

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 11/12 (1888)  
**Heft:** 7

**Artikel:** Note résumée sur l'historique du percement des grands tunnels sous les Alpes  
**Autor:** Meyer, J.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-14984>

### **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:** 03.04.2025

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

INHALT: Note résumée sur l'histoire du percement des grands tunnels sous les Alpes, par J. Meyer, ingénieur. II. — Gasbehälter-Bassin aus Stampfbeton. — Miscellanea: Das Gefrierverfahren für Gründungsarbeiten im schwimmenden Gebirge. Verband deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine. Dritter internationaler Binnenschiff-

fahrts-Congress in Frankfurt a. M. Ableitung der kleinen Reuss in den Vierwaldstättersee. Schweizerische Nordostbahn-Gesellschaft. Die directe Eisenbahnverbindung von Wien mit Constantinopel. — Concurrenzen: Stadttheater in Krakau. — Necrologie: † Fr. U. Redard. — Vereinsnachrichten. Stellenvermittlung.

## Note résumée sur l'histoire du percement des grands tunnels sous les Alpes,

par J. Meyer, ingénieur.

### II.

A l'exception de la couche de quartzite blanc compacte de 220 m rencontrée en 1866, les roches étaient peu dures; sur le versant italien du côté de Bardonnèche on rencontre le *terrain des calcschistes* jusqu'au col de l'Arionda, sur une longueur de 5136 m, puis le *terrain des calcaires massifs et gypseux*, caractérisés par la présence de la dolomie, de l'albite et de la corneille, traversé sur une longueur de 4640 m, le *terrain des quartzites*, dont nous avons parlé ci-dessus sur une longueur de 220 m, et enfin, sur le versant du côté de Modane, le *terrain anthracitifère supérieur*: schistes gris noirâtres pailletés de mica avec couches nombreuses, et parfois puissantes, d'anthracite avec quelques rognons quartziteux et traversé sur une longueur de 1137 m. Les infiltrations d'eau ont été très peu abondantes, il fallut même transporter de l'eau au fond de la galerie pour l'alimentation des ouvriers.

La constitution géologique avait été très bien prévue par M. de Sismonda; les renseignements que nous donnons ci-dessus sont empruntés à un travail de M. Lachat, ingénieur en chef des mines, à Chambéry.

Le tunnel fut complètement achevé et livré à l'État le 15 septembre 1871; la locomotive le franchit pour la première fois le 27 août 1871; l'inauguration solennelle eut lieu le 17 septembre 1871. Depuis le commencement des travaux jusqu'à l'achèvement complet, il s'écoula donc quatorze ans.

On n'a que peu de renseignements au sujet du coût de ce tunnel. On sait qu'à l'origine les travaux furent commencés en régie, on estime à 3 400 000 fr. les installations mécaniques faites pendant cette période: béliers compresseurs, pompes, bâtiments, captage d'eau et conduites d'air.

En 1867, à la demande de MM. Sommeiller, Grandis et Grattoni, ceux-ci furent chargés de continuer le travail à l'entreprise et moyennant une série de prix. Un projet de contrat fut dressé par une commission du conseil général des travaux publics qui eut pour mission, d'abord de rechercher le prix de revient par unité des travaux exécutés jusqu'ici sans les installations mécaniques et d'en déduire les prix à appliquer à l'avenir. Le rapport à l'appui de ce projet, daté du 9 octobre 1866, est signé par MM. A. Colli, rapporteur; J. G. Carbonnazzi et J. A. Valvassori, tous trois inspecteurs généraux du génie civil. Le coût était établi à 3978 fr. 15 par mètre courant de tunnel fini pour le côté de Bardonnèche; à 5766 fr. 56 pour le côté de Modane; à 4872 fr. 40 pour la moyenne des deux côtés, non compris les installations, le ballastage et la voie de fer. Ils estimèrent aussi l'augmentation de dépenses inhérentes à l'avancement à 150 fr. par mètre courant. La convention fut arrêtée le 11 décembre 1867 entre M. Contelli alors ministre des travaux publics et MM. Grattoni et Sommeiller.

Le prix du tunnel achevé, sans la voie et le ballastage et non comprises les installations mécaniques déjà payées, était compté à 4860 fr. le mètre courant. La galerie de raccordement du côté de Modane d'une longueur de 453,70 m à forfait à 1 297 000 fr.

Nous avons dit plus haut que la compagnie P.-L.-M., avait dépensé 410 000 fr. pour consolider cette galerie et qu'en 1873-1876 elle avait du nouveau dépensé 4 393 000 fr. pour en reconstruire une autre de 1572,39 m de long\*), et

\*) Voir au sujet de cette galerie de prolongement la description qu'en a donnée M. Jules Michel, ingénieur en chef de la compagnie de

170 000 fr. pour l'achèvement de la galerie de raccordement du côté de Bardonnèche.

En groupant tous ces renseignements et en faisant la part des frais généraux, mais sans tenir compte des intérêts des capitaux engagés on voit que ce tunnel a coûté 75 500 000 fr., soit

$$\frac{75\,500\,000}{12\,849\,92} = 5875 \text{ fr. } 52 \text{ par mètre courant.}$$

Nous renvoyons ceux qui désireraient plus de détails aux sources ci-après:

1° Conte, ingénieur en chef de ponts et chaussées. Rapport sur le percement du grand tunnel des Alpes. Annales des ponts et chaussées, 1863, 1<sup>er</sup> semestre, p. 1 à 51.

2° A. Deviller. Des travaux de percement du tunnel sous les Alpes. Paris, E. Lacroix, 1863.

3° Maxime Hélène. Les nouvelles routes du globe. Paris, G. Masson, 1885, p. 226 247.

4° Louis Figuier. Les nouvelles conquêtes de la science. Grands tunnels et railways métropolitains, p. 1 à 338. Paris, Marpon et Flammarion, 1885.

### Saint-Gothard.

Les prolégomènes de l'entreprise du percement du Gothard sont trop connus dans notre pays pour que j'aie besoin de m'étendre longuement à leur sujet, aussi me bornerai-je à un court exposé.

Dans le commencement de l'année 1860, le comité ou Union du Gothard, qui s'occupait de la réalisation de ce passage, fit faire des études par MM. Beck et Gerwig, ingénieurs; études qui eurent pour base les projets de M. l'ingénieur Wetli. — MM. Stoll, Schmidlin et Koller étudièrent la question au point de vue commercial.

Leurs remarquables rapports furent publiés en 1865. Au mois d'avril 1869, les États intéressés: l'Italie, la Confédération de l'Allemagne du nord et le grand-duché de Bade, informaient le Conseil fédéral de leur intention de s'intéresser à ce passage. C'est la même année que les concessions furent accordées par les Cantons suisses et ratifiées par l'Assemblée fédérale le 22 octobre 1869.

Des conférences internationales eurent lieu du 15 septembre au 15 octobre 1869 et aboutirent à un traité international avec l'Italie, auquel la Confédération de l'Allemagne du nord adhéra le 20 juin 1870 et l'empire allemand le 28 octobre 1871. Ces traités formèrent la base fondamentale de l'entreprise. La compagnie du Gothard fut constituée définitivement le 6 décembre 1871 au capital de 187 millions, dont 85 millions de subventions, 34 millions d'actions et 68 millions d'obligations. Cette compagnie appela M. Rob. Gerwig en qualité d'ingénieur en chef.

Le tunnel du Gothard, seul objet qui nous occupera ici, dont le tracé fut adopté en 1869, a une longueur de 14 984,19 m entre Göschenen et Airolo. Son portail nord à Göschenen est à l'altitude de 1109 m; le point culminant à 1154,39 m et le portail sud à Airolo à 1144,30 m. Du côté nord, il y a une rampe de 5,82‰ sur 7822 m, un palier central de 319 m, une pente de 0,5‰ sur 2273 m suivie d'une pente de 2‰ sur 3793 m et d'une pente de 1‰ sur 972 m.

Les travaux de ce tunnel furent mis en adjudication le 5 avril 1872. Il ne resta en présence, sur sept concurrents, que deux: M. Louis Favre et la Société italienne des travaux publics, à la tête de laquelle se trouvaient les anciens ingénieurs qui avaient dirigé le percement du Mont-Cenis. La préférence fut accordée à M. Louis Favre avec lequel un traité fut conclu le 7 août 1872.

P.-L.-M., dans le N° de juin 1881 de la *Revue générale des chemins de fer*.

D'après cette convention le prix à forfait pour l'excavation complète du tunnel y compris l'aqueduc et les niches était payé à 2800 fr. le mètre courant, et les maçonneries de revêtement aux prix suivants: le mètre cube de maçonnerie de voûte en pierre d'appareil ou moellons piqués au smillés, 75 fr.; plus, par mètre carré de parement de ces maçonneries, 20 fr.; le mètre cube de maçonnerie ordinaire, 40 fr.; le mètre courant de ballastage pour deux voies, 22 fr., et le mètre courant de pose de voie (matériel fourni par la compagnie), 4 fr.

La galerie de raccordement en courbe du côté d'Airolo, longue de 165 m était payée à 1500 fr. le mètre courant revêtu en maçonnerie ordinaire.

Le prix à forfait de 2800 fr. pour l'excavation comprenait la fourniture de toutes les installations mécaniques qui étaient à la charge de l'entreprise et pour lesquelles la compagnie lui faisait les avances que l'entrepreneur devait lui rembourser avant la fin des travaux. Ces avances ont été limitées, par une convention postérieure, à 4 millions. Les comptes de l'entreprise fournissent les renseignements ci-après sur les dépenses faites pour outillage et installations.

1. Immeubles	Fr. 1 034 182,79
2. Conduites et prises d'eau	„ 1 524 225,58
3. Terrains	„ 127 363,49
4. Machines fixes	„ 1 550 953,04
5. „ outils	„ 118 827,62
6. Matériel roulant	„ 744 578,36
7. Outils et engins	„ 265 582,02
8. Voie et matériel fixe	„ 499 934,91
9. Ecuries et chevaux	„ 107 588,91
10. Mobilier	„ 63 261,78
11. Perforatrices et affûts	„ 583 020,82
Total	Fr. 6 619 519,32

Si l'on en excepte les Nos 6 à 11, qui constituent l'outillage de l'entreprise et ne font pas partie des installations, on a un total de 4 351 053,52 fr.

C'est là le chiffre qui peut être comparé avec ceux que nous donnons d'autre part pour les tunnels du mont Cenis et de l'Arlberg.

La durée de l'exécution était fixée à huit ans dès l'approbation de la convention par le Conseil fédéral; par une convention complémentaire, la date à partir de laquelle compte ce délai de huit ans a été admise au 1<sup>er</sup> octobre 1882, le tunnel devait donc être entièrement achevé le 1<sup>er</sup> octobre 1880. Les retards donnaient lieu à une amende de 5000 fr. par chaque jour jusqu'à six mois et à 10 000 fr. par jour à partir du sixième mois. Si le retard dépassait l'année, la compagnie pouvait déposséder l'entrepreneur de son cautionnement de huit millions de francs et résilier le contrat concernant les travaux.

L'entrepreneur recevait une prime de 5000 fr. chaque jour gagné sur le délai stipulé.

D'après le cahier de charge, les prix à forfait stipulés comprenaient toutes les chances auxquelles est exposé l'entrepreneur par suite d'événements ou de difficultés imprévues qui pouvaient se présenter durant l'exécution des travaux, par suite de la configuration ou de la nature des terrains, de l'affluence extraordinaire des eaux, des phénomènes atmosphériques ou de tout autre cause quelconque. C'est ce qui a été invoqué pour repousser ses demandes d'augmentation en vue des difficultés causées par la grande chaleur, demandes qui n'ont pas été admises par le tribunal arbitral.

Le devis qui accompagnait cette convention s'élevait à 47 804 300 fr., ne prévoyait le revêtement en maçonnerie que sur un tiers de la longueur du tunnel. Comme on le verra plus loin, ce revêtement a été fait sur toute la longueur.

Les travaux préliminaires furent commencés en régie par la compagnie dans les mois de juin et juillet 1872 par l'ouverture des tranchées d'accès. L'entreprise Favre attaqua les travaux de percement proprement dits le 13 septembre 1872 pour le chantier sud (Airolo) et le 24 septembre 1872 pour le chantier nord (Göschenen). La perforation mécanique a commencé le 4 août 1873 du côté

nord et le 1<sup>er</sup> juillet 1873 du côté sud et a remplacé, dès cette époque le forage à la main.

Le système adopté était la méthode belge avec la galerie d'avancement au sommet, suivie de l'élargissement pour la calotte de la voûte du creusage de la cunnette du strosse et de son élargissement pour opérer le déblai du strosse et des pieds-droits. On était obligé d'établir des rampes d'accès pour relier avec la galerie d'avancement, qui était au niveau supérieur, les parties du tunnel qui étaient terminées, ces rampes d'accès devaient être fréquemment déplacées au fur et à mesure de l'avancement des travaux, c'est ce qui a été signalé comme un des grands inconvénients que présentait cette méthode. Comparée à celle de la galerie d'avancement à la base comme on l'avait pratiqué au tunnel du mont Cenis et plus tard à celui de l'Arlberg. D'autres inconvénients consistaient à ce que la voûte devait attendre longtemps et être reprise en sous-œuvre avant de reposer sur ses pieds-droits, ce qui était surtout fâcheux quand on traversait des roches sujettes à déformation. Enfin un autre inconvénient majeur relevé contre cette méthode c'est la grande longueur sur laquelle les différents chantiers d'achèvement sont échelonnés en arrière du front d'attaque de la galerie d'avancement; longueur qui doit être de 2800 m et a dépassé même 3000 m. A ce sujet nous renvoyons au remarquable travail publié en 1883 par M. Gustave Bridel, ingénieur en chef de la Compagnie du Gothard, „Examen critique des systèmes d'exécution appliqués à la construction rapide des grands tunnels,“ que nous avons analysé ici, et à une note dont nous avons parlé plus haut publiée dans la Revue générale des chemins de fer par M. Jules Michel, ingénieur en chef à la Compagnie P.-L.-M., en juin 1881, sur la galerie de prolongement du mont Cenis où ces deux systèmes sont discutés.

Les expériences faites au tunnel du mont Cenis ne rendaient pas douteux le choix de l'emploi de l'air comprimé pour actionner les perforatrices. M. le professeur Daniel Colladon, célèbre ingénieur et physicien qui, nous l'avons dit plus haut, avait eu en 1852 le premier l'idée de cette application pour le mont Cenis, fut appelé comme Ingénieur-conseil de l'entreprise Favre; il proposa des systèmes de compresseurs beaucoup plus simples et d'un fonctionnement bien supérieur à ceux employés au mont Cenis, et pour lesquels il avait pris un brevet en 1871, système qui a été aussi employé pour la compression du gaz d'éclairage et spécialement dans ses applications à l'éclairage des voitures de chemin de fer. Ces pompes ou compresseurs étaient actionnés par des turbines système Girard, de 200 chevaux chacune, marchant à 350 tours par minute, les pompes elles-mêmes faisant 80 révolutions dans le même temps et actionnées en groupe de trois par une turbine. On en établit cinq groupes de chaque côté. Chaque groupe pouvait refouler par heure dans le tunnel 1000 m<sup>3</sup> d'air comprimé à 7 ou 8 atmosphères, dans des tubes en fonte de 20 cm de diamètre.

Ces compresseurs furent construits par les maisons Escher, Wyss et C<sup>ie</sup> à Zurich, B. Roy C<sup>ie</sup> à Vevey, et par la Société genevoise de constructions mécaniques à Genève. Pour combattre l'échauffement de l'air par la compression, M. Colladon faisait parcourir l'intérieur du piston et sa tige par un courant d'eau froide, cette disposition était complétée par une injection d'eau froide et pulvérisée dans les cylindres.

Il ne fut pris aucune disposition spéciale pour la ventilation ou l'aération du tunnel, c'est-à-dire pour combattre les causes qui vicient l'air soit la présence des ouvriers et des chevaux et leur respiration, le produit de la combustion des lampes et des gaz de l'explosion des mines. On avait compté que l'air comprimé s'échappant des perforatrices serait suffisant. On avait bien ménagé sur la conduite principale des robinets d'aéragé. Ce mode d'aération se montra insuffisant, en raison de la grande longueur sur laquelle étaient disséminés les chantiers, les bouches d'air étaient insuffisantes, et les ouvriers se pro-

curaient de l'air en donnant des coups de pioche dans la conduite, ce qui faisait baisser la pression et nuisait à la perforation, surtout quand, comme cela arrivait du côté d'Airolo en hiver, on manquait de force motrice, les étranglements du profil sur ces chantiers nuisaient au libre écoulement de l'air. C'est surtout l'étranglement dans la mauvaise partie à 2800 m de la tête nord et dont nous reparlerons, qui gêna beaucoup la libre circulation de l'air.

On installa bien des appareils d'aspiration formés de cloches comme celles qui servent dans les usines à gaz pour l'extraction du gaz des cornues, ces cloches furent installées à chaque tête, mais on ne s'en servit pas à cause de la difficulté de placer et de maintenir les tuyaux de 1,20 m de diamètre qui, depuis ces cloches, devaient suivre le sommet de la voûte; difficulté provenant précisément des étranglements de profils par suite de la longueur de l'échelonnement des chantiers en arrière du front d'attaque, et principalement du côté nord par l'étranglement de la partie située à 2800 m.

Comme force motrice on a employé du côté de Gæschenen les eaux de la Reuss, dont la pente est très forte dans les gorges des Schöllenen immédiatement au-dessus, et le volume d'eau en toute saison suffisant, aussi de ce côté la force motrice a-t-elle été toujours suffisamment abondante. Il n'en a pas été de même du côté d'Airolo, où l'on a d'abord été amené à utiliser la Tremola qui prend sa source au lac de Sella près de l'hospice du Saint-Gothard et avec une hauteur de chute de 180 m ou 18 atmosphères, mais l'on ne tarda pas à observer que le débit de ce cours d'eau était insuffisant puisque dans les jours de froids excessifs en hiver, le débit en descendait à 100 litres par seconde. Aussi en 1874 M. Favre dut-il se décider à faire une nouvelle prise d'eau dans le Tessin, mais comme ce torrent n'a qu'une pente de 5 pour mille au-dessus d'Airolo, il fallut la pousser jusqu'à une distance de 3400 m, au moyen d'une conduite en bois pouvant débiter 1 m<sup>3</sup>, conduite en partie enterrée dans le sol, ou appuyée contre les flancs à pic de la vallée, au travers de gorges profondes sur des viaducs ou estacades en charpente. Cette dérivation avait une chute de 90 mètres. Chacune d'elles aboutissait à des réservoirs dépotoirs. Cette dernière conduite fut exposée fréquemment à des interruptions par des avalanches ou des chutes de blocs de rochers, de sorte que, malgré ces grands frais, l'installation des forces motrices du côté d'Airolo a été inférieure à ce qu'elle était du côté de Gæschenen, et que souvent, en hiver, on manquait de force motrice, alors la perforation se ralentissait et la ventilation devenait tout à fait insuffisante, inconvenient qui devint surtout sérieux quand on aborda les parties à température élevée.

Quant au matériel pour la perforation, M. Favre avait été obligé, par son contrat, de racheter une partie de celui qui avait été utilisé au percement du mont Cenis et parmi lequel se trouvaient un assez grand nombre de perforatrices Sommeiller, mais celles-ci ne furent pour ainsi dire pas employées, M. Favre ayant fait l'essai des perforatrices Dubois et François et Mac-Kean qui donnaient de meilleurs résultats. Cette dernière fut considérablement perfectionnée par M. Séguin, chef des ateliers à Airolo, M. Ferroux, de son côté, ancien chef des ateliers du mont Cenis à Modane, qui entra dans les mêmes fonctions à l'entreprise Favre, pour le côté de Gæschenen, construisit aussi une perforatrice qui rendit les meilleurs services et qui, avec celle de Mac-Kean-Séguin, et une perforatrice imaginée par MM. Colladon et Turrettini et construite dans les ateliers de la Société genevoise de construction, furent employées à la perforation pendant toute la durée des travaux.

Il fut percé 251 239 coups de mine (nord, 137 794, sud, 113 505) avec une profondeur totale de 295 745 m, soit une profondeur moyenne de 1,18 m. La consommation moyenne de dynamite a été de 21,6 kg par mètre courant de galerie de direction.

Enfin en fait d'installations ajoutons que l'air comprimé fut aussi appliqué au transport des déblais, outils et matériaux pour boisages et maçonneries. On y affecta

d'abord une ancienne locomotive à vapeur transformée pour cet usage, un réservoir à air de 16 m<sup>3</sup> placé sur un truc suivait la locomotive, et l'on y employait seulement l'air comprimé pour la perforation. Plus tard on fit confectionner au Creusot une locomotive spéciale avec un réservoir de 7 m<sup>3</sup> à 14 atmosphères. Huit compresseurs spéciaux construits par la Société genevoise d'après le système Colladon, comprimaient à 14 atmosphères l'air déjà comprimé à 6 ou 7 atmosphères. Ils produisaient chacun 12 m<sup>3</sup> par minute sans réchauffement appréciable. On avait posé sur le sol, dans le tunnel, de grands réservoirs contenant 50 m<sup>3</sup> d'air comprimé à 14 atmosphères et permettant de renouveler la provision d'air de la locomotive comme on renouvelait l'eau d'une locomotive à vapeur. La distribution de l'air comprimé était réglée par un appareil automatique inventé par M. Ribourt, ingénieur de l'entreprise Favre. On a aussi employé l'air comprimé pour actionner des pompes d'épuisement utilisées dans les parties à fortes venues d'eau du côté sud, et pour actionner des élévateurs pour racheter les différences de niveau de la galerie d'avancement avec les autres chantiers. Ces élévateurs, peu pratiques, ont été abandonnés, et on est revenu aux plans inclinés.

Pour la description détaillée des installations mécaniques nous renvoyons à ce qui a été inséré dans les rapports trimestriels publiés par le Conseil fédéral ainsi qu'à l'ouvrage dont nous avons déjà parlé: *Les nouvelles conquêtes de la science*, par L. Figuier, pages 252-284.

Quant à la nature des roches traversées, nous devons, pour leur description, renvoyer aussi à la publication du Conseil fédéral ci-dessus citée, dont une annexe donnait les travaux complets de M. le Dr Stapff, géologue de la Compagnie.

D'une manière générale on a rencontré, en partant de l'embouchure nord: sur 4200 m le gneiss-granit homogène du massif du Finsteraarhorn, puis 350 m de gneiss schisteux, 130 m de roche calcaire cristallin micacé, 870 schistes noirâtre lustré et minacé, schistes cristallins et micacés, amphibolitiques, passant quelquefois au gneiss, 1890 m gneiss schisteux avec rognons de quartz et enfin 2910 m micaschistes en grande partie granatiformes et amphibolitiques et 620 m de schiste où les grenats prédominent. La forme des couches était généralement en éventail. Les infiltrations d'eau ont été très abondantes du côté sud ou d'Airolo où elles ont atteint en 1874 jusqu'à 271 litres par seconde. La plus grande hauteur du massif superposé était le Kastelhorngrat altitude 2861 m soit une hauteur superposée de 2861 — 1154 = 1717 m.

Le maximum de la chaleur rencontrée dans l'intérieur a été de 30,8° (température de la roche) sous l'Aelpligrat dont l'altitude est de 2832 m et à une distance de 7200 m de la tête nord, la température maximum de l'air dans le tunnel a été de 33°. Nous rappelons qu'au tunnel du mont Cenis la température maxima de la roche a été de 29,6°.

Dans le rapport trimestriel N° 30 du Conseil fédéral d'avril 1880, il a été publié un rapport et un tableau graphique complet des observations de température par M. le Dr. Stapff, géologue de la Compagnie, travail auquel nous renvoyons.

Nous donnons ci-après, comme nous l'avons fait pour le tunnel du mont Cenis, deux tableaux de l'avancement de la galerie de direction pour chaque côté du tunnel. (Voir Pg. 45.)

Nous faisons suivre ce tableau d'un tableau général de l'avancement des différentes parties du profil du tunnel pour les deux côtés. (Voir Pg. 45.)

L'avancement mensuel de la galerie de direction a atteint son maximum du côté nord en octobre 1878 avec 146 m (4,71 m par jour) et du côté sud en août 1878 avec 171 m (5,516 m par jour).

Pour les deux chantiers réunis le progrès mensuel le plus considérable a été atteint en août 1878 avec 278,9 m (8,97 m par jour).

La rencontre des deux galeries de direction a eu lieu le 29 février 1880 à 11 heures 10 du matin, ce qui

fit l'objet d'une fête le 2 mars, organisée par l'entreprise Favre et à l'occasion de laquelle on distribua aux ouvriers des médailles commémoratives.

## Côté de Gæschenen.

Années	Avancement total de la galerie à la fin d. l'année	Avancement de la galerie pendant l'année	Avancement moyen par journée de 24 heures	Observations
	Mètres	Mètres	Mètres	
1872	18,9	18,9	0,281	Commencé le 24 octobre. Perforation à la main. Commencement de la perforation mécanique le 4 avril. Il a été foré à la main 88,70 m.  Rencontre des galeries le 29 février 1880.
1873	600,20	581,30	1,319	
1874	1637,30	1037,10	2,841	
1875	2810,80	1173,50	3,215	
1876	3816,50	1005,70	2,755	
1877	5046,—	1230,50	3,371	
1878	6350,—	1309,—	3,586	
1879	7527,—	1177,—	3,225	
1880	7738,70	211,70	3,528	
Moyenne générale	1050,163		2,882	

## Côté d'Airolo.

Années	Avancement total de la galerie à la fin d. l'année	Avancement de la galerie pendant l'année	Avancement moyen par journée de 24 heures	Observations
	Mètres	Mètres	Mètres	
1872	101,70	101,70	0,933	Commencé le 13 sept. Perforation à la main. 1 <sup>er</sup> juillet. Commencement de la perforation mécanique. Il a été foré à la main 219,20 m.  Rencontre des galeries le 29 février 1880.
1873	593,—	491,30	1,346	
1874	1340,40	747,40	2,048	
1875	2596,—	1255,60	3,440	
1876	3616,60	1020,60	2,797	
1877	4610,60	994,—	2,723	
1878	5910,50	1229,90	3,369	
1879	7069,—	1158,50	3,174	
1880	7134,70	165,70	2,762	
Moyenne générale	931,242		2,592	

Les travaux d'excavation, si l'on en excepte le réglage définitif de la plate-forme, ont été terminés le 15 octobre 1881 par l'ouverture du dernier tronçon de strosse. Le 30 novembre 1881 le dernier anneau de voûte était clavé: Le 25 octobre on commença la pose de la voie, le 19 décembre elle était soudée, le 24 décembre la locomotive traversa pour la première fois le tunnel, le 29 décembre eut lieu la collaudation ou reconnaissance provisoire du tunnel, et le 1<sup>er</sup> janvier l'exploitation fut ouverte dans le tunnel entre Gæschenen et Airolo. On sait que l'ouverture de l'exploitation de la ligne entière n'eut lieu que le 1<sup>er</sup> juin 1882.

L'exécution rencontra de grandes difficultés par des raisons particulières. Tout d'abord la quantité tout à fait extraordinaire d'eau d'infiltration qu'on rencontra du côté sud (Airolo) et qui, pendant longtemps, se maintint de 200 à 275 litres par seconde, tandis qu'au mont Cenis elle n'avait pas dépassé un litre. Les tableaux d'avancement montrent que ces difficultés se firent surtout sentir dans les années 1874 et 1875. En outre, de ce côté, si l'on avait à souffrir des inondations dans le tunnel, on manquait d'eau motrice en hiver à l'extérieur, la perforation se ralentissait, la ventilation était insuffisante.

Du côté de Gæschenen, après avoir traversé la couche de gneiss-granit compacte, on rencontra, sous la vallée d'Urseren (Andermatt), de 2766 m de la tête nord à 2844 m soit sur une longueur de 78 m, des roches calcaires en partie mélangées d'argile, gonflant à l'humidité de l'air et qu'il fallut, dès l'origine, fortement boiser. Les premiers revêtements en maçonnerie ne résistèrent pas, il fallut les refaire une fois et une partie même deux fois. On dut en fin de compte faire un revêtement en pierres de taille et mortier de ciment, de 1,50 m d'épaisseur à la clef de la voûte, 2,50 m à 2,60 m à la naissance des pieds-droits, 3,60 m à leur base et un radier de 70 cm. Ces difficultés commencèrent en 1878 et durèrent jusqu'à la fin de 1881, elles contribuèrent beaucoup au retard dans l'achèvement du tunnel, aux difficultés de la ventilation et à l'augment

## Progès annuels des travaux et nombre d'ouvriers occupés au grand tunnel du Gothard.

Désignation des travaux	Années									
	1872	1873	1874	1875	1876	1877	1878	1879	1880	1881
	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres	Mètres
Galerie de direction { nord . . . . .	18,9	581,3	1037,1	1173,5	1005,7	1230,5	1309,—	1177,—	211,7	—
{ sud . . . . .	101,7	494,3	747,4	1255,6	1020,6	994,—	1229,5	1158,5	165,7	—
Total	120,6	1075,6	1784,5	2429,1	2026,3	2214,5	2538,5	2335,5	377,4	—
Elargissement en calotte { nord . . . . .	—	265,4	395,2	820,2	1165,4	1694,4	1353,8	1162,6	817,1	40
{ sud . . . . .	39	221,—	396,—	496,—	1309,—	1639,—	978,—	1035,2	1054,5	—
Total	39	486,4	791,2	1316,2	2474,4	3333,4	2331,8	2197,8	1871,6	40
Cunette du strosse { nord . . . . .	—	101,2	498,5	779,2	773,1	861,3	1202,9	1113,4	1624,4	790,7
{ sud . . . . .	—	156,—	56,—	629,—	835,—	1233,—	1445,—	975,5	1159,6	678,6
Total	—	257,2	554,5	1408,2	1608,1	2094,3	2647,9	2088,9	2784,—	1469,3
Strosse { nord . . . . .	—	7,—	134,5	552,3	971,7	705,8	1234,2	1141,1	1232,2	1774,9
{ sud . . . . .	—	156,—	79,—	295,—	590,—	1225,—	1206,—	1130,5	1173,8	1312,4
Total	—	163,—	213,5	847,3	1561,7	1930,8	2540,2	2271,6	2406,0	3087,3
Maçonnerie de la voûte { nord . . . . .	—	—	88,—	644,8	636,2	1396,6	1945,—	773,4	1493,—	767,7
{ sud . . . . .	13	132,—	184,8	500,2	720,—	1649,7	1351,6	678,—	1775,4	163,—
Total	13	132,—	272,8	1145,—	1356,2	3046,3	3296,6	1451,4	3268,4	930,7
Maçonnerie des pieds-droits { nord . . . . .	—	—	95,5	368,5	917,2	775,3	1209,5	1042,5	551,8	2784,4
{ sud . . . . .	—	121,7	—	244,2	513,3	1366,8	1199,6	1122,1	707,3	1840,7
Total	—	121,7	95,5	612,7	1432,5	2142,1	2409,1	2164,6	1259,1	4625,1
Nombre d'ouvriers par jour en moyenne { nord . . . . .	82	388,—	857,—	1434,—	1506,—	1476,—	1274,—	1351,—	1547,—	1385,—
{ sud . . . . .	99	452,—	883,—	1409,—	1611,—	1829,—	1666,—	1344,—	1477,—	1195,—
Total	181	840,—	1740	2843,—	3117,—	3305,—	2940,—	2695,—	3024,—	2580,—
Par jour au maximum { nord . . . . .	125	732,—	1130,—	1921,—	1921,—	1918,—	1746,—	1739,—	2161,—	2083,—
{ sud . . . . .	203	751,—	1362,—	2167,—	2160,—	2359,—	2145,—	1673,—	1890,—	2097,—

tation de la température intérieure. Les frais de reconstruction de cette partie, qui ont fait l'objet de contestation, ont été évalués par un tribunal arbitral à 1 126 039,01 fr., soit environ 15 000 fr. par mètre courant, dont 1 021 857,55 fr. ont été remboursés à l'entreprise. Une autre mauvaise partie fut rencontrée au milieu du tunnel, mais elle donna lieu à moins de difficulté que celle-ci.

Enfin la grande chaleur rencontrée dans l'intérieur, où la température atteignit 30,8° (mont Cenis, 29,6°), gêna beaucoup les travaux en paralysant l'activité des ouvriers dont grand nombre furent malades, et en causant aussi une grande mortalité des chevaux. Ces difficultés de la chaleur furent surtout aggravées par l'excessive humidité du côté sud et par l'insuffisance de la ventilation. Citons encore une grève et une révolte des ouvriers en juillet 1875 et l'incendie d'Airolo en septembre 1877. La tardiveté des ordres donnés par la Compagnie pour les revêtements en maçonnerie fut une cause de retard considérable, je rappelle qu'à l'origine on ne prévoyait le revêtement que du quart de la longueur du tunnel, et qu'on l'a revêtu en entier, la Compagnie donnait encore des ordres de revêtement alors que le délai pour l'achèvement du tunnel était écoulé; il suffit de voir sur le tableau d'avancement la quantité de maçonneries exécutées en 1881. Le tribunal arbitral qui a réglé définitivement les comptes de cette grande entreprise a repoussé la prétention de la Compagnie d'appliquer les amendes de retard pour lesquelles celle-ci réclamait 2 745 000 francs.

Une autre difficulté contre laquelle eût à lutter l'entreprise du tunnel, ce fut la crise financière que traversa la Compagnie à partir de 1876 alors qu'il fut constaté que le coût des lignes dépasserait le plus de 100 millions les prévisions primitives et que les capitaux acquis ne suffiraient plus à couvrir la dépense. Cette crise amena à convoquer de nouveau la conférence internationale et il y fut décidé de réduire le programme des constructions en supprimant quelque lignes et en construisant en partie à simple voie et en augmentant les subventions. Cette crise dura jusqu'en 1879. Cela entrava beaucoup l'action de l'entreprise qui dût subir le contre-coup du discrédit de la Compagnie, et qui ne put faire ses emprunts que difficilement et à un taux très onéreux.

Mais l'événement le plus pénible qui survint au cours de la construction, fut la mort de l'entrepreneur M. Louis Favre, mort au champ d'honneur le 18 juillet 1879; cette mort survint dans le tunnel pendant une visite qu'il y faisait avec M. Labourée, ingénieur du chemin de fer Paris-Lyon-Méditerranée. Ce deuil fut général, car tout le monde avait admiré le courage et la fermeté de ce vaillant champion qui avait à lutter contre des difficultés de toute nature qu'il avait toujours surmontées, mais qui avait été usé par cette lutte.

L'entreprise L. Favre et C<sup>ie</sup> eut pour principaux collaborateurs M. le professeur Daniel Colladon, son ingénieur-conseil qui prit une large part à l'étude de toutes les installations, puis M. E. de Stockalper, chef de service pour le chantier nord (Gæschenen) et M. Maury, chef de service pour le chantier sud (Airolo). M. E. Bossi partagea, dans les dernières années, avec M. Louis Favre la direction générale et après sa mort en prit la direction en collaboration avec MM. l'ingénieur E. de Stockalper et l'avocat L. Rambert; il fut le fondé de pouvoir de l'hoirie vis-à-vis de la Compagnie.

La Compagnie eût pour premier ingénieur en chef M. Robert Gerwig, qui fut remplacé en 1875 par M. W. Helweg, ce dernier quitta en 1878 et l'intérim fut fait par son adjoint, M. Gerlich. En 1879 M. Gustave Bridel fut désigné comme ingénieur en chef et resta jusqu'à l'achèvement. L'ingénieur en chef était spécialement secondé par M. J. Kauffmann, inspecteur des tunnels. Le poste d'ingénieur de section pour la tête nord fut successivement occupé par MM. Dolezalek et G. Zollinger, et celui de la tête sud fut occupé successivement par MM. Gruber et W. Bolley.

Pendant la construction du tunnel, 177 ouvriers (92 côté de Gæschenen et 85 côté d'Airolo) ont été tués ou ont reçu des blessures mortelles, 403 ont reçu des bless-

ures non mortelles (253 côté de Gæschenen et 150 côté d'Airolo), ce qui fait un tout 580 victimes (345 côté de Gæschenen et 235 du côté d'Airolo).

Voici les dépenses de construction du grand tunnel:

	Francs	Par m courant.
1. Remboursement de dépenses antérieures à la constitution de la Compagnie . . . . .	162 200	
2. Administration centrale . . . . .	874 894	
3. Intérêts pendant la construction . . . . .	2 581 400	3 618 494
		3 618 494
4. Direction technique . . . . .	2 519 822	
5. Expropriations . . . . .	—	
6. Terrassements et ouvrages d'art . . . . .	58 543 154	
7. Voie . . . . .	1 150 311	
8. Bâtiments . . . . .	181 635	
9. Installations mécaniques . . . . .	1 780	
10. Télégraphe . . . . .	11 963	
11. Clôtures . . . . .	7 893	
12. Matériel de construction et d'exploitation . . . . .	618 716	
13. Secours aux ouvriers . . . . .	12 875	63 048 087 4 207 70
Total général . . . . .		66 666 581 4 429 70

Les sommes ci-dessus comprennent le règlement définitif intervenu avec l'entreprise L. Favre et C<sup>ie</sup> ensuite du jugement arbitral.

Le rapport final sur la liquidation de l'entreprise L. Favre et C<sup>ie</sup> nous fait savoir que cette entreprise a bouclé par une perte de 5 814 214 fr. 46, qu'il faudrait ajouter aux sommes ci-dessus si l'on voulait déterminer à quel prix le tunnel est revenu à l'entreprise sans aucun bénéfice. (à suivre.)

### Gasbehälter-Bassin aus Stampfbeton.

In Band VIII. dieser Zeitschrift finden sich einige interessante Mittheilungen über ein gerissenes Gasbehälter-Bassin aus Stampfbeton. Vielleicht wird es von Interesse sein, Näheres über Erfahrungen zu vernehmen, die wir hier in Freiburg i. B. mit solchen Betonbauten gemacht haben.

Vor ungefähr zwei Jahren hatten wir für das städtische Gaswerk die Frage zu entscheiden, ob zu dem beschlossenen Neubau eines Gasbehälters von 5000 m<sup>3</sup> Inhalt ein Bassin aus Mauerwerk, Eisen oder Stampfbeton hergestellt werden sollte. Mauerwerk bietet nach unserem Dafürhalten keine grössere Garantie für diesen Zweck, als guter Beton und ist dabei theurer als letzterer, so dass nur Eisen oder Beton in Frage kommen konnten. Obschon nun in den letzten Jahren viele grössere Bassins mit Erfolg aus Eisen construirt wurden, während gerade in jener Zeit die Nachricht vom Reissen des Betonbassins in Augsburg eintraf, so entschlossen wir uns dennoch zu Stampfbeton. Einmal sind wir der Ueberzeugung, dass ein gutes Betonbassin von grösserer Dauer sein muss als ein eisernes, und keine Unterhaltung kostet; dann waren wir in der glücklichen Lage, das Bassin zu zwei Drittheilen seiner Höhe in den Boden stellen zu können bei sehr gutem Baugrund, und endlich hatten wir am Orte selbst den thatsächlichen Beweis dafür, dass sich Stampfbeton zu solchen Zwecken ganz gut eignet. Im Jahre 1883 wurden nämlich für die hiesige neue Gasfabrik zwei zusammenhängende Gasbehälterbassins von je 23,50 m lichtigem Durchmesser und 6,30 m Höhe durch die Baugesellschaft Heilbronn erstellt. Dieselben sind seit September 1884 in Betrieb und sie haben sich bisher als tadellos erwiesen.

Diesem Entschluss zufolge wurden einige bekannte Firmen zur Submission für das neue Bassin eingeladen, und dabei die Wandstärke dem Unternehmer überlassen. Obschon wir durchaus der Ansicht des Herrn Professor Ritter sind, dass Pfeiler der Festigkeit nicht nützen, und dass deren cubischer Inhalt zweckmässiger auf den ganzen Umfang