seconde doit suffire pour « l'horaire actuel. » Le rapport étant d'une date antérieure à l'ouverture solennelle du tunnel, il s'agit sans doute de l'horaire des mois d'avril et de mai 1882, comprenant trois ou quatre trains dans chaque direction pour la section Göschenen-Airolo, et nous n'avons rien à objecter. Mais il est évident qu'on n'a pas dépensé deux cents millions pour en rester là. Aujourd'hui l'horaire d'hiver comprend huit trains réguliers dans chaque sens, plus trois trains de marchandises facultatifs, soit une moyenne de neuf ou dix trains dans chaque sens. Et cet été peut-être, dans tous les cas avant trop longtemps, il est permis de prévoir une moyenne de douze trains dans chaque sens, pendant la saison la moins favorable à l'aérage naturel.

[1] *Ventilation und Abkühlung langer Alpentunnel.* Nous discuterons dans la seconde partie la solution originale proposée par l'auteur.

La règle admise par la direction du Métropolitain souterrain de Londres est de maintenir la proportion moyenne d'acide carbonique dans l'air ambiant du tunnel à 0,0015, et d'éviter autant que possible la production d'oxyde de carbone, beaucoup plus redoutable et qui fait d'ailleurs perdre une grande partie de l'effet utile du combustible. M. Frescot expose dans une étude spéciale[1] tous les avantages que l'anthracite offre sous ce rapport sur le coke et la houille. Il recommande en général l'anthracite comme le combustible par excellence pour les lignes de montagne, dont les tunnels deviennent toujours plus nombreux et plus longs. Mais il n'est pas partout possible de choisir tel combustible, dans telles conditions économiques données. Et l'on sait que le sort de la ligne du Gothard est lié, jusqu'à un certain point, à celui de la houille de Saarbrück. On devra donc compter avec l'oxyde de carbone. Or, M. Stapff nous rappelle lui-même que $^1/_8\,^0/_0$ de ce gaz rend l'atmosphère nuisible, tandis que l'homme peut supporter à la rigueur jusqu'à $^1/_2\,^0/_0$ d'acide carbonique sans inconvénient du moins pendant un temps très court. Pour rendre inoffensif l'oxyde de carbone, il faudrait maintenir sa proportion moyenne à $^1/_2\,^0/_{00}$, c'est-à-dire envoyer 2000 m³ d'air frais pour chaque mètre cube d'oxyde de carbone produit dans les vingt-quatre heures. Pour chaque mètre cube d'acide carbonique, il suffira d'envoyer $\frac{1}{0{,}0015 - 0{,}0005} = 1000$ m³ d'air atmosphérique qui contient déjà près de $^1/_2\,^0/_{00}$ de ce gaz. De cette manière on serait à l'abri de l'asphyxie et de l'intoxication. Les autres produits de la combustion sont en quantité trop petite pour qu'il y ait lieu de s'en occuper : l'acide sulfureux et l'hydrogène sulfuré, qui sont loin d'être innocents, peuvent être évités par le choix d'une houille qui contienne peu ou point de pyrites. La vapeur d'eau qui s'échappe dans l'atmosphère du tunnel après avoir agi sur le piston, et qui se forme à raison de sept à huit kg. par kilogramme de combustible brûlé, a l'inconvénient d'augmenter l'humidité souvent déjà considérable par suite d'infiltrations, et de rendre une température élevée d'autant plus malsaine. D'autre part cette vapeur a l'avantage de rendre le mélange gazeux plus léger et par conséquent plus facile à évacuer. Et un courant calculé comme ci-dessus aura toujours raison de l'excès d'humidité.

M. Stapff estime la consommation journalière de combustible, pour un mouvement de dix trains dans chaque sens, à 2736 kg. produisant, en volume, dans les vingt-quatre heures :

3262 m³ d'acide carbonique, exigeant, selon nous	3 262 000 m³	d'air
et 1761 m³ d'oxyde de carbone, exigeant, selon le calcul ci-dessus	3 522 000 m³	d'air
Il faudrait ainsi envoyer, dans les vingt-quatre heures	6 784 000 m³	d'air
soit par heure	282 666 m³	d'air
ou par seconde	78 m³ 52	d'air

[1] *Servizio della trazione nelle gallerie: Giornale dei lavori pubblici. Anno 1881.* La lecture de ce mémoire, et de celui qui nous avons cité plus haut, sur la ventilation du tunnel du Mont-Cenis, explique la haute estime dont M. Frescot jouit en Italie, comme écrivain technique et comme praticien consommé.

Pour 41 m² de section moyenne, cela exige une vitesse de 1m92 par seconde pour le mouvement supposé de dix trains.

Pour douze trains dans chaque direction il faudrait . . . . . $1{,}2 \times 1^m92 = 2^m30$.

Pour quinze trains dans chaque direction . . . . . $1{,}5 \times 1^m92 = 2^m88$.

M. Stapff avait supposé, pour les trains qui traversent le tunnel, une vitesse moyenne de 25 km. à l'heure qui donnerait, en effet, d'après les expériences de MM. Foucou et Amigues sur la ligne Paris-Chartres, une proportion en poids de 3 à 1, entre l'acide carbonique et l'oxyde de carbone. Mais la production de ce dernier décroît à mesure que la vitesse du train augmente, d'après les mêmes expérimentateurs. Pour la vitesse moyenne des trains de voyageurs du Gothard, quarante à cinquante kilomètres à l'heure, la proportion est de $\frac{8\ CO^2}{1\ CO}$. Nous croyons donc pouvoir admettre comme moyenne générale une proportion plus favorable. Pour la combustion de 1 kg. de houille de Saarbrück, tenant 76 % de carbone (après déduction des cendres, pertes en suie, etc.) supposons que 57 % (soit les $^3/_4$) brûlent en acide carbonique, et 19 % en oxyde de carbone. Nous trouvons ainsi

2^m09 d'acide carbonique, soit 1 m², 29 de CO^2

0^m44 d'oxyde de carbone, soit 0 m², 425 de CO

à la pression moyenne de 0^m665 de mercure, et à la température de 17° C., température moyenne de l'air du tunnel au printemps, d'après les observations de la compagnie.

En admettant une consommation de 9 kg. de houille par kilomètre parcouru dans le tunnel, la double course aller et retour brûlerait 270 kg., et avec dix trains on arriverait à 2700 kg. par jour, à peu près le chiffre donné par M. Stapff.

Mais les volumes de gaz produits, seraient d'après l'évaluation ci-dessus $\begin{cases} 2700 \times 1\ m^3,29 = 3485\ m^3\ de\ CO^2 \\ 2700 \times 0\ m^3,425 = 1147\ m^3\ de\ CO. \end{cases}$

En ajoutant 65 m³ d'acide carbonique pour l'éclairage et la respiration des hommes, on aura, en chiffres ronds, $\left.\begin{matrix} 3550\ m^3\ de\ CO^2 \\ 1150\ m^3\ de\ CO \end{matrix}\right\}$ qui exigeraient $(3\,550\,000 + 2\,300\,000)\ m^3$ $= 5\,850\,000\ m^3$ par vingt-quatre heures ou 67,63 par seconde ou une vitesse par seconde de $\frac{67{,}63}{41} = 1^m,65$ pour dix trains, dans chaque sens, ou 1,2 . 1,65, soit $1 = 1^m98$ pour douze trains, dans chaque sens, ou 1,5 . 1,65, soit $1 = 2^m48$ pour quinze trains, dans chaque sens.

Si la consommation moyenne de combustible pouvait descendre à 7,5 kg. par kilomètre de tunnel, ce qui n'est pas impossible avec les rampes faibles de 5,8 ‰ du côté nord et 1 ‰ du côté sud, on n'aurait plus besoin que des vitesses suivantes :

1^m38	pour un mouvement de	10	trains,	aller et	retour.
2^m00	»	15	»	»	
1^m65	»	12	»	»	

Nous serions porté à admettre à la rigueur ces derniers chiffres, pour un bon combustible et d'habiles chauffeurs. Un témoin très compétent a observé, en effet, qu'on chargeait rarement, et peu à la fois, pendant la traversée du tunnel. D'autre part, la production des gaz carboniques doit être plutôt proportionnelle à la surface de charbon en feu qu'à la quantité chargée dans le tunnel même, et d'après les expériences de Commines de Marsilly [1], la proportion d'oxyde de carbone, croît à mesure qu'on s'éloigne du moment où le charbon frais a été chargé sur la grille. Elle paraît atteindre son maximum quand la houille est réduite en coke. Nous devons donc regarder nos derniers chiffres comme un minimum, correspondant au cas le plus favorable, en tenant compte du type de machines employé au Gothard, et de la possibilité prévue de double traction. La consommation moyenne pour tout le réseau de plaine et de montagne était, d'après le rapport officiel, de 8,218 kg. par locomotive-kilomètre, en mai 1882.

La moyenne de 0,0015 pour l'acide carbonique (qui est d'ailleurs loin de représenter un luxe de salubrité) ne doit pas être confondue avec la proportion maximale qui pourra être rencontrée, même avec un courant calculé sur cette base. La proportion réelle, qui oscille sans cesse, sera plus forte au moment du passage d'un train et pourra être augmentée par l'emploi d'une locomotive de renfort, la présence simultanée de deux trains dans le tunnel ou leur succession rapide, enfin par l'arrêt accidentel d'un train, etc. Autant de raisons qui peuvent à un moment donné, et sur un point donné, élever la proportion d'acide carbonique à $^1/_2$ %, ou celle de l'oxyde de carbone à $^1/_4$ %, c'est-à-dire atteindre ou dépasser les limites indiquées par les physiologistes. On voit que nos chiffres n'ont rien d'exagéré. (*A suivre.*)

LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE A L'HOPITAL CANTONAL

Nous recevons de l'un des membres de notre Société la note suivante relative à l'installation de l'éclairage électrique à l'hôpital cantonal, visitée à la suite de notre séance du 23 décembre 1882. (*Réd.*)

Le nouvel hôpital, élevé dans une situation admirable, renferme pour les malades tous les progrès récents des sciences physiques et mécaniques. D'une construction soignée et d'une architecture élégante et simple, ce beau bâtiment offre tous les avantages d'une distribution bien comprise. Tout y est aménagé pour le bien-être des malades et la facilité du service.

Comme complément, la lumière électrique a été installée partout et fonctionne à la satisfaction complète des personnes qui l'ont vue.

Voici quelques renseignements sur cet éclairage :

L'électricité est produite par deux machines dynamo-électriques Edison, placées dans un petit bâtiment à Couvaloup, et actionnées par deux turbines de 20 chevaux. Les courroies de transmission sont complètement évitées par de simples manchons à action directe, ce qui est un réel progrès dans la régularité de l'éclairage.

L'électricité n'est point produite par frottement, comme on le croît généralement, mais par induction.

Dans la machine Edison, l'aimantation des inducteurs se fait par une dérivation du courant principal, ce qui permet, par un appareil composé de plusieurs résistances, de régler à vo-

[1] *Bulletin de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale*, 1862.