

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 16 (1890)
Heft: 8

Artikel: De la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs, des difficultés qu'elle occasionne pour les grands percements alpins et des moyens d'atténuer ces difficultés

Autor: Meyer, J.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-15714>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

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

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISANT 8 FOIS PAR AN

Sommaire : De la chaleur centrale dans l'intérieur des massifs, des difficultés qu'elle occasionne pour les grands percements alpins et des moyens d'atténuer ces difficultés, par J. Meyer, ingénieur. Planche N^o 50. — Bibliographie. — Echange avec le Bulletin. — Erratum.

DE LA CHALEUR CENTRALE

DANS L'INTÉRIEUR DES MASSIFS, DES DIFFICULTÉS QU'ELLE OCCASIONNE POUR LES GRANDS PERCEMENTS ALPINS ET DES MOYENS D'ATTÉNUER CES DIFFICULTÉS

par J. MEYER, ingénieur en chef du Jura-Simplon.

(Avec planche).

La question dont je vais vous entretenir a déjà été exposée à la Société vaudoise des sciences naturelles par M. le professeur Renevier qui y a rendu compte des recherches qu'il avait été chargé de faire à ce sujet avec M. le professeur Heim du Polytechnicum de Zurich, par la compagnie de la Suisse-Occidentale et Simplon. Cette communication a paru dans le *Bulletin* N^o 89 de 1883 de cette Société.

Voyons un peu comment elle a été traitée dans les ouvrages géologiques.

I. Dès 1830 à 1845, Arago aborda cette question dans le troisième volume de ses notes scientifiques, à propos des puits artésiens.

II. Bernhard Studer l'effleura aussi dans un rapport publié en 1848.

III. Carl Vogt, *Lehrbuch der Geologie und Paleontologie*, (2^e édition, 1854, Brunswick, Vieweg) lui consacra un chapitre; il cite surtout les travaux de Cordier, Despretz, Fournier en France, et du professeur Reich à Freiberg. Il donne quelques idées sur la forme des lignes chthonisothermes reliant, à l'intérieur de la terre, les points de même température. Il insiste sur l'influence de la chaleur spécifique des roches sur le degré d'accroissement de la température, sur laquelle nous reviendrons. Il cite aussi les expériences de El. de Beaumont, de Poisson et de Bischoff.

IV. Dr Karl Naumann, *Lehrbuch der Geognosie*, (2^e édition, Leipzig, Engelmann, 1858). Cet ouvrage a un chapitre important sur ce sujet; c'est le troisième: *Temperatur der Erdrinde* ou *Geothermik*. Il y cite l'ouvrage de Bischoff, publié à Leipzig en 1837: *Die Wärmelehre des Inneren unseres Erdkörpers*, et ses essais sur le refroidissement d'une sphère de basalte; les travaux de Cordier de 1823: *Essais sur la température intérieure de la terre*; les essais faits en 1760 par Genoune à Giromagny. Il cite également ceux de H.-B. de Saussure aux salines de Bex; de A. de Humboldt, à Mexico; du professeur Reich, à Freiberg; de Fox et Oath, en Cor-

nouaille, relatés par de la Bèche; Mattenucci et Pilla, à Montmassi en Toscane; les observations faites à Jakusk, en Sibérie, dans les forages de puits, relatées par Meindendorf; de Forbes, près d'Edimbourg; de Magnus; de Walfredin, etc. Il admet une relation des courbes chthonisothermes avec le relief extérieur des massifs.

Il donne une formule pour calculer la température par rapport à la profondeur verticale et à la plus courte distance à la surface.

V. A. de Lapparent, *Traité de Géologie*. Paris, Savy, 1883. C'est l'ouvrage didactique qui traite le plus complètement cette question, dans le livre III: *Dynamique terrestre interne*, et plus spécialement dans le chapitre I^{er}: *Chaleur interne ou géothermique*. Il analyse encore, plus complètement que ne l'ont fait les auteurs précédemment cités, les observations faites sur cette question et les auteurs qui l'ont traitée; il parle notamment des travaux plus récents et des observations de Dunker, à Freiberg, sur le forage du puits de Sparenberg, et de la formule qu'il a proposée sur les percements des tunnels alpins du Cenis et du Gothard, et des travaux de M. Stapff, sur lesquels nous reviendrons.

Il admet l'augmentation de la température avec la profondeur, mais suit-elle une loi capricieuse, ou peut-elle se traduire par une formule?

Il critique l'idée de Dunker et de Stapff de vouloir appliquer à cette question la méthode des moindres carrés pour établir une formule avec beaucoup de décimales, et il admet en somme, avec Arago (expérience du puits de Grenelle), que le degré géothermique, c'est-à-dire la profondeur pour laquelle la température intérieure augmente d'un degré, croît avec la profondeur.

Il estime qu'entre 1000 et 3000 m. d'altitude le degré géothermique ne dépasse pas 30 m., de 1000 m. au niveau de la mer de 31 à 32 m.

Il donne quelques considérations générales sur l'allure des courbes, qu'il appelle *Isogéothermes* (au lieu de *Chthonisothermes*, comme ses prédécesseurs les appelaient), par rapport au relief de la surface, les aspérités accusées par les accidents de la surface s'atténuant d'une courbe à l'autre dans la profondeur, comme on a l'habitude de le représenter dans le figuré des eaux, mers et lacs, dans le dessin des cartes.

VI. M. E. Dunker, conseiller supérieur des mines, à Halle, a publié dans le *Jahrbuch für Mineralogie*, I^{er} vol. 1889, le

résultat des observations de température au sondage de Schladbach près de Durrenberg en Saxe. Ce sondage a atteint une profondeur de 1716 m., soit la plus grande profondeur qu'ait atteint jusqu'ici un sondage, et on y a constaté au fond une température de 45°3 Réaumur (56°7 centigrades); la température à la surface était de 8° Réaumur (10° centigrades), soit une augmentation de 46°7 centigrades ou un degré géothermique moyen de

$$\frac{1716}{46^{\circ}7} = 36^{\text{m}7}$$

VII. Parmi les travaux spéciaux à cette question, citons en première ligne ceux de M. le Dr Stapff, ingénieur, géologue du Gothard, publiés en 1879 et 1880 dans la *Revue universelle des mines* de Cuyper (Liège et Paris), et intitulés: *Etude de l'influence de la chaleur intérieure de la terre sur la possibilité de construction des tunnels dans les hautes montagnes.*

M. Stapff avait fait de nombreuses observations au Gothard pour déterminer la température de l'air et de la roche à l'intérieur du tunnel et pour déterminer la température moyenne annuelle des points de surface d'après leur altitude.

En appliquant la méthode des moindres carrés aux nombreuses observations faites, il établit des formules pour déterminer l'accroissement de la température intérieure sur la température moyenne à la surface en fonction de la profondeur verticale et de la plus courte distance à la surface.

Ces formules, après toutes les simplifications apportées, sont les suivantes: δ étant l'accroissement de la température sur la température moyenne à la surface; h la profondeur verticale; n la plus courte distance à la surface.

$$\text{I } \delta = 0.02079 h$$

$$\text{II } \delta = 0.02159 n$$

Je partage l'avis de M. de Lapparent au sujet de ces formules et de celles que M. Dunker a données aussi, c'est que l'accroissement de chaleur ou la valeur du degré géothermique ne dépend pas uniquement de la forme extérieure du massif ou des considérations plastiques, mais aussi de la chaleur spécifique ou de la conductibilité des couches qui forment ces massifs, et dans une certaine mesure aussi de la forme de la stratification, celle-ci influant sur le refroidissement. Il y a là des éléments d'incertitude qui font qu'on ne peut pas serrer la question de si près avec une formule mathématique à un grand nombre de décimales (soit 8 décimales pour les formules dont découlent les formules simplifiées que nous avons citées). Il faut se borner à comparer des conditions qui sont à peu près semblables en ce qui concerne la composition minéralogique des massifs, ce qui est heureusement le cas si l'on compare le Simplon au Gothard; jusqu'à ce que l'on ait fait des essais nombreux et comparatifs sur la conductibilité des diverses roches, essais que nous avons voulu faire, mais pour lesquels nous n'avons pu encore obtenir les crédits nécessaires.

M. Stapff a appliqué sa formule au premier projet du tunnel du Simplon, de 1878, qui passait sous le Monte-Leone et d'une longueur de 18^{km}507, et il a trouvé qu'on rencontrerait dans l'intérieur de ce tunnel une température de 47° centigrades environ.

Dans la première partie de son travail, il discute beaucoup les conditions physiologiques des travaux souterrains sous l'influence des températures élevées et surtout sur les observations d'un célèbre physiologiste, M. le professeur Dubois-Reymond, à Berlin; enfin il rend compte de nombreuses expériences qu'il a faites à ce sujet d'après les conseils et les directions de ce savant.

Il insiste sur le fait, connu du reste, qu'avec une température élevée, surtout si l'air est très chargé d'humidité, le rendement du travail humain va en diminuant rapidement et il assigne une limite à la possibilité de tout travail humain, limite qu'il fixe à 40° lorsque l'air inspiré par les ouvriers est saturé d'humidité et à 50° s'il est sec.

VIII. Cette publication de M. le Dr Stapff a donné lieu tout d'abord à un travail inédit, de janvier 1880, de M. de Stockalper, ancien ingénieur de l'entreprise L. Favre & C^{ie}, du tunnel du Gothard. Il détermine aussi la température probable que l'on rencontrerait dans le tunnel du Simplon d'après le projet de 1878 de la compagnie du Simplon, passant à une altitude de 729 m. sous le massif du Monte-Leone, qui a lui-même une altitude de 3200 m., et trouve, comme M. Stapff, que cette température atteindrait 47°.

Il propose alors un autre tracé coudé passant plus à l'ouest, sous le col du Simplon, et en avant du Schönhorn, pour éviter ce massif du Monte-Leone. Ce tunnel aurait 20 kilomètres de longueur et serait suivi d'une galerie inclinée de 3200 m. de longueur débouchant à Algaby. La tête nord serait, dans la gorge de la Saltine, à l'altitude de 711 m., le point culminant au milieu à 763 m., la tête sud près de Paglino à 755 m. L'altitude du massif dominant serait sous le Schönhorn, de 2700 m., sous le Keissihorn, de 2825 m. et la température maxima que l'on rencontrerait de 36°.

IX. Dans une conférence faite le 13 septembre 1880, par M. G.-Th. Lommel, alors directeur de la compagnie du Simplon, à la Société helvétique des sciences naturelles réunie à Brigue, celui-ci, tout en contestant les théories et les calculs de M. Stapff, propose cependant de déplacer le tracé du tunnel, de le reporter plus à l'est pour le dégager du puissant et haut massif du Monte-Leone et pour bénéficier des évidements de la haute vallée de la Saltine et de la Cherasca (alpe Di Veglia). Enfin il indique un certain nombre de tracés, dont ceux choisis en 1882 par la compagnie de la Suisse-Occidentale-Simplon se rapprochent beaucoup.

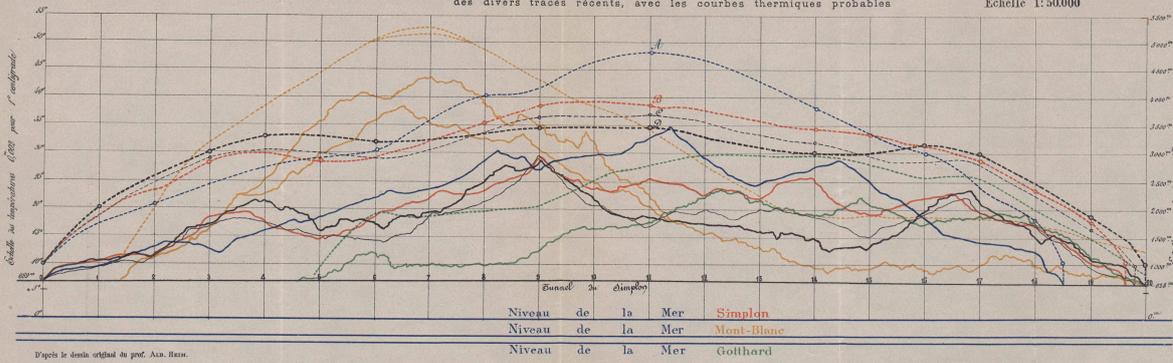
X. Ici viennent se placer un travail très complet sur cette question, et resté inédit, de M. X. Imfeld, ingénieur (1882), et un premier rapport de M. le professeur Heim, de Zurich (novembre 1882), également inédit, qui, tous deux, au sujet des prévisions de température, arrivent aux mêmes résultats que le deuxième rapport d'expertise géologique et géothermique demandé par la compagnie de la Suisse-Occidentale-Simplon, en mai 1883, à MM. les professeurs Heim, Renevier, Lory et Taramelli; c'est ce dernier dont j'ai déjà parlé et qui est inséré dans le volume XIX, N° 89, du *Bulletin de la Société vaudoise des sciences naturelles*, et qui est dû surtout aux deux premiers de ces géologues.

Ces messieurs ne se sont pas basés sur les formules de M. Stapff, comme l'avaient fait M. Stockalper en 1880 et M. Imfeld en 1882; ils sont partis de l'idée que la composition

PROFILS LONGITUDINAUX

des divers tracés récents, avec les courbes thermiques probables

Echelle 1:50.000



Légende.

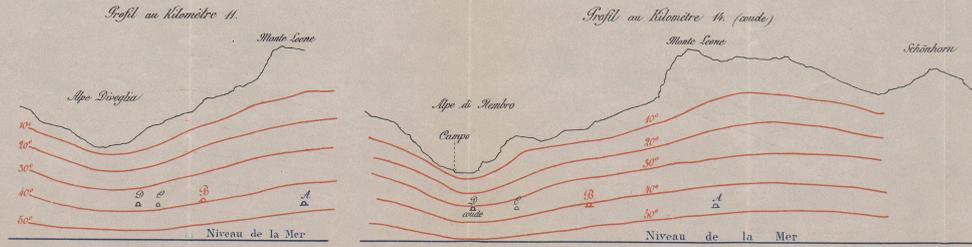
Les lignes continues représentent les profils du sol, les lignes interrompues donnent les courbes thermiques, suivant les 4 tracés.

- A. Projet de la C^o du Simplon 1878 (tracé haut)
- B. Etude nouvelle 1881 long^r 19.639^m
- C. Etude nouvelle 1882 long^r 19.735^m
- D. Etude nouvelle Août 1882 long^r 20.000^m
- Tunnel du Gotthard
- Tunnel du Mont-Blanc

PROFILS TRANSVERSAUX

aux divers tracés, dans la direction du M^o Leone, avec courbes isothermes (températures maximales)

Echelle 1:50.000



Légende.

- Emplacement du Tunnel suivant les 4 tracés.
- A. Projet de la C^o du Simplon 1878 (tracé haut)
- B. Etude nouvelle 1881 long^r 19.639^m
- C. Etude nouvelle 1882 long^r 19.735^m
- D. Etude nouvelle Août 1882 long^r 20.000^m

Seite / page

leer / vide /
blank

pétrographique des deux massifs du Gothard et du Simplon est sensiblement la même. La chaleur spécifique et la conductibilité des roches sont donc sensiblement les mêmes aussi, et l'on peut ainsi se baser sur la forme plastique des massifs et chercher dans chacun les parties assimilables.

Ils ont cherché, pour chaque forme caractéristique : points saillants, croupes, combes ou fonds de vallée, replats, etc., le coefficient géothermique correspondant, c'est-à-dire la profondeur pour laquelle la température s'accroît de un degré, en étudiant l'allure des courbes isogéothermiques ou chthonisothermes.

Pour leur faciliter ce travail, j'avais fait dresser et mis à leur disposition des profils, en travers, soit du massif du Gothard, soit de ceux du Simplon et du Mont-Cenis, afin qu'ils pussent mieux se rendre compte du relief de ces massifs et apprécier l'influence des évidements latéraux plus exactement que cela n'est possible avec une simple coupe en long sur l'axe du tunnel.

C'est ainsi qu'ils arrivèrent à déterminer la température probable des différents tracés en présence, pour le percement du Simplon avec une erreur possible de $\pm 3^\circ$ centigrades, et ils en fournissaient le résumé dans le tableau annexé à leur rapport.

Dans des tableaux graphiques que nous reproduisons, pl. N° 50, ils indiquèrent avec le profil en long orographique, dessiné en lignes pleines, la courbe représentant la température probable des points correspondants à l'intérieur du tunnel, dessinée en pointillé de même couleur.

Sur ce même profil ils représentent aussi quelles ont été les températures observées au tunnel du Gothard et leur relation avec la forme du massif. Ils représentent aussi quelle serait la forme du massif pour le percement projeté du Mont-Blanc et quelles seraient les températures probables rencontrées aux points correspondants de l'intérieur du tunnel.

Enfin deux profils en travers du massif du Simplon dans la direction du Monte-Leone font voir comment les différents tracés du tunnel se présentent par rapport aux courbes *isogéothermes* de l'intérieur du massif.

Voici donc comment se présentent à cet égard les différents tracés proposés pour le percement du Simplon.

1° Tracé de 1878 de la Compagnie du Simplon sous le massif du Monte-Leone, avec tunnel de 18^{km} 507 de long.

$$\pm 3^\circ$$

Température maxima : 47°5 soit de 44°5 à 50°5.

2° Tracé droit des études de 1882 de la Compagnie Suisse Occidentale-Simplon passant à l'est du massif du Monte-Leone, sous le Furggenbaumhorn, avec tunnel d'une longueur de 19^{km} 639.

$$\pm 3^\circ$$

Température maxima : 38° soit de 35° à 41°.

3° Premier tracé coudé des études de 1882 de la Compagnie Suisse Occidentale-Simplon passant dans la même direction. Longueur 19^{km} 795.

$$\pm 3^\circ$$

Température maxima : 36°5 soit de 33°5 à 39°5.

4° Second tracé, le plus coudé, de 1882, de la Suisse Occidentale-Simplon, passant sous le col de la Forchetta et l'alpe ou vallon de Campo avec tunnel de 20 kilomètres au plus.

$$\pm 3^\circ$$

Température maxima : 34°9 soit de 31°9 à 37°9.

Rappelons, à titre de comparaison, que la température maxima de la roche observée dans le percement du Gothard avait été de 30°75.

Ce troisième tracé, plus coudé, de 20 km. de long, avait été proposé par moi, après une course dans la vallée de Cherasca et à l'alpe di Veglia ; j'avais reconnu que les anciennes cartes de l'état-major sarde ne donnaient pas une image exacte du relief du terrain et j'avais fait faire un levé topographique complémentaire à la suite duquel j'ai forcé le coude.

Ces mêmes géologues avaient été aussi chargés d'évaluer la température maxima que l'on pourrait probablement rencontrer dans le percement du Mont-Blanc, qui se posait alors devant les Chambres françaises en concurrent du Simplon. Ils déterminèrent cette température maxima à 53° centigrades $\pm 3^\circ$, soit de 50 à 56°.

Cette comparaison des températures du Gothard, du Simplon et du Mont-Blanc a été faite par ces messieurs qui l'ont figurée sur un tableau représentant la forme orographique des massifs (du moins en coupe longitudinale), que nous annexons à la présente note pl. N° 50 avec les coupes transversales pour le Simplon dont nous venons de parler.

MM. Heim et Renevier ont également fourni à la Compagnie en 1886 et 1887, des études thermiques pour les nouveaux projets de tunnel passant à l'ouest du Monte-Leone et que la Compagnie faisait alors étudier. Ces rapports n'ont pas été publiés.

La température maxima, d'après ces projets, pourrait aller jusqu'à 42° centigrades. Dans l'état actuel des négociations avec l'Italie, ces projets seront très probablement abandonnés et l'on en reviendra aux tracés que j'avais proposés en 1882 et dont je viens de parler.

XI. En 1883, M. de Stockalper, ingénieur, ancien chef de service de l'entreprise du tunnel du Gothard, publia une étude intitulée : *Les grands tunnels alpins et la chaleur souterraine*. Lausanne, imprimerie L. Vincent.

Dans différents tableaux il donne, comme déjà dans son travail inédit de 1880, la courbe thermique du Mont-Cenis, où le maximum de température observé aurait été de 29°5 avec une épaisseur de massif superposé de 1609 m. ; celle du Gothard, maximum 30°75, avec une hauteur de massif superposé de 1685 à 1717 m ; puis le projet le plus coudé du Simplon (20 kilomètres), où avec une hauteur de massif superposé de 2050 m., il prévoit une température maxima de 36° ; et enfin le tunnel projeté sous le Mont-Blanc, où avec une hauteur de massif superposé de 3000 m. il prévoit une température maxima de 53°.

Dans ce travail, M. de Stockalper donne de nombreux renseignements sur les inconvénients qu'a présenté au tunnel du Gothard cette température élevée et surtout si humide : maladie des hommes et des chevaux, grande mortalité de ces derniers, diminution considérable du rendement du travail humain dans ces conditions, et partant renchérissement considérable des travaux exécutés sous l'influence de ces températures élevées.

Pour les hommes, la maladie qui a surtout été aggravée par cette influence de la chaleur humide, était l'anémie des mi-

neurs, soit le développement de parasites intestinaux et musculaires, ou de l'*ankylostome duodécal*, comme les médecins l'ont appelée. M. de Stockalper cite à ce sujet les travaux des docteurs Giacone, Fodéré, Bugnion, du docteur H. C. Lombard, du docteur Sonderegger, etc., etc.

Au moment le plus critique, cette maladie avait atteint le 60 % des ouvriers occupés.

30 % légèrement atteints guérissent, moyennant cessation des travaux dans le tunnel, sans cure spéciale.

18 % très susceptibles d'être guéris, moyennant abandon du tunnel et cure spéciale ;

7 % chez qui la maladie avait pris une tournure grave et qui se distinguaient par leur teint verdâtre ;

5 % chez lesquels la maladie était plus grave encore et qui présentaient peu de chances de guérison.

Il signale très peu de cas de mortalité pour les ouvriers qui ont pu être rapatriés.

Parmi les causes de cette anémie, il signale :

- a) Aération insuffisante ;
- b) Gaz nuisibles et irrespirables ;
- c) Température élevée, cause de fièvre artificielle pendant toute la durée du travail ;
- d) Parasites intestinaux.

Nous croyons personnellement, qu'il faut ajouter encore d'autres causes, savoir : l'absence d'eau potable et l'absence de toute mesure de propreté et d'enlèvement des déjections humaines. Avec la grande dissémination des chantiers, qui, au Gothard étaient répartis sur plus de trois kilomètres de chaque côté des fronts d'attaque, il devait arriver que les ouvriers buvaient des eaux contaminées. Ceux qui n'avaient pas déjà les germes de ces parasites et de cette anémie, connue avant la construction de ce tunnel sous le nom de maladie des mineurs, et qui était commune surtout chez les ouvriers italiens, introduisaient ces parasites dans leur organisme par l'usage des eaux contaminées. Sous l'influence multiple de la température élevée (la température de l'air a été jusqu'à 33°) d'un air surchargé d'humidité et d'une ventilation absolument insuffisante, ce parasite et les effets physiologiques qu'il produit ont pris un développement extraordinaire.

Sur les bêtes de trait, chevaux et mulets, l'influence de cette grande chaleur fut encore plus pernicieuse que sur les hommes.

Dans les derniers mois, on constatait la perte de plus de dix de ces animaux par mois pour chacun des deux chantiers ; ils tombaient en général foudroyés par des congestions pulmonaires.

Ces difficultés amenèrent, pour les ouvriers, une diminution du travail produit ; ils ne venaient au travail qu'un jour sur trois ; il s'ensuivit une augmentation des salaires de 25 % et une diminution du nombre d'heures de travail de 7 à 5 par poste, et encore pendant ces cinq heures, l'ouvrier était paralysé dans son énergie et dans ses forces.

Aussi, dans ces conditions, les prix de revient de l'unité de travail furent aussi doubles et même triples de ce qu'ils étaient pour les premiers kilomètres. A cette augmentation du prix de travail s'ajoutait un ralentissement notable.

Examinons maintenant les moyens que l'on a d'atténuer les inconvénients de ces températures élevées.

Cette question a fait l'objet d'études très consciencieuses lors de l'expertise ordonnée par les cantons de la Suisse romande et la Compagnie Suisse Occidentale-Simplon, en 1886, sur les projets de percement du Simplon, expertise confiée à MM. Polonceau, Doppler, Huber et à notre compatriote et collègue M. le colonel Jules Dumur. Ce dernier a surtout fourni une étude des plus complètes sur ce point.

Il faut, en tout premier lieu, organiser les travaux tout différemment de ce qu'ils l'ont été au tunnel du Gothard, et éviter que les chantiers soient disséminés sur une trop grande longueur (plus de 3 kilomètres), ce qui rend la ventilation beaucoup plus difficile et plus difficiles aussi les mesures hygiéniques de propreté et l'application des mesures réfrigérantes dont nous allons parler.

Il faut adopter un système de construction comme celui qui a été suivi au tunnel de l'Arlberg et concentrer tous les chantiers, de chaque côté, sur une longueur de 500 m. au plus du front d'attaque. Là on trouvait à cette distance le tunnel entièrement terminé et revêtu en maçonnerie, et aucun obstacle ne s'opposait à la libre circulation de l'air.

Mais cela n'est possible qu'en rompant avec le système de la galerie d'avancement au faite ou au cerveau et en perçant celle-ci à la base. De cette première galerie, on en établit une seconde au sommet au moyen de cheminées verticales.

Il faut surtout une ventilation surabondante, rendue plus facile par cette disposition des chantiers, mais qui exige aussi une force motrice importante. Heureusement qu'au Simplon, des deux côtés, les cours d'eaux permettent d'obtenir des forces motrices abondantes, ce qui n'a pas été le cas au tunnel du Gothard. Cela se traduit par une augmentation de dépenses pour les installations mécaniques, aussi a-t-on prévu au Simplon pour cet objet à peu près le double de la dépense qui a été faite au Gothard, mais cette augmentation sera plus que compensée par les facilités qu'on procurera aux travaux et par l'abaissement de leur prix de revient.

Nous verrons dans un moment, que cette ventilation peut être utilisée comme un moyen réfrigérant.

Il faut distribuer dans les chantiers de l'eau pure à l'usage des ouvriers.

Et il faut prendre des mesures pour éloigner les déjections humaines et éviter qu'elles contaminent et l'air et l'eau, en disposant des fosses mobiles que l'on déplace au fur et à mesure de l'avancement des travaux, et que l'on change fréquemment.

Il faut un service médical très soigné, qui comprend l'hygiène et la propreté des habitations, les bains, etc.

Les divers moyens proposés, jusqu'ici, pour rafraîchir les chantiers profonds ont fait, comme nous l'avons déjà dit, l'objet d'une étude approfondie de la commission d'expertise chargée, par les cantons de la Suisse romande et la compagnie Suisse Occidentale-Simplon, d'examiner les projets pour la traversée du Simplon. Cette étude est plus particulièrement due à notre collègue M. le colonel Dumur. Il examine :

1° Le refroidissement par la ventilation à pression normale. Il se fonde sur le fait constaté au Gothard, que la température, non seulement de l'air dans l'intérieur du tunnel, mais même de la roche s'est notablement abaissée depuis l'ouverture, c'est-à-dire depuis que le courant d'air produit une ventilation énergique.

Il a été fait au tunnel du Gothard, depuis le percement, des observations continues sur la ventilation. Ces observations sont résumées dans une note présentée à la troisième session du congrès international des chemins de fer à Paris en 1889 et publiée dans son bulletin et ses procès-verbaux, note due à M. Bechtle, ingénieur en chef de cette compagnie.

Il en ressort, entre autres, que, tandis que la température maxima de la roche observée pendant le percement a été de 30° 75 centigrades, celle-ci s'était déjà, par l'effet de la ventilation naturelle, abaissée en juin 1882 à 23° 79 et en 1887 à 21°. Elle s'était donc abaissée de près de 10°. Dans ces notes il est parlé de courant faible, moyen et fort. On peut admettre à 0^m50, 1^m50 et 3 m. les vitesses moyennes correspondant à ces différents courants.

On a trouvé que les quantités de calories de températures de la roche par m² de paroi abandonnées par minute et par degré différentiel de température sont les suivantes :

	En courant faible $v=0^{\circ}50$	En courant moyen $v=1^{\circ}50$	En courant fort $v=3^{\circ}00$
Nombre d'observations . . .	18	20	30
Maximum	0.0198	0.0392	0.0547
Minimum	0.0024	0.0081	0.0106
Moyenne générale	0.0081	0.0199	0.0271

Quelles que soient les variations, la moyenne générale doit se rapprocher de la vérité.

Dans le travail de M. de Stockalper dont nous avons parlé ci-dessus sous le N° IX, il est indiqué que, pendant la perforation, les perforatrices dépensaient en moyenne 3 m³ d'air comprimé à 4 à 5 atmosphères par minute, que sous cette influence, la température de la roche s'abaissait de 2°, mais remontait sensiblement à cette dernière à 50 m. du front d'attaque.

On en déduit :

Cube d'air à la pression normale correspondant aux 3 m³ ci-dessus 15 m³

Cube d'air contenu dans la galerie sur la longueur de 50 m. à 6 m² de section 300 m³

Différence moyenne de température entre la roche et l'air 1°

Rafrâichissement produit par l'expansion de l'air comprimé :

300 m³ × 1° × 1^{kg} × 0,2377 = 78 calories.

Périmètre de la galerie 10 m.

Surface de la galerie sur une longueur de 50 m. 50 × 10 + 6 m. (front) 506 m.

Temps nécessaire au renouvellement complet de l'air : $\frac{300}{15} = 20$ minutes.

Coefficient de chaleur abandonnée par la roche en une minute par mètre superficiel $\frac{78,4}{20 \times 506} = 0,00773$ calories, ce qui correspond assez bien à ce qui a été trouvé plus haut pour le courant faible, assimilable aux circonstances actuelles où la vitesse n'est que de $\frac{50}{20 \times 60} = 0,04$.

Il ressort des observations ci-dessus que, pour rafraîchir un tunnel au moyen de la ventilation à pression normale, il faudrait chercher à y introduire de grandes masses d'air et à le faire circuler avec de grandes vitesses dans les chantiers, soit surtout dans les canaux d'amenée afin de les faire arriver à une température aussi basse que possible aux points d'utilisation.

Il importe, dans ce but, de diminuer le rapport entre le périmètre et la section du canal d'amenée.

On ne peut songer à faire parcourir les chantiers d'un tunnel en construction par un courant d'air ayant une vitesse supérieure à 4 m. par seconde, correspondant à celle d'un vent modéré.

Il faudrait pour réaliser cette ventilation d'après la formule de M. Devilly (voir bulletin de la Société de 1883 : travail de M. de Sinner sur la ventilation des tunnels) une dépression totale de 170 mm. et un débit de 1200 m³ par minute que l'on peut obtenir par un ventilateur Guibal exigeant une force de 113 chevaux.

M. Dumur conclut que quoi qu'il en soit il paraît résulter des recherches et considérations ci-dessus exposées que l'on ne doit pas compter sur un rafraîchissement suffisant de l'intérieur d'un tunnel en construction et dans les quatre kilomètres de sa partie centrale, par l'emploi unique de la ventilation à pression normale, même si on la poussait aux limites extrêmes de ce qui est pratiquement admissible.

Cette ventilation n'en reste pas moins nécessaire pour l'enlèvement des gaz irrespirables, mais elle peut être réduite à de moindres proportions que celles supposées plus haut et donner déjà un certain refroidissement; pour le surplus il faudra avoir recours à d'autres moyens encore pour aboutir au rafraîchissement désirable des chantiers, moyens dont nous allons nous entretenir.

2° *Rafrâichissement par projection d'eau pulvérisée et rafraîchie.* Il y a sans doute quelque inconvénient à introduire encore de l'eau dans un tunnel où l'on cherche au contraire à s'en débarrasser; mais lorsqu'il ne s'agit que de petites quantités, cet inconvénient n'est pas sensible; ainsi, au tunnel de l'Arlberg, on n'a pas du tout été incommodé par les 7 litres d'eau que débitaient par seconde les machines perforatrices Brandt; on a au contraire remarqué que cette eau projetée et pulvérisée produisait un effet rafraîchissant, et fixait les poussières et les produits de l'explosion des mines.

On introduirait dans le tunnel de l'eau maintenue à la plus basse température possible, au moyen d'enveloppes non conductrices des tuyaux. M. Dumur suppose cette eau à 15°, et qu'elle serait projetée et pulvérisée à une pression de 10 atmosphères.

Nous comptons, d'après les expériences faites au Gothard, que 1 mètre carré de paroi de tunnel abandonne à l'air $\frac{1}{100}$ de calorie par minute pour chaque degré de différence de température des deux milieux. La quantité de température qu'abandonneraient les parois des deux galeries de base et de faite sur un kilomètre de développement maximum pris par les chantiers de construction (500 m. de chaque côté) serait par minute (en supposant que l'on maintienne la température du milieu ambiant à 10° en moyenne au-dessous de la température correspondante de la roche) :

Galerie de base 1000 m. à 10 m³ de superficie à 0.01 calorie pour chaque degré de différence de température = 100 calories pour 10° d'abaissement = 1000 calories.
 Galerie haute 1000 × 8^m60 × 0.01 cal. × 10° = 860 »
 soit un total de 1860 calories,
 ou en nombre rond 2000.

Si l'on suppose maintenant de l'eau projetée à 10 atmosphères et à une température de 15°, pour que l'eau parvienne à enlever à l'air une quantité de chaleur proportionnelle à sa propre augmentation de température jusqu'à 20° seulement on trouve qu'il faudrait injecter, par minute, une masse d'eau telle que X litres × 5° = 2000 calories, d'où X = 200 litres par minute ou 3.5 litres par seconde. Cette petite quantité d'eau ne donnera lieu à aucun inconvénient.

Pour cette projection d'eau il faudra une conduite de 0^m40 de diamètre, le travail à exécuter sera de 2000 kilogrammètres, nécessitant une machine de 30 chevaux.

Ou plus simplement encore il n'y aurait qu'à distraire sur les cours d'eau qui se trouvent aux abords, cette quantité d'eau de 3.5 litres par seconde, avec la pression de 10 atmosphères ou 100 m. Ce qui est insignifiant.

Ainsi au versant nord nous avons constaté que la Massa, débouchant vis-à-vis de la tête du tunnel et qui est l'écoulement du glacier d'Aletsch, n'avait pas, dans les plus grandes chaleurs de l'été, une température de plus de 3°5! On obtiendra donc à peu de frais, et sans diminuer la force motrice pour les autres usages, cette quantité d'eau à la pression voulue; et la température à laquelle on pourra la projeter dans le tunnel sera certainement bien inférieure à celle de 15° que nous avons admise dans nos calculs; donc, avec cette même quantité d'eau pulvérisée, on obtiendra une réfrigération beaucoup plus intense.

Sur le versant sud par contre nous avons observé que les cours d'eau disponibles ont, dans les grandes chaleurs de l'été, une température de 10° ce qui rentrerait dans les limites de nos calculs, mais on pourrait rafraîchir cette eau en mettant, dans les réservoirs, de la glace facile à se procurer dans ces régions.

On a observé récemment au puits de l'Eparre, à Saint-Etienne, que la pulvérisation de 10 litres d'eau par minute dans une galerie de mine, avait abaissé la température de 3°.

Tout récemment M. Raoul Pictet m'a proposé d'introduire dans le tunnel et de projeter de l'eau à 0°, ce qui serait bien autrement efficace comme réfrigération.

C'est-à-dire qu'avec la même quantité d'eau introduite on obtiendra un abaissement de température beaucoup plus considérable. Quand M. le colonel Dumur a fait son étude en 1886 et quant j'ai fait en 1889 à la Société vaudoise des sciences naturelles une communication à ce sujet qui a été publiée dans son Bulletin N° 102 de 1890 nous ignorions et l'un et l'autre que ce moyen de réfrigération avait déjà été proposé par M. le professeur Daniel Colladon à Genève. En effet dans un travail intitulé: « Les procédés hygiéniques pour le percement des longs tunnels à ciel fermé, moyens d'aération et de refroidissement », qu'il a présenté au quatrième congrès d'hygiène et de démographie à Genève du 4 au 9 septembre 1882, se trouve la reproduction d'une lettre cachetée, qu'il a adressée le 24 avril 1880 à M. J. Dumas, secrétaire perpétuel de l'académie des sciences et dans laquelle on lit:

« Depuis plusieurs années j'ai indiqué l'emploi de l'eau fraîche pulvérulente lancée dans des cylindres pour refroidir l'air dans les pompes pendant l'acte de la compression et j'ai réussi, par ce procédé, à comprimer très rapidement à plusieurs atmosphères de l'air, sans que sa température s'élève à plus de 10° à 15° centigrades, la quantité d'eau injectée ne représentant que quelques millièmes en volume de celui de l'air aspiré par les pompes.

» C'est un procédé analogue que je propose d'employer pour refroidir, au besoin, l'air dans les tunnels et les parois de ces tunnels. Pour cela j'emploierais un tube ayant 0.20 à 0.25 de diamètre contenant une circulation d'eau froide à la température la plus basse possible. Cette eau devrait avoir une forte tension de 2 à 3 atmosphères ou plus, l'eau s'en échapperait sous la forme de jets pulvérulents destinés à rafraîchir l'air, à le nettoyer des poussières et à rafraîchir les parois.

» Au besoin, on percerait un trou de sonde, d'où partirait le tube conducteur; ce trou de sonde, percé mécaniquement, aboutirait au plafond du tunnel, sa garniture inférieure, en forte tôle, serait liée au tube conducteur par un joint étanche, solide. On dirigerait une dérivation du torrent à l'entrée de ce trou de sonde, dont la hauteur verticale au-dessus du tunnel déterminerait la pression; des robinets munis de becs pulvérisateurs, serviraient à asperger l'air et les parois du tunnel. Ils seraient mis en communication avec la conduite sous pression par des tubes résistants en caoutchouc.

» L'eau, selon les localités, à la partie supérieure des trous de sonde, pourrait être mélangée avec de la glace.

» Un second procédé consisterait à avoir un réservoir en forme de chaudière cylindrique, porté sur un truc dans le tunnel. Cette chaudière aurait un trou d'homme pour introduire au besoin de la glace. La projection de l'eau s'obtiendrait en mettant l'intérieur de la chaudière sous pression en communication avec un point quelconque de la conduite d'air comprimé.

» Ces procédés, surtout le premier, sont très pratiques, peu compliqués, et ils auraient l'avantage d'atteindre les parties les plus chaudes, de fournir en même temps une boisson propre et fraîche aux ouvriers et de nettoyer l'air du tunnel tout en le rafraîchissant.»

3° *Rafraîchissement par la fusion de la glace.* Ce mode de rafraîchissement est d'autant plus indiqué que la glace, au moment de la fusion, absorbe l'humidité de l'air et a pour effet de l'assécher au lieu de le saturer davantage, pourvu que les mesures soient prises pour écouler aussi rapidement que possible l'eau provenant de la fusion. Ce dernier point se trouve réalisé par le système de construction avec galerie d'avancement à la base; l'aqueduc d'écoulement suivant de près l'avancement de la galerie.

Un kilogramme de glace exigeant 79 calories pour sa fusion, on voit que, dans les mêmes hypothèses que celles énoncées ci-dessus pour le rafraîchissement par l'eau pulvérisée, il faudrait introduire dans le tunnel $\frac{2000}{79} = 25$ kilogrammes de glace par minute pour abaisser de 10° la température des chantiers sur un kilomètre de galerie de base et de faite. Cette quantité représente une masse journalière de 40 m³ de glace et ne four-

nirait qu'un débit de $\frac{1}{2}$ litre d'eau par seconde dans le tunnel, ce qui est insignifiant.

4° *Rafrâichissement par l'expansion de l'air comprimé.*
Trois mètres cubes d'air comprimé à $4\frac{1}{2}$ atmosphères fournissaient au Gothard par leur expansion un rafraîchissement équivalant à 78 calories, suivant les constatations faites par M. de Stockalper.

Pour faire équilibre aux 2000 calories abandonnées par la roche en une minute dans les deux galeries de base et de faite sur une longueur moyenne de 1 kilomètre (500 m. de chaque côté), en les supposant rafraîchies de 10° , il faudrait par conséquent y introduire $\frac{2000}{78} = 25$ fois plus d'air que ci-dessus, soit 75 m^3 d'air comprimé (à l'origine à 5 atmosphères) par minute.

Un rafraîchissement complet des chantiers exigerait une force de 5000 chevaux de chaque côté du tunnel.

Si l'on admet toutefois qu'à partir des températures au-dessus de 30° l'on interrompe tous les travaux, sauf ceux de deux galeries d'avancement, on pourra se borner à ne rafraîchir complètement que ces chantiers d'avancement seulement. Il suffirait alors d'introduire dans chacun de ces chantiers 15 m^3 d'air à 5 atmosphères ou 10 m^3 à 8 atmosphères pour y maintenir une température d'une dizaine de degrés inférieure à celle de la roche, mais qui remonterait à cette dernière à 250 m. environ en arrière des fronts de taille.

L'introduction de cette masse d'air exigerait 20 compresseurs et une force de 2000 chevaux à chaque tête de tunnel.

Il nous reste à évaluer les frais qu'entraînerait l'emploi des différents moyens de réfrigération que nous avons énumérés ci-dessus :

1° *Ventilation à pression normale.*

4 ventilateurs Guibal	Fr. 200 000
Diaphragmes	» 200 000
Bâtiment, galeries supplémentaires, imprévus	» 100 000
Total	Fr. 500 000

pour chaque côté du tunnel.

Plus la force motrice nécessaire de 400 chevaux de chaque côté du tunnel.

2° *Aspersion d'eau pulvérisée et rafraîchie.*

Si l'on suppose que l'on utilise directement la pression d'une chute d'eau, ce qui est possible des deux côtés du tunnel, les travaux se réduiraient à l'installation d'une simple conduite de 10 centimètres de diamètre, et la dépense pour chaque côté du tunnel serait de :

Captation d'eau	Fr. 15 000
10 000 m. de conduite de décimètre y compris l'enveloppe non conductrice, à 20 fr. le mètre courant	» 200 000
Réseau dans les chantiers et appareils pulvérisateurs	» 40 000
Total pour un côté du tunnel	Fr. 255 000

Plus la force motrice détournée qui serait de 30 chevaux de chaque côté. Mais, vu l'abondance des forces motrices qu'on peut évaluer à 4000 ou 5000 chevaux de chaque côté, il n'y a pas à se préoccuper de ce détournement, ce qui reste de force

motrice étant plus que suffisant pour les autres usages auxquels on peut l'affecter.

3° *Rafrâichissement par la fusion de la glace.*

Quantité journalière à introduire à chaque tête : 40 m^3 .	
Prix du mètre cube à la tête	Fr. 15
Transport et manipulation	» 10
Total	Fr. 25

soit pour 40 m^3 par jour 1000 fr.

En admettant que la durée du percement des deux derniers kilomètres (tunnel de 16 kilomètres, projet de 1886) de chaque côté, soit de 450 jours que le temps pour terminer ultérieurement soit de 200 »

Ensemble 650 jours

la dépense de chaque côté serait de 650 000 fr., soit pour l'ensemble de 1 300 000 fr.

Les experts ont fixé un prix de 15 fr. par mètre cube de glace; ce prix est très élevé, attendu qu'avec la machine de Raoul Pictet on peut fabriquer de la glace à 7 fr. le mètre cube, y compris l'intérêt et l'amortissement des machines, moteurs et dépenses d'installations et qu'en outre on pourra probablement se procurer à un prix inférieur de la glace naturelle provenant des glaciers voisins.

4° *Rafrâichissement par l'expansion de l'air comprimé.*

Ce moyen exigerait, dès que l'on aborderait les températures intérieures élevées et supérieures à 30° , la suspension des travaux autres que ceux des galeries d'avancement.

Il demande 20 compresseurs et une force motrice de 2000 chevaux pour la compression uniquement.

Mais comme l'air comprimé serait utilisé aussi pour la perforation mécanique et que les installations ci-dessus n'atteignent pas le double de celles exécutées à l'Arlberg côté est, tandis que, dans le devis du Simplon, j'ai prévu, pour ces installations, une somme de plus du double de celles réellement dépensées à l'Arlberg, il n'y a donc pas lieu de prévoir des dépenses supplémentaires de ce fait.

La durée de la construction serait toutefois augmentée du fait de la suspension des travaux d'élargissement et de revêtement jusque après la rencontre des galeries. Ce retard peut être évalué à 15 mois (pour le tunnel de 16 kilomètres, projet de 1886) et à 18 mois pour le tunnel de base de $19\frac{1}{2}$ km. environ qui sera probablement adopté.

En résumé, sur cette question des difficultés que l'on pourra rencontrer dans le tunnel du fait de la haute température, la commission d'expertise pense et moi avec elle avoir établi qu'il est possible de les vaincre par l'un des divers procédés indiqués et même par l'emploi simultané de deux de ces procédés.

Les difficultés qui se sont produites au Gothard de ce chef seront considérablement atténuées, comme nous l'avons dit plus haut, par une bonne organisation des chantiers, par une ventilation surabondante, ce pourquoi nous avons à disposition les forces motrices nécessaires et avons prévu dans nos devis les installations suffisantes par une somme de $7\frac{1}{2}$ millions, c'est-à-dire plus du double de ce qui a été dépensé à l'Arlberg et près du double de ce qui a été employé au Gothard.

Les dépenses supplémentaires à faire pour ramener la tem-

pérature des chantiers à des conditions absolument normales, et éventuellement la prolongation de la durée des travaux pour atteindre ce but, peuvent parfaitement s'évaluer à l'avance.

Il est probable même que la nouvelle idée que vient d'émettre M. Raoul Pictet d'introduire et d'asperger de l'eau pulvérisée en pression à la température de 0° permettra d'atteindre ce but plus facilement, plus complètement et à moins de frais.

Nous pensons aussi que si, à l'amélioration de la ventilation, à la distribution d'eau pure et fraîche sur les chantiers, on ajoute qu'on pourra réduire considérablement l'usage de la lampe de mineur, la chaleur qu'elle développe et les gaz irrespirables qu'elle produit, en la remplaçant par l'éclairage électrique; si l'on supprime l'usage des animaux de trait pour les transports, animaux qui développent beaucoup de chaleur et d'humidité, et qu'on les remplace par des locomotives sans fumée ou à air comprimé, ou mieux encore qu'on organise aussi les transports par l'électricité, ce que les progrès réalisés dans ce sens permettent d'espérer sans témérité, on aura considérablement amélioré la situation au point de vue des inconvénients que présente la température élevée de la roche.

Les études que nous avons faites jusqu'ici, pour la transmission de la force, nous amènent à ce résultat que, tant sous le rapport du coût de la transmission que de l'effet utile, il sera probablement préférable de faire une transmission électrique au lieu d'une transmission dans de longues tubulures fermées et en charge. Dans ces conditions il est naturellement indiqué d'appliquer le plus possible l'électricité à la perforation, à l'éclairage, aux transports.

Ainsi sachant qu'on a sous la main et, sans dépenses excessives les moyens d'abaisser la température intérieure du tunnel, on ne doit pas avoir de craintes d'aborder le percement du tunnel du Simplon, et par les tracés de base, les plus avantageux, et parmi ceux-ci, celui en ligne droite, cela malgré que la température probable que l'on rencontrera dépassera de quelques degrés celle que l'on a rencontrée au percement du tunnel du Gothard.

BIBLIOGRAPHIE

Voici les articles les plus remarquables contenus dans le journal: *Annalen für Gewerbe und Bauwesen* publié par M. F.-C. Glaser à Berlin qui a bien voulu échanger avec notre bulletin et qu'on peut donc lire à notre bibliothèque.

Numéro du 1^{er} juillet. Situation de la politique commerciale en 1892 et modifications à attendre de la suppression du traité de commerce. Compte rendu de la réunion de la société des ingénieurs mécaniciens du 22 avril 1890. Rapport de M. Claussen sur les entrepôts à blé et leur outillage, élévateurs, déchargeurs, bluteurs, etc. Les ponts tournants et leurs constructions les plus récentes. Ces travaux se continuent dans la livraison du 15 juillet année courante qui contient en outre un travail sur la machine Compound de la société d'électricité de Berlin.

Le numéro du 1^{er} août contient un article sur le droit des brevets et le droit industriel par M. J. Kohler. La double traction des trains par M. Wurzel. Le gramophone, le phonographe et leur avenir. La situation de l'industrie du fer dans la pro-

vince du Rhin. Des habitations ouvrières. Etablissement de gaz à l'huile.

Numéro du 15 août. Création et construction des bateaux brise-glace sur la Vistule. La continuation de l'article ci-dessus indiqué de M. J. Kohler. Double sifflet des locomotives par M. Brettmann. Excursion de la société des techniciens de chemins de fer à Osnabrück et Furstenwalde. Les vingt-cinq premières années des chemins de fer routiers. Les castines de terre à infusoires.

Le premier numéro de septembre contient un article sur les constructions navales à l'exposition de Brème par M. Brinkenmann, ingénieur de la marine impériale. La continuation du travail de M. Kohler sur le droit industriel et des brevets. Une discussion sur la question de savoir pourquoi les conducteurs de locomotives doivent faire leur service debout. Un travail sur la technique de l'imitation et sa signification moderne. La continuation du travail sur la métallurgie du fer dans les provinces rhénanes. La description des nouvelles installations du port d'Odessa.

Le second numéro de septembre contient un article sur la représentation devant les offices de brevet. La description d'un appareil pour mesurer le vide dans les chaudières de locomotives. La continuation du travail sur les constructions navales à l'exposition de Brème et de celui sur la métallurgie du fer dans les provinces rhénanes. Un travail sur la formation des bancs de sable. Un travail sur les constructions du pont de Liverpool. Sur les appareils de graissage fonctionnant par les eaux de condensation et sur les courroies de transmission à chapelet.

Le premier numéro d'octobre contient un travail de M. J. Fischer-Dick sur la construction des bâtiments et le matériel roulant des chemins de fer routiers, de M. le Dr B. Hilse sur l'assurance contre les accidents en France. Le compte rendu de la séance du 9 septembre de la Société pour la science des chemins de fer, traitant des relations des chemins de fer et de la navigation intérieure. La continuation du travail sur la métallurgie dans les provinces rhénanes. Les moteurs à l'exposition des accidents du travail en 1890 par M. O. Léonhard. Les pompes rotatives à marche lente. Le laminoir universel Trio, (brevet Brisker). Les forets à vis de Jean Berg.

En outre chaque livraison contient une chronique. Un chapitre sur les mutations du personnel technique des administrations de l'Etat. Un bulletin bibliographique technique très complet et une liste complète des brevets délivrés.

ÉCHANGE AVEC LE BULLETIN

La Société des ingénieurs et des architectes autrichiens a bien voulu consentir à l'échange de son journal avec notre modeste Bulletin.

Grâce à la bienveillance de nos collègues étrangers notre bibliothèque s'enrichit ainsi de ressources précieuses.

ERRATUM

Par erreur d'impression, les planches du concours pour les plans de l'édifice de Rumine à Lausanne portent les Nos 44 à 48, nous prions nos lecteurs de leur substituer les Nos 45 à 49 conformément au texte.

Rédaction.