

Zeitschrift: Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes
Band: 13 (1887)
Heft: 3

Artikel: Conférence faite de 12 février à la Société vaudoise des ingénieurs et architectes sur le percement du Simplon
Autor: Meyer, J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-13720>

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: 13.04.2026

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

BULLETIN

DE LA SOCIÉTÉ VAUDOISE

DES INGÉNIEURS ET DES ARCHITECTES

PARAISSANT 8 FOIS PAR AN

Sommaire : Conférence faite le 12 février à la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes sur le percement du Simplon, par J. Meyer, ingénieur. (Suite et fin.) — Régularisation du niveau du lac Léman et utilisation des forces motrices à Genève, par Julien Chappuis, ingénieur. (Suite et fin.) — Prix de revient d'un cheval-vapeur.

CONFÉRENCE

FAITE LE 12 FÉVRIER A LA SOCIÉTÉ VAUDOISE DES INGÉNIEURS
ET DES ARCHITECTES SUR LE PERCEMENT DU SIMPLON

par J. MEYER, ingénieur.

(Suite et fin.)

**Système proposé par M. le colonel de Bange au nom
de la Société des anciens établissements Cail.**

Cette société a remis, le 26 juin 1886, un projet apportant quelques améliorations sur les projets qu'elle avait présentés précédemment.

Elle offrait de l'exécuter à forfait pour trente-neuf millions laissant à la charge de la Compagnie S.-O.-S. l'achat des terrains, les clôtures et la construction des gares.

Elle offrait d'exploiter à forfait pour 700 000 fr. par an et demandait une garantie de trafic de 735 000 fr. par an.

Les experts trouvent qu'il est dangereux de garantir un minimum de trafic.

Ils trouvent aussi qu'il est dangereux de donner à forfait une somme de trente-neuf millions ; car si les prévisions de cette usine ne se réalisaient pas, cette somme serait perdue, et l'abandon de ce moyen de transport jetterait un tel discrédit sur l'affaire du Simplon qu'il deviendrait très difficile de la reprendre.

Ils citent les grandes difficultés que présenteraient les lignes d'accès, surtout du côté sud.

Ils relèvent enfin que dans ce forfait on n'a pas prévu le revêtement en maçonnerie du tunnel de faite de 8400 m. de longueur, à leur avis indispensable, et qui coûterait 3 780 000 fr., ce qui porterait la dépense à 42 780 000 fr. non compris celles laissées à la Compagnie de la S.-O.-S.

L'appareil porteur et moteur, que les experts appellent *pont-locomotive*, pèserait d'après leurs calculs 196 t. et 356 t. avec sa charge, qu'il faudrait démarrer d'un bloc, au lieu de le faire wagon par wagon comme cela a lieu pour les trains ordinaires. Ils sont d'avis que le travail résistant serait supérieur au travail utile et qu'il ne démarrerait pas.

Au delà de huit roues accouplées, il n'est pas possible d'obtenir un bon service ; que sera cette difficulté avec vingt roues accouplées ?

La disposition de l'essieu moteur leur paraît impossible, il se romprait sous l'action des bielles, sinon au démarrage du moins après quelques tours de roues.

L'amarrage des wagons sur le pont présente de grandes difficultés, le système proposé de relevage des voies par bout est inadmissible, les wagons descendant pousseront les autres et les jetteront à bas du pont. Il faudrait donc, aux extrémités, des buttoirs pouvant s'abaisser pour laisser entrer et sortir les wagons, appareils compliqués et coûteux.

Avec ces buttoirs la longueur utile du pont-locomotive serait réduite de 35 m. à 30 m., il y aurait place au plus pour six voitures à voyageurs ou huit wagons à marchandises.

Il serait difficile d'accoupler à la montée, comme le pense M. de Bange, deux ponts soit deux masses de 356 t.

La société compte quatorze trains par jour ; le temps qu'elle compte par train est trop court, quatorze trains de marchandises à huit wagons feraient 112 wagons par jour, si on ne transporte que des marchandises. C'est absolument insuffisant et sans rapport avec la dépense.

Les experts admettent qu'on pourra aménager des freins suffisants, mais ils voient une grande difficulté dans l'accrochage au sommet de la rampe ; si l'on y met un buttoir à ressort il renverra le train.

Il faut prévoir des déraillements dans un tracé à flanc de coteau aussi escarpé, exposé aux avalanches et chutes de pierres et fortes chutes de neige, orage, etc. Comment relèvera-t-on cette masse de 356 t. ? où prendra-t-on son point d'appui pour la soulever ? Comment transportera-t-on sur le lieu de l'accident les agrès pour ce relevage ?

En cas de déraillement que deviendront les wagons et voitures placés sur le *pont-locomotive* ? Ils seront infailliblement projetés dans l'abîme ; chaque déraillement deviendra une catastrophe. L'interruption du trafic durera un temps considérable.

En résumé et par toutes ces considérations la Commission est d'avis que la proposition de la Société des anciens établissements Cail ne peut être admise :

1^o Parce que le système proposé est dangereux et sujet à accident qui, en admettant la possibilité de sa réalisation pratique, amènerait une défaveur complète sur ce mode de transport.

2^o Parce que ce système ne permet pas de satisfaire aux exigences du trafic.

3^o Parce que ce système, tel qu'il est proposé, théoriquement et pratiquement ne lui paraît pas pouvoir fonctionner.

La Commission rejette donc l'ensemble des systèmes Fell,

Agudio, anciens ateliers Cail et autres, parce que la traversée du Simplon ne peut avoir de raison d'être que si elle se fait fament, sans transbordements ni changements, ce à quoi aucun de ces systèmes ne répond.

Si l'on admettait le transbordement, on pourrait arriver à de meilleurs résultats en adoptant des monte-wagons avec accumulateurs comme à la gare Saint-Lazare à Paris, ou avec le système de M. Gonin, ingénieur en chef, ou avec le système Abt à crémaillère.

Même en employant des locomotives à dix roues accouplées de 16 t. circulant sur des rails de 50 à 55 kg. par mètre on remorquerait, sur des rampes de 90 mm., 34 t. en simple et 61 t. en double traction ; on pourrait faire un trafic de 44 000 t. brutes par jour ou 1 600 000 par an.

Mais en adoptant des tunnels de faite à la même altitude que les projets Fell, Agudio, Cail, on pourrait franchir le Simplon avec des rampes bien inférieures à 90 mm. L'emploi des locomotives serait une solution meilleure que ces systèmes, mais la Commission est d'avis que, même ainsi, il n'y aurait aucune chance de réaliser une exploitation rémunératrice.

Systeme à exploitation normale.

A la suite des divers travaux auxquels elle s'est livrée, la Commission est unanime à déclarer que c'est seulement par un tunnel de base que la traversée du Simplon est possible et présente, au point de vue financier et à celui des relations de la Suisse avec l'Italie, un intérêt sérieux.

Pour elle la meilleure solution serait le tunnel de base de 20 km. de longueur, si l'on peut réaliser un capital suffisant, sinon il faut se rejeter sur un tunnel de 16 km. qui donnerait encore toute satisfaction au point de vue de l'exploitation.

La commission expose les travaux auxquels elle s'est livrée pour connaître les meilleures conditions d'un tunnel, les difficultés qu'on rencontrera et le moyen de les vaincre.

Elle pose comme première condition la diminution à 2 mm. et au maximum à 3 mm. des rampes dans le tunnel pour augmenter la charge remorquée et diminuer la production de fumée et des gaz irrespirables.

Elle donne un tableau de la dépense en combustible et de la quantité d'air nécessaire à la combustion, et du volume des gaz qui s'échappent, pour une locomotive à huit roues accouplées pour diverses rampes de 3, 6, 8, 10 et 20 mm., tableau qui montre combien, de ce fait, la réduction de la rampe dans un tunnel est nécessaire et d'autant plus que la section du tunnel est moindre.

Elle relève que l'utilisation de l'adhérence étant de 0.14 à ciel ouvert tombe à 0.10 et même à 0.08 dans les tunnels à cause de l'humidité. (C'est exact, mais un peu exagéré.)

Il y a donc tout intérêt à réduire les rampes au minimum dans un tunnel afin d'avoir moins de fumée, moins de gaz irrespirables, moins de vapeur d'eau et d'éviter le passage d'un trop grand nombre de trains par suite de la réduction de la charge.

Il est préférable d'augmenter les rampes d'accès plutôt que les rampes dans le tunnel.

La somme la plus considérable doit être consacrée pour le tunnel, et le minimum pour les lignes d'accès. On ne pourra

rien changer au tunnel ; ces dernières seront toujours parfaites.

La commission démontre comment suivant l'organisation de l'exploitation et le développement des lignes d'accès on pourrait faire passer par le tunnel à simple voie un trafic aussi considérable qu'on voudrait. On pourrait faire passer dans le tunnel dix trains de marchandises par vingt-quatre heures. Avec une machine à huit roues accouplées de 56 t. de poids adhérent, on remorquerait 800 t. brutes par train, 8000 par jour et 2 920 000 par an.

Les experts calculent ensuite les charges brutes maximum que remorquerait une locomotive à huit roues accouplées pesant 49 t. en feu et 70 t. avec tender.

En rampe de 2 mm.	Vitesse de 15 km.	à l'h.	1060 t.	brutes
» 2 » »	30 »	»	909 »	»
» 3.5 » »	15 »	»	850 »	»
» 3.5 » »	30 »	»	759 »	»

Ils étudient ensuite la question de l'aération d'un grand tunnel qui a été pour eux l'objet d'une attention spéciale.

Au Gothard l'aération se fait tout naturellement et sans difficultés, malgré un trafic considérable et une rampe de 5.8.

Au mont Cenis elle se fait par des moyens naturels.

Les cinq compresseurs qui fonctionnent à Bardonnèche donnent par vingt-quatre heures 7500 m³ d'air à 4 atmosphères ou 30 000 m³ rendus à la pression atmosphérique soit $\frac{1}{18}$ du

volume du tunnel. Il y a des robinets d'air qui sont placés dans les chambres de refuge à chaque kilomètre. D'après l'opinion de M. l'ingénieur en chef Frescot, ces cinq compresseurs sont excessifs pour cet usage, mais on les maintient en service par égard pour le public qui se sent rassuré par le bruit d'échappement de l'air.

Ce sont les mêmes raisons qui ont amené à maintenir en activité trois aspirateurs à cloche à Modane ; leur action pourrait être nuisible étant opposée à celle du tirage naturel, si elle n'était tout à fait insignifiante.

La Commission est d'avis que la ventilation se fera naturellement dans le tunnel du Simplon, aussi bien pour le tunnel à simple voie que pour le tunnel à double voie, par suite des faibles rampes adoptées, que néanmoins pour rassurer le public, il sera nécessaire d'envoyer de l'air dans les chambres de refuge au moyen des compresseurs établis aux deux extrémités ; que si la ventilation naturelle présentait des difficultés, il serait facile d'y remédier.

Les experts parlent d'un système étudié par l'un d'eux, M. Ernest Polonceau pour isoler les gaz irrespirables : la cheminée de la locomotive, d'une forme spéciale, s'engagerait dans un conduit placé soit au-dessus, soit latéralement, qui serait ouvert pour le passage de la fumée et de la vapeur qui seraient aspirées par un ventilateur placé aux entrées du tunnel. Suivant les types adoptés, cette installation pour un tunnel de 16 km. coûterait de 1 280 000 à 3 613 000 fr.

Mais la commission pense qu'un simple ventilateur aux deux extrémités du tunnel suffirait parfaitement.

Si les dépenses, avec des difficultés de quelque autre genre, faisaient rejeter ces systèmes, on pourrait employer des locomotives sans feu, du système Lamm et Franck. Elle étudie une locomotive de ce système à 48 t. de poids adhérent, pouvant

remorquer sur une longueur de 20 600 m. des trains de 450 t. soit 530 t. avec le poids de la locomotive et de son tender.

A la vitesse de 40 km. à l'heure pour parcourir 20 km., moitié en rampe, moitié en pente de 2 mm. Elle évalue la totalité du travail résistant à 62 418 000 kilogrammètres. D'après les observations de MM. de Mondésir et Lavoigne, ingénieurs en chef des ponts et chaussées, sur des moteurs de tramways, un litre d'eau chaude de ces machines fournit 1500 kilogrammètres. Ce qui donnerait $40\,000 \times 1500 = 60\,000\,000$. Or une locomotive de cette force rendra plus que ces petits moteurs ; donc la réussite serait assurée.

Pour développer cet effort, le coefficient d'adhérence n'atteindra pas 6 %, il n'y a donc pas de patinage à craindre.

Les experts calculent que les générateurs à placer aux extrémités pour produire l'eau chaude nécessaire devront en produire 5240 kg. par heure, ce qui nécessitera quatre générateurs de 100 m² de surface de chauffe à chaque extrémité du tunnel.

Ce procédé serait plus coûteux que la traction par locomotives ordinaires, mais il n'y aurait pas à hésiter à l'adopter si l'on éprouvait trop de difficultés pour la ventilation ; la question serait absolument résolue puisqu'il n'y aurait ainsi aucun dégagement de fumée ni de vapeur dans le tunnel.

Il est donc établi d'une manière certaine par la commission que, d'une façon ou d'une autre, l'exploitation d'un tunnel de 20 km. à simple ou à double voie ne présente aucune difficulté pour la ventilation et que s'il en survenait d'imprévues il serait facile de les surmonter avec une légère augmentation de dépenses.

La commission, édifiée sur la possibilité de l'exploitation, s'est préoccupée des conditions et des difficultés de construction du tunnel du Simplon.

La première difficulté qui se présente est la température qu'on rencontre à l'intérieur du tunnel.

La température maxima de la roche a été à l'Arlberg de 19° centigrades, au mont Cenis de 29°5 et au Gothard de 30°8.

Les études faites sur le projet de tunnel de 20 km. d'août 1882 laissaient prévoir une température dépassant 30°8 sur 11 km. avec un maximum de 34° à 35°. M. le professeur Renavier évalue ce maximum à 42°, mais M. le professeur Heim maintient la première estimation de 35°, pensant que M. Renavier n'a probablement pas assez tenu compte de la température extérieure et des évidements latéraux.

Pour le tunnel de 16 km. on atteindrait 38 à 40° ; les températures plus élevées qu'au Gothard régneraient sur une longueur de 4 km.

La commission rejette complètement l'exemple du Gothard où les difficultés rencontrées du fait de la température n'ont été grandes que parce qu'aucune des précautions et dispositions nécessaires pour se mettre dans des conditions favorables de travail n'avaient été prises. Insuffisance de ventilation et d'alimentation, les ouvriers buvaient des eaux contaminées, aucune mesure pour l'éloignement des déjections, etc.

La force motrice disponible au Gothard était insuffisante en général et dans bien des cas cette insuffisance a entravé les travaux, ce qui ne sera pas le cas au Simplon.

La commission est d'avis que des travaux bien conduits auraient diminué dans une proportion considérable toutes les difficultés rencontrées, et la preuve de ce qu'elle avance, c'est

que les ouvriers qui étaient au front d'attaque et les plus exposés à la température de la roche se sont toujours trouvés dans des conditions normales, parce qu'ils jouissaient d'une ventilation suffisante.

La commission croit qu'avec des chantiers organisés et dirigés avec soin on arrivera sans peine aux 4 km. où la température dépassera celle du Gothard.

Une ventilation énergique rafraichira notablement la roche ; depuis deux années la température de l'intérieur du tunnel du Gothard s'est abaissée de 7°. Si on ventile énergiquement dès le commencement des travaux on diminuera notablement, et sans grande dépense, la température dans le tunnel ; il suffit d'une force de 120 chevaux pour avoir une vitesse de courant de 4 m. Si une fois par semaine on arrête les travaux et qu'on ventile à double vitesse on abaissera beaucoup la température de la roche.

Il faudra procéder aussi rapidement au revêtement en maçonnerie, ce qui, d'après l'expérience acquise au Gothard, est une cause de refroidissement.

La commission estime qu'avec ces dispositions on travaillera dans le tunnel sur presque tout le parcours, sans grandes difficultés ; cependant, voulant pourvoir à toutes les éventualités, elle a admis que sur 1 ou 2 km., c'est-à-dire sur 1 kilomètre de chaque front d'attaque, on rencontrerait des températures telles que ces moyens pourraient être insuffisants.

Elle croit que, dans ce cas, on devrait prendre les dispositions suivantes :

1° *Rafrachissement par la ventilation.*

On ventilerait énergiquement les galeries d'attaque une fois par semaine, en suspendant les travaux seulement dans ces galeries ; par suite de la différence des sections la vitesse pourrait atteindre 12 m. par seconde.

Cette ventilation amènerait un refroidissement de la roche, et quand on atteindrait des températures de 40°, en ne travaillant que 12 heures sur 24, et ventilant énergiquement dans l'intervalle, on arriverait bien à traverser les 2 km., et tout se résumerait en un ralentissement de l'avancement qui serait de 50 % pour une longueur de 2 km., ce qui donnerait un retard dans l'achèvement du percement de sept mois environ.

2° *Rafrachissement par aspersion d'eau froide pulvérisée.*

On a remarqué à l'Arlberg l'effet réfrigérant produit par l'échappement de l'eau pulvérisée s'échappant des perforatrices Brandt.

Il y a sans doute quelque inconvénient à introduire encore de l'eau dans un tunnel lorsqu'on cherche à s'en débarrasser, mais cela ne saurait être sérieux lorsqu'il s'agit d'une minime quantité de 7 l. par seconde.

On a observé qu'au Gothard, avec une vitesse de courant de 0^m50 par seconde, 1 m³ de paroi du tunnel abandonne à l'air $\frac{1}{100}$ de calorie par minute et pour chaque degré de différence de température que présentent les deux milieux ; on voit que la quantité de chaleur qu'abandonneraient les deux galeries de base et de faite sur 1 km. de développement pris par les chantiers, et en supposant qu'on maintienne la température du

milieu ambiant à 10° au-dessous de la température de la roche, serait par minute de 1860 calories, disons 2000.

On pourrait maintenir la température de l'eau de rafraîchissement à 15° en enveloppant les tuyaux de matières mauvaises conductrices.

Si l'on suppose qu'on introduit de l'eau pulvérisée à 10 atmosphères et que cette eau parvienne à enlever à l'air une quantité de chaleur correspondante à sa propre augmentation de température jusqu'à 20° seulement, on trouve qu'il faudrait injecter par minute une masse d'eau x telle que :

x litres \times 5° = 2000 calories ; d'où $x = 200$ litres par minute, ou 3,5 litres par seconde.

Pour cela il faut une conduite de 10 cm. de diamètre, le travail à vaincre serait de 2000 kilogrammètres soit 30 chevaux.

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

Un kilogramme de glace exigeant 79 calories pour sa fusion, on voit que dans les mêmes hypothèses que ci-dessus il faudrait introduire dans le tunnel $\frac{2000}{79} = 25$ kg. de glace par minute pour abaisser de 10° la température des chantiers sur un kilomètre de galerie ; ce qui ferait par 24 heures 40 m³ et fournirait en eau de fusion un débit de $\frac{1}{2}$ litre par seconde.

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

Il résulte d'observations faites au Gothard que 3 m³ d'air comprimé à 4,5 atmosphères fournissent par leur expansion un rafraîchissement équivalant à 78 calories.

Pour faire équilibre aux 2000 calories abandonnés par la roche en une minute dans les deux galeries, supposées rafraîchies de 10° en moyenne sur un kilomètre, il faudrait y introduire $\frac{2000}{78} = 25$ fois plus d'air que ci-dessus soit 75 m³ d'air comprimé (à l'origine à 5 atmosphères) par minute.

Un rafraîchissement *complet* des chantiers au moyen d'air comprimé exigerait une force motrice de 5000 chevaux de chaque côté du tunnel.

Si l'on admet qu'à partir des températures de 30° l'on interrompe les travaux sauf les galeries, il n'y aura à rafraîchir que ces chantiers d'avancement et la consommation d'air se réduira à 15 m³ à 5 atmosphères ou à 10 m³ à 8 atmosphères pour rafraîchir ces chantiers et à 250 m. en arrière.

Cela nécessiterait 20 compresseurs et une force de 2000 chevaux de chaque côté.

Les dépenses exigées par ces divers moyens de ventilation sont évaluées comme suit :

a) *Ventilation à pression normale* : 500 000 francs pour chaque côté du tunnel, plus une force de 500 chevaux.

b) *Aspersion d'eau pulvérisée* : 255 000 francs plus la force motrice détournée qui serait de 30 chevaux de chaque côté.

c) *Introduction de glace*. La glace est comptée à 15 francs le mètre cube à l'entrée du tunnel (ce qui est excessif vu la proximité des glaciers) et 10 francs le mètre cube pour transport et manutention soit $25 \times 40 = 1000$ francs par jour. Les experts estiment à 650 jours la durée pendant laquelle ce rafraîchissement serait nécessaire, ce qui ferait une dépense totale de 1 300 000 francs.

5° *Rafraîchissement par l'air comprimé.*

Comme l'air comprimé servirait également pour la perforation, et que les installations nécessaires n'atteindraient pas le double de celle de l'Arlberg, tandis que dans le devis du Simplon on prévoit pour les installations une somme de plus du double de celle dépensée à l'Arlberg, il n'y a pas lieu de prévoir de dépenses supplémentaires du fait de l'emploi de ce mode de ventilation.

La durée de la construction serait augmentée de 15 mois.

En résumé, sur cette question des difficultés qu'on pourra rencontrer au milieu du tunnel du fait de la haute température, la commission estime avoir établi qu'il est possible de les vaincre par l'un des divers procédés qu'elle a indiqués, et même, s'il est nécessaire, par l'emploi simultané de deux de ces procédés.

Elle estime que les hautes températures occasionneront seulement une augmentation de dépense de 2 millions et un retard dans l'achèvement du percement de 15 à 18 mois.

Les forces motrices de 4000 chevaux de chaque côté et la somme de 7 500 000 francs prévue pour installations sont largement suffisantes pour parer à toutes les éventualités.

Forces motrices. — Les experts ont trouvé justes les évaluations publiées à ce sujet en 1882 par le comité du Simplon. On aurait sur le versant sud 6300 chevaux théoriques ou 4000 chevaux effectifs par les *plus basses eaux* et 8100 chevaux théoriques et 6000 chevaux effectifs par les basses eaux moyennes. Au versant nord en faisant un barrage du Rhône à Hohfluh et en utilisant la Massa et la Saline on aurait 5952 chevaux théoriques ; si l'on fait le barrage à Mörrel avec un canal de 4500 m., on aurait 10 560 chevaux théoriques.

C'est plus que largement suffisant et dépasse de beaucoup ce qu'on avait à l'Arlberg et au Gothard.

La commission appelle l'attention sur la possibilité d'utiliser l'électricité pour le transport des forces et l'éclairage, comme pouvant donner une nouvelle facilité d'exécution économique.

Section du tunnel. — Pour le tunnel à double voie elle admet une section de 6^m10 de hauteur au-dessus des traverses et de 8^m20 de largeur aux naissances, avec une section du vide de 42^m52.

Pour le tunnel à simple voie une hauteur de 6^m50 avec une section du vide de 32^m75. (Le tunnel des Loges, du Jura neuchâtelois, de 3260 m. de longueur avec une pente de 27 ‰ a une section de 18^m250.

Des tunnels à simple voie et des tunnels à double voie. — Les experts évaluent à neuf ou dix millions l'économie que présenterait la construction d'un tunnel à simple voie sur la double voie avec les sections indiquées ci-dessus.

Tout en reconnaissant la supériorité du tunnel à double voie ils estiment qu'un tunnel à simple voie, établi dans les conditions proposées, serait suffisant et fournirait une solution admissible du passage du Simplon.

Ils ont évalué l'économie qui résulterait en donnant à la voûte le profil correspondant à la double voie et en restreignant la partie inférieure à la largeur de la simple voie ; cette économie ne serait que de 5 à 6 millions ; ils déconseillent cette solution, parce que l'élargissement en cours d'exploitation s'il devenait nécessaire au moment précisément du plus fort trafic rencontrerait trop de difficultés. Sur bien des points d'ailleurs

la nature de la roche obligerait d'entrée à terminer le tunnel pour deux voies, ce qui diminuerait cette économie.

Du tracé à adopter. — La commission est d'avis d'adopter le tracé proposé par M. Meyer, ingénieur en chef.

Ce tracé a son origine au km. 137,969 de la ligne Lausanne-Brigue, à 1^k310 au delà de l'axe de la gare de Viège ; il traverse obliquement la vallée du Rhône, puis se développe à flanc de coteau, sur une longueur de 8981 m. jusqu'à la tête nord du grand tunnel à l'altitude de 820 m. dans la vallée de la Sal-tine, sur la rive gauche.

La cote d'altitude au départ est de 652^m65 ; il est en rampe de 12 mm. sur 291 m., puis de 20 mm. sur 8190, et en palier sur 500 m. à la tête nord du tunnel, à l'altitude de 820 m.

Il ne présente pas de difficultés exceptionnelles ; un viaduc de 30 m. d'ouverture et 8 m. de hauteur pour la traversée de la Gamsa à la sortie de la gorge, et un tunnel de 375 m. de longueur sous le mamelon de Wickert près de la tête du grand tunnel en sont les ouvrages principaux. De grands remblais près de cette tête de tunnel seraient faits avec les déblais provenant du tunnel.

Sur le versant sud le tunnel déboucherait à la cote d'altitude de 830 m. en dessous de Gondo et à 600 m. de la frontière italienne. On pourra toujours, sur cette faible distance, adopter un tracé qui se raccordera avec celui que le gouvernement italien arrêtera pour gagner Domo d'Ossola.

Les experts ont admis que ces lignes d'accès seraient exécutées à simple voie, même si le tunnel se fait à double voie, et ils ont évalué la ligne d'accès nord à 2 414 560 francs et la ligne d'accès sud à 400 000 francs.

Ils évaluent le grand tunnel de 16 070 m. de longueur à simple voie à 46 924 400 francs et à double voie à 55 795 040 francs et résumant comme suit les dépenses d'établissement :

	Longueur	Tunnel	Tunnel
	Mètres	à simple voie	à double voie
		Francs	Francs
Rampe d'accès nord (à voie unique)	8 981	2 414 560	2 414 560
Grand tunnel.	16 070	46 924 400	55 795 040
Rampe d'accès sud (à voie unique)	600	400 000	400 000
Dépense à Viège pour douane, dépôt, voies, etc.		300 000	300 000
Matériel roulant : 13 locomotives, à 70 000 fr.		910 000	910 000
Somme à prévoir pour vaincre les difficultés de la haute température dans le grand tunnel, si on les rencontrait		2 000 000	2 500 000
Totaux. . .	25 ^k 651 ^m	52 948 900	62 319 600

Il y aura à ajouter les dépenses de formation du capital et des intérêts intercalaires.

Si l'on réduisait la hauteur du tunnel à simple voie de 6^m50 à 6^m40 on réaliserait une économie d'environ 1 200 000 francs, et la dépense totale avec un tunnel à simple voie serait alors de 51 750 000 francs.

La commission estime que la durée de la construction ne

dépassera pas six années si les hautes températures ne se présentent pas au centre du tunnel : mais si ces difficultés spéciales se rencontrent, il faudra compter 18 mois de plus, soit sept ans et demi.

En résumé, elle écarte les systèmes spéciaux Fell, Agudio et des anciens établissements Cail, comme ne donnant qu'une solution imparfaite et ne satisfaisant pas aux besoins du trafic et présentant des inconvénients plus ou moins graves au point de vue de la sécurité.

La traversée du Simplon ne peut se faire que par un tunnel de base.

Ce principe admis, deux solutions se présentent :

Le tunnel de 20 km. proposé en 1882.

Le tunnel de 16 km. proposé en 1886.

Le tunnel de 20 km. paraîtrait la meilleure solution, n'étaient les grandes dépenses qu'il occasionnerait (65 à 70 millions à simple voie et à 85 à 90 millions à double voie) et qui semblent devoir le faire rejeter ; et la possibilité de rencontrer sur une longueur de 11 km. des températures notablement plus élevées qu'au Gothard et qu'on n'a pu apprécier avec quelque certitude.

La commission propose donc le tunnel de 16 070 m. de longueur aux altitudes de 820 m. et 830 m. Si les capitaux qu'on pourra réunir sont suffisants, elle n'hésite pas de conseiller de l'exécuter à double voie, mais, tout en ne méconnaissant pas qu'un tunnel à simple voie ayant les dimensions prévues par elle (section 32^m275), peut satisfaire à tous les besoins du trafic.

En terminant elle relève les facilités que trouvera le percement du Simplon comparativement aux autres percements de tunnels et qu'elle a prises en considération dans les prix qu'elle a fixés.

a) Faible altitude des deux têtes : 820 m. et 830 m.

b) Forces motrices en abondance, et pour ainsi dire sans limites, grâce aux progrès actuels de l'électricité.

c) Eclairage plus complet, par suite encore des progrès de l'électricité.

d) Proximité du chemin de fer sur le versant nord.

e) Faible longueur des voies d'accès permettant d'approvisionner facilement les chantiers.

f) Réduction du prix de la main-d'œuvre des matières et des matériaux.

Après cet exposé, veuillez me permettre de relever encore quelques points de vue touchant à l'importance de cette entreprise en général.

Ces avantages évidemment ne se bornent pas à ceux que retirera la Compagnie de la Suisse-Occidentale-Simplon ou ses actionnaires.

Le pays tout entier en bénéficiera dans une large mesure. Actuellement, et depuis l'ouverture de la ligne du Gothard, notre pays romand se trouve dans un état d'isolement qui ira toujours en augmentant, si l'on ne fait pas un effort viril pour en sortir. Tous les facteurs de la prospérité nationale, le commerce, l'agriculture et l'industrie s'alanguissent et le malaise dont souffre maintenant notre pays ira toujours augmentant.

Un trafic international important, qu'on peut évaluer à au moins 200 000 voyageurs et 400 000 tonnes de marchandises par an, suivra cette nouvelle voie. Or un trafic de cette importance ne s'établit pas dans un pays sans que les localités tra-

versées n'en bénéficient. Tous les voyageurs ne passent pas directement, beaucoup visitent le pays traversé, surtout quand il est si beau que notre bassin du Léman.

Ainsi à Lucerne, par exemple, la Société de navigation craignait que l'ouverture du Gothard ne nuisit à ses recettes de voyageurs, il n'en a rien été, et on lisait ces jours encore dans les journaux qu'elle donne un magnifique dividende et veut augmenter son capital pour augmenter ses moyens d'action, c'est-à-dire construire de nouveaux bateaux. Or tous ces voyageurs ont séjourné à Lucerne et sur les bords du lac. Chacun sait quelle prospérité s'est établie sur cette ville depuis l'ouverture du Gothard. Il en est de même de Lugano et de beaucoup d'autres localités traversées.

A Airolo aussi les propriétaires d'hôtels ont cru qu'une fois le Gothard ouvert ils n'auraient plus personne. Le contraire a eu lieu ; pendant la belle saison leurs hôtels ont été encombrés, il s'en est construit de nouveaux. Les Milanais viennent y faire des séjours d'été, ils vont pour cela jusqu'à l'hospice du Gothard.

Pourquoi le même fait ne se produirait-il pas chez nous ?

C'est donc là une œuvre nationale au premier chef, le pays entier retirera de ce percement du Simplon des avantages qui dépasseront de beaucoup le sacrifice qui lui est proposé.

Je suis intimement convaincu que vous en êtes tous persuadés, mais je vous demanderai de vous faire les apôtres de cette cause et si, dans le cercle de vos amis et connaissances, il en est qui ne partagent pas cette conviction, vous cherchez à les convaincre, et qu'à la votation définitive on rencontre une imposante majorité, pour fournir les moyens de réaliser cette œuvre nationale que nous attendons depuis si longtemps.

RÉGULARISATION DU NIVEAU DU LAC LÉMAN

ET UTILISATION DES FORCES MOTRICES DU RHÔNE A GENÈVE

par M. JULIEN CHAPPUIS, ingénieur.

(Suite et fin.)

Exécution.

Pour l'exécution, la ville de Genève étudia un premier projet, connu sous le nom de *projet N° 1*, qui consistait à placer le bâtiment des turbines sur terre ferme sur la rive gauche, entre les nouvelles pompes à vapeur et la place des Volontaires. — Dans l'étude de ce projet, les ingénieurs de la ville (MM. Turrettini et Merle) pensaient exécuter les approfondissements du bras gauche par voie de dragage. Il fut bientôt reconnu que ces dragages présenteraient de très grandes difficultés à cause de la traversée des ponts et à cause des nombreux obstacles tels que pieux et enrochements qui se trouvaient dans le lit ; en outre, le passage de l'égout collecteur dans la rue du Rhône à 3 m. au-dessous des fondations des immeubles n'était pas sans dangers. Toutes ces considérations réunies amenèrent les ingénieurs de la ville à exécuter les travaux d'approfondissement à sec ; et cette détermination, qui parut hasardée en commençant, était certainement la plus économique et la plus sûre ; elle permettait de faire passer l'égout sous les quais et par conséquent supprimait sa traversée dans la rue du Rhône ; en outre elle permettait la réfection des murs de quais.

L'EMPLACEMENT DU BATIMENT tel qu'il est disposé dans le projet N° 1 présentait deux inconvénients fort graves :

Le premier était que l'espace entre le Rhône et la rue de la Coulouvrenière étant très limité, on avait beaucoup de peine à loger les turbines et pompes et même on était obligé de rétrécir cette rue pour y arriver.

Le second inconvénient était le coût des expropriations (500 000 fr.) qui grevait l'installation, sans profit, d'une très forte somme.

Ces deux considérations firent étudier le projet connu sous le nom de N° 2, qui consiste à mettre le bâtiment dans la rivière, et lui donne la forme d'un angle, dont la branche la plus courte forme le bras gauche, et dont la branche la plus longue s'allonge du côté de l'île, à laquelle elle se réunit par une digue, percée de vannes de décharge, permettant le passage de l'eau du bras gauche dans le bras droit en cas de fermeture des vannes des turbines.

L'inconvénient des projets N° 1 et 2 était de placer le bâtiment sur le territoire de la commune de Plainpalais. C'est pour éviter cela que fut étudié, le *projet N° 3* qui est au bras droit, exactement ce qu'est le N° 2 au bras gauche. L'inconvénient du projet N° 3, était de déplacer le quartier industriel de la Coulouvrenière qui peut se développer grâce aux terrains de la Jonction et de le transporter sur la rive droite où les terrains manquent totalement. Cette considération amena une entente entre la ville de Genève et la commune de Plainpalais, à la suite de laquelle ce fut le projet N° 2 qui fut choisi définitivement.

Toutes ces tractations et études furent faites en 1883 et menées avec une très grande rapidité, ensorte que les travaux purent commencer le 21 octobre 1883 par la construction des batardeaux nécessaires pour la mise à sec du bras gauche entre le pont de la machine et celui de la Coulouvrenière. L'hiver très favorable de 1883-1884 permit de terminer les travaux du bras gauche, compris l'égout et les vannes de décharge, avant les hautes eaux, ensorte qu'on put continuer immédiatement les travaux par la construction de la digue séparative coulée sous l'eau et par l'établissement des batardeaux destinés à mettre à sec la partie du bras gauche située entre le bâtiment des turbines et le pont de la Coulouvrenière. Pendant l'hiver 1885-1886 eut lieu la construction du bâtiment proprement dit, et le 16 mai 1886, cinq turbines, dont trois à haute pression et deux à basse pression, purent être mises en service.

La période d'exécution a donc duré du 20 novembre 1883 au 16 mai 1886 soit sensiblement trente mois.

Partie mécanique.

Tout ce que nous venons de dire concerne les travaux d'aménagement. Pour la partie mécanique le problème n'était pas sans offrir de sérieuses difficultés.

L'établissement de grandes forces motrices n'avait pas jusqu'à ce jour réussi, au point de vue financier, d'une manière bien brillante. A Genève on se souvenait de l'effondrement des *sociétés de Bellegarde et des eaux et forêts de Fribourg* ; effondrement qui avait entraîné un très grand discrédit sur ce genre d'entreprise.

L'installation de Zurich était loin de rendre les services qu'on