**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes

**Band:** 9 (1883)

**Heft:** 1

**Artikel:** Notice sur la ventilation, la température, le refroidissement et l'humidité de l'air dans le grand tunnel du St-Gothard: extrait du rapport annuel présenté pour 1881 à la Direction des travaux du chemin de fer du Gothard

**Autor:** Stapff, F.-M.

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-10334

**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:** 10.02.2026

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

total 1037 litres à la minute. La pression en amont de ces robinets, indiquée par un manomètre, oscillait de 6,7 à 7,0 atmosphères.

*Fonctionnement du réservoir.* Les détails donnés ci-dessus sur le mode d'arrivée de l'eau permettent de se rendre compte sans peine de ce fonctionnement. Le réservoir étant censé plein, tant que la consommation est inférieure à la quantité donnée par l'écoulement permanent, le réservoir demeure rempli et le surplus s'écoule par le trop-plein. Quand la consommation vient à excéder cette quantité, le réservoir commence à se vider ; si cela ne dure que peu, il se remplit ensuite de lui-même. Mais si cela dure assez longtemps pour que la surface de l'eau atteigne la limite inférieure qui lui est assignée ($0^m 50$ en dessous du trop-plein), le mécanisme qui a été décrit entre en jeu et ouvre en plein l'écoulement intermittent qui dure jusqu'à ce que la surface de l'eau soit remontée au niveau du trop-plein, par conséquent aussi longtemps que cela est nécessaire. De cette manière la canalisation de Morges est virtuellement en communication avec le réservoir de Chailly duquel part le réseau de la Compagnie Lausanne-Ouchy et peut en mettre le contenu à contribution jusqu'à concurrence du débit que les robinets-vannes étranglés permettent, sans que ce réseau ait à fournir plus que ce qui est réellement débité à Morges.

Pour empêcher que l'appareil d'écoulement discontinu ne vienne à se gripper faute d'usage, on a soin que l'écoulement continu soit un peu inférieur à la consommation moyenne prévue ; de cette façon, on est certain que cet appareil ne restera pas un jour sans être appelé à fonctionner.

*Canalisation de Morges.* La conduite maîtresse, du calibre de 120 mm., commençant par 60 m. du calibre de 200 mm., s'étend jusqu'à l'angle supérieur du cimetière. Là commence la conduite de distribution qui a 100 mm. et qui forme un perimètre fermé ayant cet endroit pour point de départ et d'arrivée ; dans le cœur de la ville elle se subdivise en deux branches dont l'une suit la Grand'rue et l'autre la rue du Lac. On a ainsi adopté le système de la *circulation*, qui offre l'avantage de circonscrire la région où l'eau doit être arrêtée en cas de prise ou d'arrêt n'affectant pas la canalisation maîtresse. La disposition des voies publiques qui donnent accès à la ville par en haut s'y prêtait du reste d'une manière particulière. Les embranchements partant de la conduite circulaire de 100 mm. ont un calibre de 60 mm. Des hydrantes adaptés aux conduites existantes à ce jour sont au nombre de 14.

La ville de Morges est ainsi pourvue d'un service de distribution d'eau à haute pression, qui fonctionne d'une manière très satisfaisante, ainsi qu'une expérience de plus de quinze mois a permis de le constater, et qui répond tout à fait aux sacrifices faits dans ce but par la commune.

Du reste il est permis de dire d'une manière générale que, indépendamment de la réussite technique qui a été complète, les travaux qui viennent d'être décrits n'ont point apporté de déceptions aux administrations qui les avaient décidés. En particulier, les deux entreprises à forfait qui les résument, ainsi qu'on l'a vu plus haut, se sont liquidées à l'entière satisfaction des contractants et sans donner lieu, comme trop souvent, à des imprévus et à des litiges.

---

# NOTICE

SUR

## LA VENTILATION, LA TEMPÉRATURE

### LE REFROIDISSEMENT ET L'HUMIDITÉ DE L'AIR

**dans le grand tunnel du St-Gothard.**

Extrait du rapport annuel présenté pour 1881
à la Direction des travaux du chemin de fer du Gothard

par M. le Dr F.-M. Stapff.

(*Suite.*)

Le courant variable nul ou alternatif se produit lorsque les excédents de densité se déplacent d'un côté à l'autre du tunnel ; mais comme le changement de sens du courant dans le tunnel *ne peut être exactement synchronique* avec celui des conditions atmosphériques extérieures et que d'autre part, dans le tableau général précité, les observations sont résumées par jours entiers, il est clair que les courants nuls ou alternatifs se trouvent correspondre à des excédents de densité affectés des signes + ou —. L'addition algébrique des excédents, sous l'influence desquels s'est produit un changement ou une annulation de courant, montre que dans leur ensemble (moyenne annuelle) ces changements ont eu lieu avec des excédents de densité s'élevant à $+ 0._{0084}$ et $- 0._{0078}$, ou en chiffre rond $\pm 0._{0081}$. Or, nous avons trouvé plus haut que, *dans le tunnel achevé*, le courant naturel cesse dès que l'excédent $d'$-$d''$ est inférieur à $0._{0003}$. Nous en concluons que, dans l'état où se trouvaient les travaux d'excavation en 1881, les résistances de tout genre au mouvement de l'air étaient $\sqrt{\frac{0._{0081}}{0._{0003}}} = 5._2$ fois plus considérables que dans le tunnel achevé. Ce dernier chiffre correspond, comme on le voit, autant que la différence totale des deux méthodes de calcul pouvait le permettre, avec le rapport de $4._2$ trouvé plus haut entre le coefficient d'effet $\mu$ de la ventilation naturelle pour deux années successives.

Mais l'importance du tableau qui nous occupe réside surtout dans ce qu'il sert de base pour juger de la ventilation naturelle *à prévoir dans le tunnel achevé.* Par la substitution des différences journalières de densité des deux côtés du tunnel (en 1881), les formules :

$v = 22._{43} \sqrt{d' - d'' + 0._{0003}}$ et $v = 22._{43} \sqrt{d'' - d' - 0._{0003}}$

conduisent immédiatement aux résultats mensuels compris dans la seconde moitié de notre tableau (partie B) et que nous complétons encore par les indications qui suivent sur les vitesses maximales et minimales, et sur les changements de courant pour chaque mois.

L'étude de ces tableaux montre que, si le tunnel eût été entièrement achevé en 1881, la *vitesse maximale* (pendant un jour de mois) eût été de $3._{31}$ à $4._{35}$ m., soit en moyenne de $3._{74}$ m., et la *vitesse minimale* (abstraction faite des changements de courants) de $0._{00}$ à $1._{23}$ m., soit en moyenne de $0._{59}$ m. Le *courant du Nord*, avec une vitesse allant de $2._{09}$ à $3._{59}$ m. (tableau B), soit en moyenne de $2._{61}$ m., eût régné pendant 52 % de l'année, soit environ 191 jours ; il est particulièrement favorable que ce courant domine justement pendant les mois d'été, de mai à septembre. Le *courant du Sud*, avec une vitesse variant de $0._{94}$ à $3._{10}$ m. (tableau B), soit en moyenne de

$2._{22}$ m., aurait, de son côté, régné pendant 24 % de l'année, ou environ 87 jours. Les *courants alternatifs* enfin auraient eu la même durée de 87 jours. Quant à la vitesse moyenne pendant les périodes de courants oscillants, elle se serait élevée en somme à $1._{45}$ m. pour les courants venant du Nord (de $0._{94}$ à $2._{00}$ m.) et à $1._{27}$ m. pour ceux qui venaient du Sud (de $0._{90}$ à $1._{86}$ m.).

S'il était permis, pour trancher la question de la ventilation, de baser les calculs sur les chiffres moyens et de faire abstraction des *courants les plus faibles* qui viennent d'être indiqués pour un jour de chaque mois, il résulterait de tout ce qui précède que, même pendant les périodes défavorables de courants alternatifs, où la vitesse moyenne du courant (S.) est de $1._{27}$ m., le tunnel serait débarrassé de sa fumée dans un espace de 3 heures 16 à 17 minutes. Un horaire disposé de telle façon que *chaque jour aucun train ne traversât le tunnel pendant un délai de 3 ¼ heures* suffirait donc pour écarter les principales difficultés que rencontre la ventilation.

| Année 1881 | Courant le plus fort (Le tunnel étant supposé entièrement achevé.) | | | | Courant le plus faible (Le tunnel étant supposé entièrement achevé.) | | | | Changements de courant | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jour du mois | Excédent de densité de l'air $d'-d''$ | Direction | Vitesse | Jour du mois | Excédent de densité de l'air $d'-d''$ | Direction | Vitesse | Simples | Doubles | Triples | Quadruples |
| | | | | Mètres | | | | Mètres | | | | |
| Janvier | 8 | + 0 0374 | N | 4.35 | 14 | + 0.0006 | N | 0.67 | 8 | — | — | — |
| Février | 15 | — 0.0299 | S | 3.86 | 26 | — 0.0020 | S | 0.90 | 3 | — | — | 1 |
| Mars | 10 | + 0.0247 | N | 3.54 | 20 | — 0.0007 | S | 0.45 | 4 | 3 | — | — |
| Avril | 20 | + 0.0318 | N | 4.01 | 19 | — 0.0013 | S | 0.73 | 3 | — | — | 1 |
| Mai | 13 | + 0.0270 | N | 3.70 | 19 | + 0.0006 | N | 0.67 | 2 | 2 | — | — |
| Juin | 14 | + 0.0245 | N | 3.52 | 5 | + 0.0009 | N | 0.79 | 2 | 1 | — | — |
| Juillet | 7 | + 0.0222 | N | 3.36 | 26 | — 0.0033 | S | 1.23 | 3 | — | — | — |
| Août | 14 | + 0.0309 | N | 3.97 | 20 | + 0.0001 | N | 0.45 | 1 | 3 | — | — |
| Septembre | 3 | + 0.0215 | N | 3.31 | 19 | — 0.0008 | S | 0.49 | 1 | 2 | 1 | — |
| Octobre | 7 | + 0.0288 | N | 3.41 | 9 | + 0.0008 | N | 0.74 | 2 | 3 | — | — |
| Novembre | 13 | + 0.0316 | N | 3.99 | 17 | — 0.0002 | — | 0.00 | 4 | 2 | — | — |
| Décembre | 31 | — 0.0303 | S | 3.88 | 19 | — 0.0003 | — | 0.00 | 4 | 2 | — | — |
| Totaux et moyennes | — | — | — | 3.74 | — | — | — | 0.59 | 37 | 18 | 1 | 2 |

Malheureusement il se produit inévitablement à chaque période de changement de courant un arrêt dans la circulation de l'air (courant nul) d'une durée d'autant plus courte que l'écart entre les différences de densité de l'air avant et après la modification du couraut est lui-même plus considérable. Les changements simples, survenus 37 fois pendant l'année 1881, n'ont que peu d'importance, parce que l'arrêt total de la circulation ne se maintient alors que pendant une faible fraction de la journée et qu'en dehors de cet arrêt il règne encore une vitesse *moyenne* de $1._{45}$ m. (cour. du Nord) ou de $1._{27}$ m. (cour. du Sud). Les changements doubles se sont produits 18 fois en 36 jours; il est survenu en outre un changement triple embrassant une durée de 3 jours, et 2 changements quadruples produisant leur effet pendant 8 jours. C'est lorsque les changements de sens du courant se répètent successivement pendant plusieurs jours consécutifs que la ventilation du tunnel est la plus mauvaise. L'expérience a confirmé ce fait. Pendant le changement triple survenu du 19 au 22 septembre 1881, la vitesse *moyenne* du courant du Nord serait descendue (si le tunnel eût été entièrement achevé) à $0._{51}$ m.; pendant le changement quadruple du 7 au 11 février, la vitesse serait descendue à zéro et durant un second changement quadruple du 1er au 5 avril, la vitesse du courant du Nord n'aurait plus été que de $0._{74}$ m. Le cas peut donc réellement se présenter une fois ou l'autre chaque année où le courant d'air naturel à travers le tunnel s'annihile en pratique pendant 4 jours consécutifs. En pareille occurence, c'est la *viciation de l'air du tunnel*, dont nous allons nous occuper, qui devient déterminante pour trancher la question de la nécessité ou de l'inutilité d'une ventilation artificielle.

En janvier 1882, 248 trains, avec une charge de 8407 tonnes brutes, ont traversé le tunuel. La consommation totale de charbon a été de 23 000 kg. Les locomotives étaient en feu pendant 20 heures par jour, mais ne séjournaient en somme que 5 h. (largement) *dans le tunnel*. La consommation de combustible dans le souterrain a donc été d'environ 5750 kg., ou de $0._{684}$ kg. par tonne brute de train. Si à l'avenir il passe dans le tunnel 10 trains à 400 tonnes, la consommation de charbon y sera de **2736** kg. par jour, ou pour 4 jours d'arrêt dans la circulation de l'air, de 10 944 kg. Ce combustible se transforme dans la proportion de 80 % (chiffre rond) ou 8755 kg. en acide carbonique et en oxyde de carbone; le reste (20 %) s'en va en eau, hydrogène carboné, suie et cendre. D'après des analyses de fumée de locomotives faites sur la ligne Paris-Chartres, l'acide carbonique et l'oxyde de carbone se produisent pour une vitesse de marche de 25 km., dans la proportion de 3 à 1. Les 8755 kg. de charbon cités plus haut fourniraient donc 21 065 kg. d'acide carbonique et 7022 kg. d'oxyde de carbone, enlevant simultanément à l'air du tunnel un poids d'oxygène égal à 15 320 + 4012 = 19 332 kg. Avec une pression barométrique moyenne de 665 mm. dans tout le souterrain et une température moyenne de 20° C., 21 065 kg. d'acide carbonique représentent un volume de 13 048 m³, 7022 kg. d'oxyde de carbone un volume de 7044 m³ et 19 332 kg. d'oxygène un volume de 16 545 m³. Le tunnel tout entier mesure lui-même, avec une section transversale de 41 m² et une longueur de 15 km. (avec les prolon-

## Courants d'air dans le grand tunnel du St-Gothard pendant l'année 1881

| Mois | Nombre de jours d'observations | Courant du Nord | | | | Courant nul ou alternatif | | | | | Courant du Sud | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Jours | | [1] Excédent moyen de densité de l'air $d'-d''$ du côté Nord | Vitesse du courant | Jours | | [1] Excédent moyen de densité de l'air $d'-d''$ du côté Nord ou du côté Sud | Direction du courant | Vitesse du courant | Jours | | [1] Excédent moyen de densité de l'air $d'-d''$ du côté Sud | Vitesse du courant |
| | | Nombre | % | | Mètres | Nombre | % | | | Mètres | Nombre | % | | Mètres |
| **A.** *Courants directement observés.* | | | | | | | | | | | | | | |
| Janvier | 31 | 11 | 35.5 | — | — | 9 | 29.0 | + 0.0078<br>— 0.0133 | Variable | — | 11 | 35.5 | — | — |
| Février | 28 | 6 | 21.4 | — | — | 8 | 28.6 | + 0.0041<br>— 0.0106 | | — | 14 | 50.0 | — | — |
| Mars | 31 | 11 | 35.5 | — | — | 13 | 41.9 | + 0.0083<br>— 0.0047 | | — | 7 | 22.6 | — | — |
| Avril | 30 | 12 | 40.0 | — | — | 9 | 30.0 | + 0.0079<br>— 0.0029 | | — | 9 | 30.0 | — | — |
| Mai | 31 | 13 | 41.9 | — | — | 11 | 35.5 | + 0.0118<br>— 0.0135 | | — | 7 | 22.6 | — | — |
| Juin | 30 | 17 | 56.7 | — | — | 7 | 23.3 | + 0.0095<br>— 0.0064 | | — | 6 | 20.0 | — | — |
| Juillet | 31 | 10 | 32.2 | — | — | 16 | 51.7 | + 0.0126<br>— 0.0061 | | — | 5 | 16.1 | — | — |
| Août | 30 | 18 | 60.0 | — | — | 9 | 30.0 | + 0.0089<br>— 0.0032 | | — | 3 | 10.0 | — | — |
| Septembre | 30 | 18 | 60.0 | — | — | 9 | 30.0 | + 0.0043<br>— 0.0025 | | — | 3 | 10.0 | — | — |
| Octobre | 31 | 15 | 48.4 | — | — | 11 | 35.5 | + 0.0123<br>— 0.0077 | | — | 5 | 16.1 | — | — |
| Novembre | 28 | 9 | 32.1 | — | — | 8 | 28.6 | — 0.0111 | | — | 11 | 39.3 | — | — |
| Décembre | 30 | 8 | 26.7 | — | — | 14 | 46.6 | + 0.0043<br>— 0.0115 | | — | 8 | 26.7 | — | — |
| Totaux et moyennes. | 361 | 148 | 41.0 | — | — | 124 | 34.3 | + 0.0084<br>— 0.0078 | | — | 89 | 24.7 | — | — |
| **B.** *Régime des courants sous les conditions atmosphériques de 1881, si le tunnel eût été entièrement achevé.* | | | | | | | | | | | | | | |
| Janvier | | 11.0 | 35.5 | + 0.0097 | 2.24 | 8 | 25.8 | + 0.0035<br>— 0.0072 | Nord<br>Sud | 1.39<br>1.86 | 12.0 | 38.7 | — 0.0193 | 3.10 |
| Février | | 5.5 | 19.6 | + 0.0101 | 2.29 | 7 | 25.0 | + 0.0020<br>— 0.0033 | Nord<br>Sud | 1.08<br>1.23 | 15.5 | 55.4 | — 0.0126 | 2.49 |
| Mars | | 17.0 | 54.8 | + 0.0116 | 2.44 | 9 | 29.0 | + 0.0033<br>— 0.0040 | Nord<br>Sud | 1.35<br>1.37 | 5.0 | 16.2 | — 0.0156 | 2.76 |
| Avril | | 15.5 | 51.7 | + 0.0138 | 2.67 | 7 | 23.3 | + 0.0077<br>— 0.0031 | Nord<br>Sud | 2.00<br>1.19 | 7.5 | 25.0 | — 0.0091 | 2.11 |
| Mai | | 22.5 | 72.6 | + 0.0158 | 2 85 | 6 | 19.3 | + 0.0015<br>— 0.0031 | Nord<br>Sud | 0.94<br>1.19 | 2.5 | 8.1 | — 0.0097 | 2.18 |
| Juin | | 24.0 | 80.0 | + 0.0151 | 2.78 | 4 | 13.3 | + 0.0036<br>— 0.0028 | Nord<br>Sud | 1.39<br>1.11 | 2.0 | 6.7 | — 0.0063 | 1.73 |
| Juillet | | 25.5 | 82.2 | + 0.0137 | 2.65 | 3 | 9.7 | + 0.0055<br>— 0.0019 | Nord<br>Sud | 1.70<br>0.90 | 2.5 | 8.1 | — 0.0070 | 1.83 |
| Août[2] | | 13.5 | 64.3 | + 0.0124 | 2.53 | 7 | 33.3 | + 0.0037 | Nord | 1.41 | 0.5 | 2.4 | — 0.0021 | 0.94 |
| Septembre | | 21.0 | 70.0 | + 0.0113 | 2.42 | 8 | 26.7 | + 0.0029<br>— 0 0023 | Nord<br>Sud | 1.27<br>1.14 | 1.0 | 3.3 | — 0.0066 | 1.79 |
| Octobre | | 21.0 | 67.7 | + 0.0152 | 2.79 | 8 | 25.8 | + 0.0046<br>— 0.0047 | Nord<br>Sud | 1.57<br>1.48 | 2.0 | 6.5 | — 0 0108 | 2 30 |
| Novembre | | 5.5 | 18.3 | + 0.0255 | 3.59 | 9 | 30.0 | + 0.0072<br>— 0.0026 | Nord<br>Sud | 1.95<br>1.08 | 15.5 | 51.7 | — 0.0146 | 2.69 |
| Décembre | | 3.0 | 9.7 | + 0.0090 | 2.09 | 8 | 25.8 | + 0.0032<br>— 0.0040 | Nord<br>Sud | 1.32<br>1.37 | 20.0 | 64.5 | — 0 0146 | 2.69 |
| Totaux et moyennes | pour 355 jours.. | 185 | 52.1 | + 0.0136 | 2.61 | 84 | 23.7 | + 0.0041 | Nord | 1.45 | 86 | 24.2 | — 0.0107 | 2.22 |
| | pour 365 jours.. | 191 | 52 | | | 87 | 24 | — 0.0035 | Sud | 1.27 | 87 | 24 | | |

[1] Le signe + indique un excédent du côté Nord, le signe — un excédent du côté Sud.
[2] Les observations météorologiques d'Airolo nécessaires pour les calculs font défaut pour une période de 10 jours.

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 20300 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.

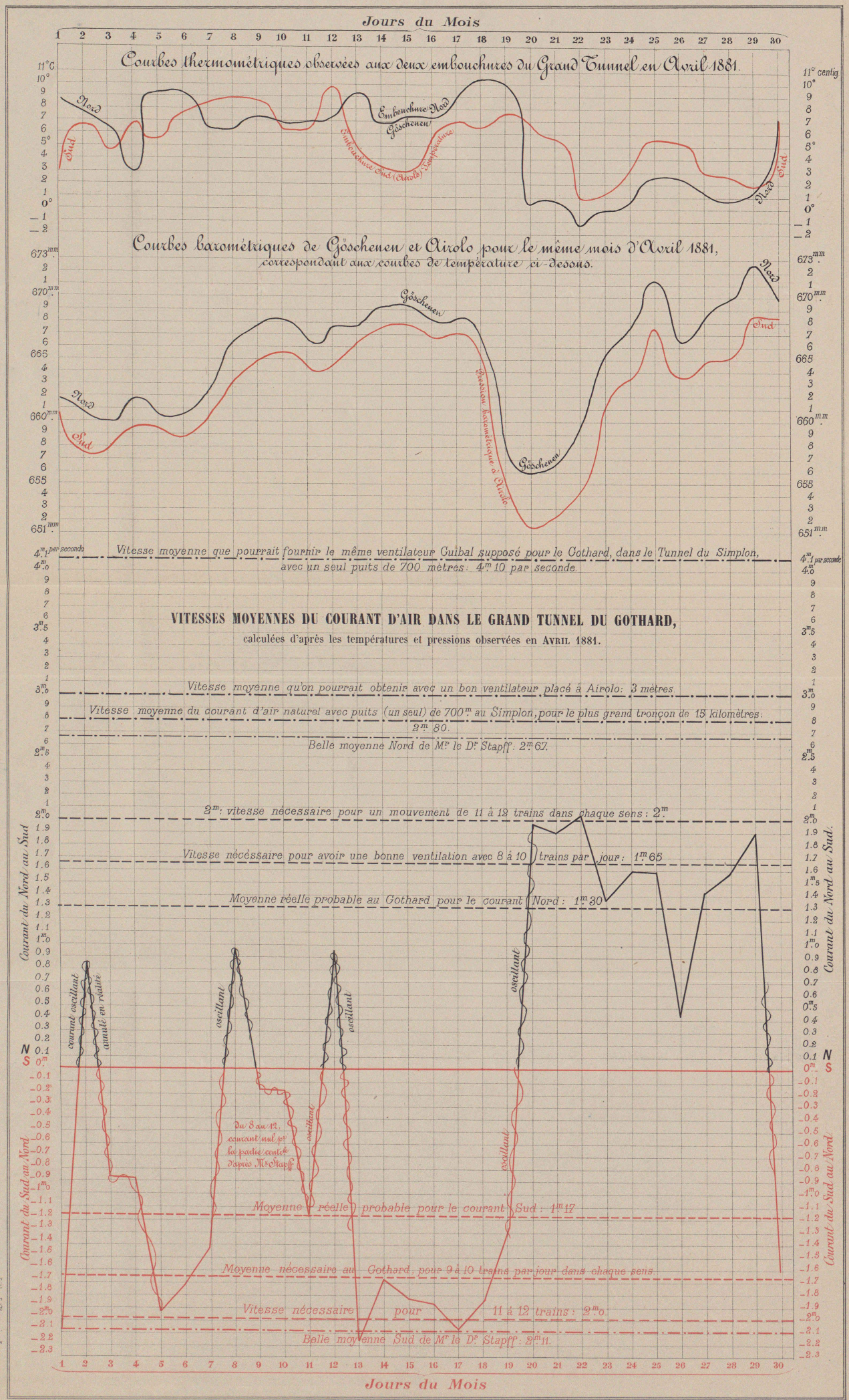
[1] Observation. Les mesures voulues sont prises pour installer à bref délai dans le tunnel les conduites d'air et d'eau nécessaires à l'usage des ouvriers, des gardes, etc., appelés à séjourner dans le souterrain.

## 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