Zeitschrift: Bulletin technique de la Suisse romande

Band: 28 (1902)

Heft: 24

Artikel: Les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle

Autor: Lugeon, Maurice

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-22895

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: 09.12.2025

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

28me Année. 20 décembre 1902. N° 24.

Bulletin technique de la Suisse romande

ORGANE EN LANGUE FRANÇAISE DE LA SOCIÉTÉ SUISSE DES INGÉNIEURS ET ARCHITECTES. — Paraissant deux fois par mois.

Rédacteur en chef : M. P. HOFFET, professeur à l'Ecole d'Ingénieurs de l'Université de Lausanne.

SOMMAIRE : *Les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle*, par M. Maurice Lugeon, professeur de géologie à l'Université de Lausanne, avec une planche hors texte. — *Théorie générale de l'arc élastique continu sur appuis rigides* (suite et fin), par M. Henry Lossier, ingénieur, Lausanne. — **Divers :** Tunnel du Simplon : Extrait du XVIme rapport trimestriel sur l'état des travaux au 30 septembre 1902, avec une planche hors texte. Etat des travaux au mois de novembre 1902. — Société vaudoise des Ingénieurs et des Architectes : 3me séance ordinaire, le 29 novembre 1902. 4me séance ordinaire, le jeudi 11 décembre 1902. — Note sur le calcul des arcs métalliques surbaissés de section peu variable. — Bibliographie : Agenda et livre d'adresse de l'électricien suisse.

Les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle.

On sait quelles ont été les difficultés formidables qu'a eu à vaincre l'entreprise du tunnel du Simplon à la suite de venues d'eau considérables rencontrées à l'avancement des deux galeries du versant sud.

Pendant quelque temps on pouvait presque croire que l'avenir de la percée était compromis. Les ingénieurs ont été aux prises avec un vrai fleuve d'eau d'une part, et avec des roches fluantes d'autre part.

Nous sommes à même de connaître ce qu'ont été ces venues d'eau grâce à un rapport [1] que vient de publier M. le professeur Schardt, membre de la Commission géologique du tunnel du Simplon.

Constitution géologique du massif. — La circulation de l'eau dans le sol est dépendante, en général, de la constitution géologique du lieu considéré. A ce sujet, il est peut-être intéressant de rappeler ici quelles ont été les diverses manières de comprendre la géologie du massif du Simplon.

Ce n'est que petit à petit que la disposition des couches de cette région a été entrevue, et encore ne posséderons-nous la vraie solution de ce problème difficile que lorsque le tunnel sera percé.

Cette évolution si lente de la conception géologique de ce massif alpin vient de ce que le plissement a atteint dans cette partie de nos montagnes un degré d'intensité extraordinaire. Nos prédécesseurs n'avaient pas encore créé la méthode qui nous permet aujourd'hui d'envisager, grâce, il est vrai, en grande partie à leurs efforts, les mouvements de l'écorce terrestre de l'amplitude de ceux qui ont formé les Alpes.

Les roches qui forment le massif du Simplon peuvent être réunies en quatre groupes, que nous mentionnons par ordre de superposition, de la plus ancienne à la plus récente :

1° Gneiss d'Antigorio, roche massive contenant de place en place des schistes et des filons d'aplite ;

2° Gneiss du Monte Leone, soit gneiss lité avec des micaschistes plus ou moins grenatifères, des schistes amphiboliques, etc. ;

3° Roches triasiques comprenant des quartzites, du gypse (anhydrite en profondeur), des schistes argileux tendres micacés, des calcaires dolomitiques ;

4° Schistes lustrés, roche schisteuse plus ou moins calcaire avec de fréquents nodules de quartz.

Ces quatre éléments connus, voyons comment leurs relations réciproques ont été envisagées.

C'est Bernard Studer [1], l'un des pères de la géologie suisse, qui a le premier donné une coupe géologique de de la région. Elle passe très à l'est de l'axe du tunnel. Nous la reproduisons cependant afin de montrer ce qu'ont été plus tard les progrès accomplis (fig. 1). Il est toutefois intéressant de voir que Studer s'est aperçu que le gneiss pouvait reposer sur les schistes gris calcaires. Il n'en a pas tiré les conclusions importantes qui découlaient de ce fait, parce que dans son temps la théorie des grands plis couchés n'était pas née.

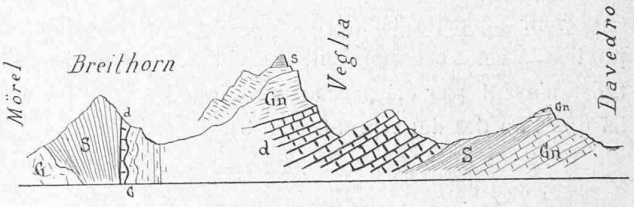


Fig. 1. — Coupe à l'est du massif du Simplon, par B. Studer (1851). *S*, Schistes gris ; *D*, Dolomie et marbres ; *G*, gypse ; *Gn*, gneiss.

Le gouvernement du Valais avait, en 1859, appelé un ingénieur remarquable, dont la mission consistait à étudier les mines de ce pays. Gerlach fut chargé, en outre, du levé de la carte géologique au 1 : 100.000. Il a accompli sa tâche avec un soin particulier, et les travaux de cet homme sont parmi les plus remarquables qu'ait fait naître la géologie de la Suisse.

En 1869, Gerlach, publiant le résultat de ses observations, distingue le gneiss d'Antigorio de celui du Monte Leone [2]. En outre, et cela est un des titres de gloire de ce savant, qu'un accident mortel, arrivé sur le terrain, a trop tôt enlevé à la science, Gerlach arrive à la conception

[1] Rapport sur les venues d'eau rencontrées dans le tunnel du Simplon du côté d'Iselle. (Lausanne, imprimerie Corbaz et Cie, 1902.)

[1] B. Studer, Geologie der Schweiz, vol. I, 1851, p. 253.

[2] Gerlach, Die Penninischen Alpen (*Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*, 1883, et *Mémoire Soc. helv. des Sc. nat.*, vol. XXII, 1869).

d'un énorme pli couché dont le noyau est formé par le gneiss d'Antigorio (fig. 2).

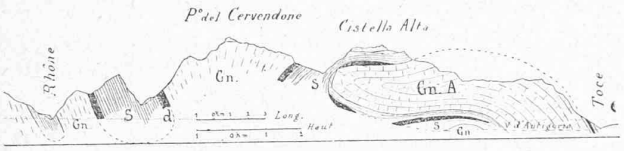


Fig. 2. — Coupe à l'est du massif du Simplon, par Gerlach. (Réduction du 1 : 100.000).

S, Schistes métamorphiques ; *D*, Roches triasiques; *Gn*, Gneiss; *Gn. A*, Gneiss d'Antigorio.

La manière de voir du célèbre ingénieur n'a pas eu le succès qu'elle méritait. Gerlach ne fut pas de son temps, il le précéda ; aussi, quand vinrent les expertises officielles, son idée ne fut pas suivie.

C'est en 1877 que MM. les professeurs Renevier, Heim et Lory furent chargés d'une exploration préliminaire du massif que devait percer le tunnel projeté. Dans un fort intéressant mémoire[1], le premier de ces géologues rappelle la théorie de Gerlach, et déclare n'avoir aucune opinion à cet égard. Il se demande, avec juste raison, si les bancs calcaires qui paraissent intercalés régulièrement dans les gneiss du Monte Leone ne représentent pas la même couche repliée trois fois sur elle-même. Sans trancher la question, et malgré l'opinion de ses collègues, il penche fortement en faveur de cette manière de voir. Les deux coupes publiées à cette occasion sont très simples, les hautes altitudes n'ayant pas été parcourues. Nous ne reproduisons ici que l'un des deux profils (fig. 3).

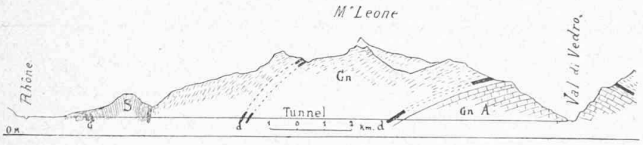


Fig. 3. — Profil géologique du tunnel du Simplon par E. Renevier (1878). (Réduction du 1 : 25.000).

S, Schistes lustrés, *D*, Calcaires; *G*, Gypse; *Gn*, Gneiss du Monte Leone; *Gn. A*, Gneiss d'Antigorio.

En 1882, les mêmes experts, auxquels fut adjoint le professeur Taramelli, de Pavie, examinèrent à nouveau le massif, à propos de deux tracés proposés, qualifiés de tracé haut et de tracé bas[2]. Cette fois encore l'étude ne fut pas complète, mais elle marque un progrès considérable sur la précédente. La succession des couches est serrée de plus près. Sous le gneiss d'Antigorio on voit une grande épaisseur de micaschistes calcaires, dits micaschistes inférieurs. Des bancs calcaires nouveaux ont été découverts. Toutefois le massif du Simplon est encore considéré comme un dôme régulier (fig. 4).

En 1890, M. le professeur Schardt est chargé d'une nouvelle expertise. Aucun profil n'a été publié, du moins à notre connaissance. Les résultats de ces nouvelles études concordent, en somme, avec les conclusions des rapports d'expertises de 1878 et 1882. Un indice de plissement est relevé dans l'arête du Wasenhorn. Dans la vallée de la Cairasca, un affleurement de gypse, que les auteurs précédents considéraient comme du gneiss décomposé, prend une signification nouvelle. Ce n'est pas un produit de décomposition aux yeux de M. Schardt, mais un dépôt originel.

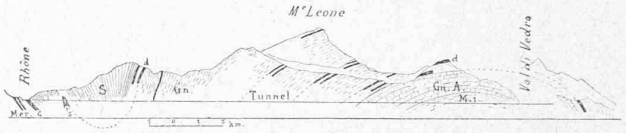


Fig. 4. — Profil géologique du tunnel du Simplon d'après les observations de MM. les professeurs Heim, Lory, Taramelli et Renevier. (Réduction du 1 : 50.000).

Légende de la figure 3; *M. i.*, Micaschistes inférieurs.

En 1893, M. Schardt[1] reprend et fait sienne l'hypothèse de Gerlach sur le grand pli couché de gneiss d'Antigorio, et en 1894[2] il publie, ainsi que le professeur Golliez, une coupe du massif du Simplon (fig. 5).

Le progrès réalisé dans ces deux coupes, très semblables, est considérable. On sent que le problème est serré de près. De même que dans le célèbre phénomène que l'on croyait voir alors dans les Alpes glaronnaises, les deux auteurs voient des plis entrelacés, les uns dirigés vers le sud, faisant face et se déversant sur le grand pli couché de gneiss d'Antigorio dirigé vers le nord.

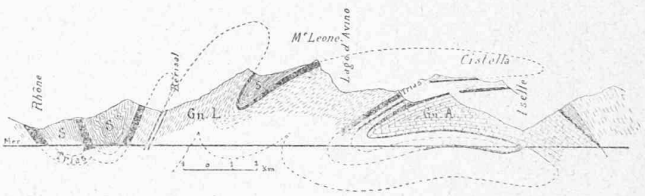


Fig. 5. — Coupe à travers le massif du Simplon, d'après M. Schardt. (Réduction du 1 : 100.000).

La nomenclature est, en outre, simplifiée comme dans les coupes précédentes qui ont été publiées en couleur.

S, Schistes lustrés; *Gn. L*, Gneiss du Monte Leone; *Gn. A*, Gneiss d'Antigorio.

La coupe du massif du Simplon vient encore de subir une modification, la dernière, sans doute, avant la coupe définitive qui sera révélée par le tunnel. En étudiant les grands plissements des Alpes, j'ai été amené, cette année, à une loi générale qui s'applique à toute la chaîne, de l'Arve vers l'est. Cette loi est simple. Elle montre d'une manière absolue que tous les plis des Alpes suisses sont uniformément et toujours dirigés vers le nord. Des entrelacements tels que ceux imaginés pour expliquer les dislocations des Alpes glaronnaises ne sont plus admissibles. A plus forte raison, il devait en être de même pour le massif du Simplon. Pour arriver à la démonstration, j'ai

[1] Renevier, Structure géologique du massif du Simplon (*Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XV, 1878).

[2] Etude géologique sur le nouveau projet de tunnel coudé au travers du Simplon. (*Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, vol. XIX, 1883, nº 83).

[1] H. Schardt, *Eclogae geol. helv.*, vol. IV, 1893, p. 115.

[2] Livret-guide géologique. Cliché 87 (coupe de M. Golliez) et pl. 10, fig. 5 (coupe de M. H. Schardt).

employé une voie détournée[1]. Je me suis demandé ce que devenaient vers l'est les gneiss du Monte Leone. Dans le massif de l'Ofenhorn on constate alors que ces gneiss, au lieu de disparaître sous les schistes lustrés plus récents qu'eux, planent au contraire sur ces derniers. Ces gneiss occupent les hauteurs, et cessent totalement d'exister plus à l'est encore. Cette disposition est géométriquement incompatible avec un régime de plis venus du nord. Elle ne peut s'expliquer que par d'immenses plis couchés venus du sud (fig. 6).

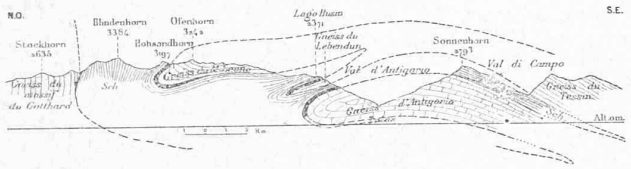


Fig. 6. — Coupe à l'est du massif du Simplon (figure 14 de mon mémoire sur les grandes nappes de recouvrement des Alpes)

Cette démonstration faite, il devenait aisé de montrer que, dans le massif du Simplon, les plis du gneiss du Monte Leone devaient être aussi dirigés vers le nord. La preuve n'était pas difficile à faire. Je tiens à dire que cette nouvelle interprétation, qui sera certainement la dernière, n'a pas été donnée à la suite de recherches sur le terrain. Je suis arrivé à cette conception en appliquant une loi que j'avais démontré être juste partout ailleurs dans la chaîne, et en interprétant géométriquement, dans l'espace et non en coupe, les travaux de tous les géologues qui ont exploré cette intéressante région. Il est bien évident que, par le moyen de cette méthode, je ne pouvais arriver qu'à un schéma, que je n'ai pas hésité cependant à publier, malgré son caractère rudimentaire (fig. 7). C'est ainsi que depuis plusieurs années j'essayai d'expliquer la coupe du Simplon à mes élèves. Il était temps, me semble-t-il, de montrer la vraie tectonique de cette région à mes confrères.

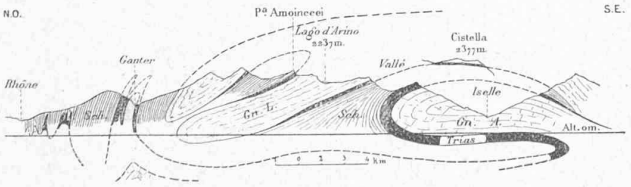


Fig. 7. — Coupe du massif du Simplon (figure 13 de mon mémoire sur les grandes nappes de recouvrement des Alpes).

On ne recherchera donc pas dans cette coupe ce que l'on peut demander à celle construite par un géologue qui a parcouru le terrain ; on ne voudra voir en elle qu'une simple indication, et nous avons déjà l'assurance que le principe que je fais valoir est celui auquel se ralliera la coupe officielle définitive, qui sera publiée après la percée du tunnel.

[1] Lugeon, Sur la coupe géologique du massif du Simplon *(C.-R., Acad. des Sciences,* Paris, 24 mars 1902).

Lugeon, Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *(Bull. Soc. géol. de France,* 4e série, t. I, p. 723-825, 1901).

L'eau du versant sud.

La constitution géologique étant connue dans ses grandes lignes, abordons maintenant la question des eaux du versant sud, en résumant l'intéressant mémoire de M. Schardt.

Ainsi que l'indique la planche annexée à ce travail (pl. 18), et que nous tirons du mémoire de mon savant confrère, les galeries du versant sud se sont prolongées dans le gneiss d'Antigorio sur plus de quatre kilomètres. Cette roche s'est montrée remarquablement sèche. Jusqu'à la cumulée 2509, aucune nappe aquifère n'a été crevée. On peut donc considérer ce gneiss d'Antigorio comme une roche presque rigoureusement imperméable.

Dans la galerie I, la première source a été rencontrée à 2509 m.; dans la galerie II, à 2867 mètres.

Le débit approximatif de ces premières sources, au nombre de quatre, dans la galerie I, était au début de 136-137 l. m.[1]. Ce volume, dans la suite, s'est réduit à 10 litres. Suivant la règle générale des sources que l'on vient de capter, elles ont alors pris leur débit permanent.

Dans la galerie II, quatre sources ont été rencontrées entre 2867 et 3751 m. Leur débit total était, au début, de 90 à 100 l. m. Déjà les sources[2] 3* (3730 m.) et 4* (3751 m.), qui ont été découvertes près d'une couche de schiste micacé noir, présentent un fait extraordinaire. Elles sont, en effet, pourvues d'eau *calcaire,* ce qui peut paraître étrange en plein gneiss qui n'en possède pas trace. Les autres sources étaient nettement granitiques. La présence de carbonate de chaux, dans ces conditions, montre que ces eaux pouvaient laisser pressentir un prochain changement de la roche.

La *première zone aquifère* un peu importante a été rencontrée dans le voisinage d'un retour par plissement synclinal de la couche de schistes micacés noir, entre 2830 et 3900 m. Non seulement les eaux paraissaient collectées par cette bande schisteuse imperméable, mais encore une faille très visible, accompagnée d'un décrochement horizontal, facilitait surtout la circulation de l'eau.

Alors que les premières sources du gneiss présentaient une température de 27 à 32°, les nouvelles n'ont que 25 à 30°. En outre, deuxième fait important, leur teneur en *carbonate de chaux a augmenté,* et bon nombre d'entre elles *sont fortement chargées de sulfate de chaux.* Les sources franchement granitiques présentaient une dureté (degrés français) de 6 à 7,5, tandis que ces nouvelles varient entre 15 et 46 !

Aucune de ces sources n'appartient, à proprement parler, au gneiss; *ce sont des eaux égarées,* pour ainsi dire, qui ne peuvent provenir que de la région calcaire qui s'étend sur les flancs Est de l'arête de Teggiolo, en repos direct sur le gneiss.

[1] l. m. = litres minutes.

[2] Les numéros d'ordre des sources de la galerie II sont munis de l'indice ' : 2 ', 3 ', etc.

Ainsi qu'on peut en juger par le tableau des sources (p. 320), quelques-unes de ces venues d'eau sont énormes. Il est bon d'ajouter que les sources 8, 9 et 11 n'ont pas joué en même temps; la source 11, qui débitait 10,000 l. m., a été considérablement réduite, lors de la rencontre par la transversale des sources 8 et 9 qui s'écoulaient exclusivement par le filon du nº 11.

Après le passage de cette faille, les galeries sont rentrées dans une *deuxième zone de gneiss d'Antigorio* qui a livré beaucoup d'eau, que nous pouvons classer en quatre groupes de sources.

On remarquera que la température de l'eau de ces quatre groupes va, en général, en diminuant pour la même galerie. La différence de température que l'on observe dans le même groupe entre les deux galeries vient de ce que les eaux de la galerie II ont été mesurées plus tardivement. L'explication de ce refroidissement sera donnée plus loin.

Ces filons d'eau continuent à être fortement chargés de calcaire et de gypse.

L'abaissement progressif de leur température laissait pressentir de plus en plus le voisinage très rapproché du banc calcaire qui, d'après les coupes géologiques, devait former le *toit* du gneiss d'Antigorio dans le tunnel. Tous les profils publiés (fig. 3, 4 et 5) indiquaient, en outre, une forme de voûte très surbaissée de gneiss d'Antigorio. Une seule coupe faisait exception, celle de Gerlach. Nous retrouvons là encore le coup d'œil si remarquable de ce grand géologue. On s'attendait donc très peu à rencontrer si tôt le banc calcaire, et encore moins formant le *mur* du gneiss. Il aurait été possible, même en se basant sur les levés géologiques de Gerlach, de prévoir le retour sur lui-même moins lointain du gneiss d'Antigorio. Sans doute les venues d'eau étaient attendues dans le voisinage de la surface de contact des gneiss et du calcaire. On sait, en effet, quel est le rôle important joué par la pierre à chaux dans la circulation aquifère souterraine. Grâce à sa fissuration naturelle, à sa solubilité relativement facile, cette roche sert toujours de conducteur à l'eau météorique vers les profondeurs. La sécheresse remarquable, typique, de la montagne de Teggiolo était un signe indiscutable que d'énormes masses d'eau se trouvaient en profondeur, dans le calcaire que les coupes géologiques indiquaient à tort, entre les kilomètres 5 et 6. D'autre part, la présence insolite d'eau chargée de carbonate de chaux, de gypse en plein gneiss laissait pressentir des masses d'eau considérables dans la bande calcaire, puisque cette bande, regorgeant de liquide, forçait son contenu à s'échapper sous pression dans ce gneiss.

Tout d'abord sec, le calcaire n'a pas tardé à livrer un vrai déluge d'eau séléniteuse, dont on connaît trop l'effet désastreux sur l'avancement du tunnel.

Sources de la Galerie I.

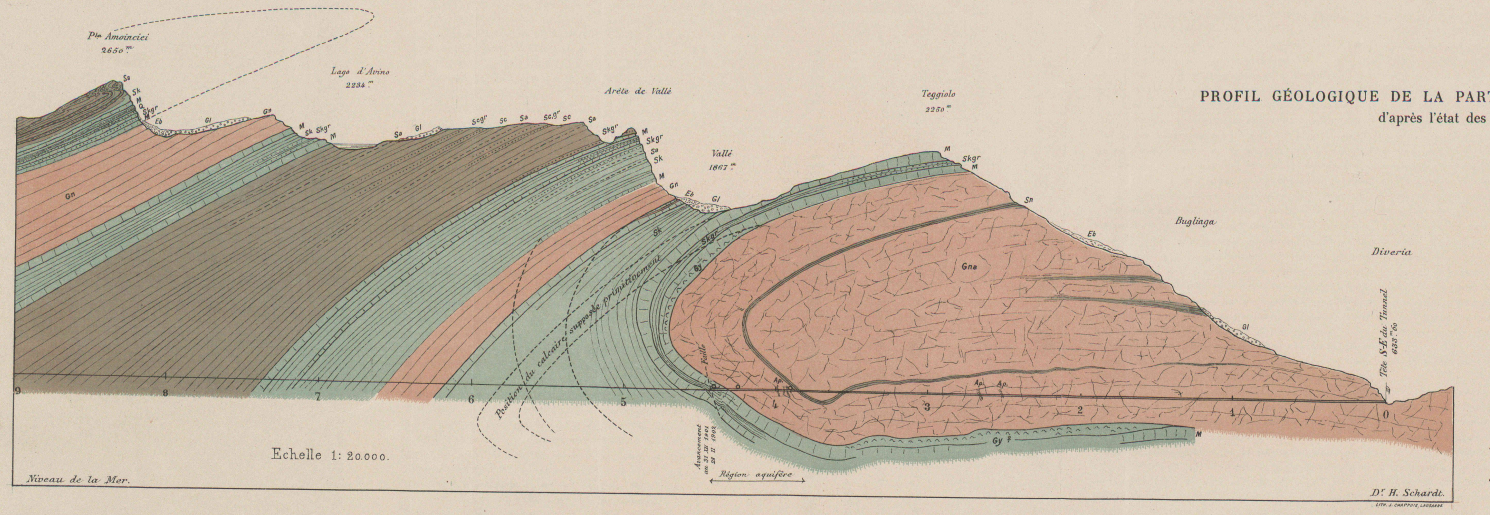
		N° d'ordre.	Distance du portail. m.	Température.	Dureté.	Débit approximatif.	Date de la première observation.
Région du Schiste micacé noir et de la faille.	Transv. XIX	5	3824	28	32	300	13. V. 1901
		6	3827	28	32		»
		7	3843	25	26	60	11. VI. 1901
		8	3868	25.7	17	3000	28. VII. 1901
		9	3861	30.3	56	4080	»
		10	3863	28.8	44	90	»
		11	3891—93	28	40	10000	11. VI. 1901
		12	3900	28.6	46	60	»
GNEISS D'ANTIGORIO	I.	13	3920	27.4	43	30	»
		14	3935	26.4	30	60	»
	II.	15	3974—77	25.2	31	100	23. VII. 1901
		16	3984	25	29	5	»
		17	3987—5	24.2	28	120	»
		18	3990—1	24.6	35	150	»
		19	3999	24.6	34	600	»
		20	4006—5	24.8	38	60	»
		21	4008	25.4	46	60	»
		22	4011	25	39	40	»
		23	4011	25	39	50	»
	III.	24	4066	23.8	—	30	»
		25	4068	23.8	35	60	»
		26	4081	24	33	2	»
		27	4091	24	37	20	27. VIII. 1901
		28	4093	24	39	30	»
	IV.	29	4174	21.1	—	15	»
		30	4218	21.4	38	30	26. IX. 1901
		31	4248	20	35	600	»
		32	4251—57	21.4	40	40	»
		33	4341	19	41	60	»
		34	4353	18.4	41	600	»
		35	4390—95	15.1	43	600	2. XII. 1901
		36	4397	13.8	51		
		37	4398	14.8	50		
		38	4401—2	14.8	48	12000	»
		39	4398	13.2	51		
		40	4399	17.2	59		
		41	4425	18.6	72	10	5. I. 1902.

Sources de la Galerie II.

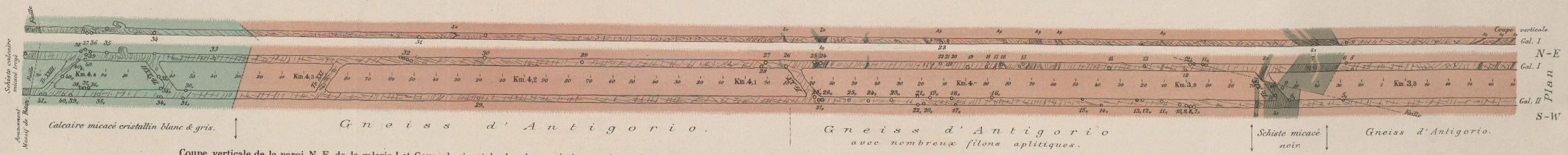
Région du Schiste micacé noir et de la faille		5*	3828	25.4	16	60	25. VII. 1901
		6*	3853	25.8	15.5	200	»
GNEISS D'ANTIGORIO	I.	7*	3896	28	39	100	»
		8*	3898	27	35	10	»
		9*	3900	27	35	10	»
		10*	3903	26	—	5	»
		11*	3911	25.6	25	30	»
		12*	3920	24.1	28	30	»
		13*	3921	26	28	50	»
		14*	3938	25	—	2	»
		15*	3947	25.2	30	5	»
	II.	16*	3989	24	—	10	12. I. 1902
		17*	4006	25.3	38	50	25. VII. 1901
		18*	4007	26.9	47	50	»
	III.	19*	4016	22.8	41	240	11. I. 1902
		20*	4019	22.3	62	60	»
		21*	4021	22.5	41	20	»
		22*	4021—55	23.7	53	35	»
		23*	4033	20.5	42	1	»
		24*	4044	22.5	46	1	»
		25*	4053	22.5	33	2	»
		26*	4065	22.8	32	1	»
		27*	4066	21	40	1	»
		28*	4068	21	12	1	»
	IV.	29*	4220	20	—	1	»
		30*	4353	15.4	26	15	29. X. 1901
		31*	4355	15.5	27	10	»
		32*	4365	14.7	28	6000	»
		33*	4364	15.8	31	3000	»
		34*	4364—6	15.5	30	3000	»
		35*	4393	12.8	54	600	2. XII. 1901
		36*	4397	13.2	55	100	»
		37*	4399	13.4	53	6000	»
		38*	4400	13.6	53	200	»
		39*	4406	17.1	56	150	»
		40*	4409	17	60	300	»
		41*	4418—20	15	56	9000	»

PROFIL GÉOLOGIQUE DE LA PARTIE MÉRIDIONALE DU TUNNEL DU SIMPLON

d'après l'état des travaux au 31 décembre 1901.



Eb	Eboulis.
Gl	Moraines, Glaciaire.
Sk	Schistes micacés calcarifères.
Skgr	Schistes micacés avec grenats.
M	Calcaire cristallin. Marbre cipolin.
Gy	Gypse & anhydrite (Supposé).
Q	Quartzite schisteux.
Segr	Schistes micacés passant au gneiss, souvent granatifères.
Sa	Amphibolites & Schistes amphiboliques Schistes chloriteux.
Gn	Gneiss schisteux & plaqueté Gneiss du Monte Leone.
Gna	Gneiss massif d'Antigorio.
Sn	Micaschiste noir } Intercalée dans le Gna.
Ap	Filons d'Aplite } Intercalée dans le Gna.
⊙	Sources.



Coupe verticale de la paroi N. E. de la galerie I et Coupe horizontale des deux galeries au niveau de leur plafond, du Km.3,750 jusqu'à l'avancement du 31 déc. 1901, à travers la région aquifère. Echelle 1 : 1000. — Réduction des levés originaux au 1 : 100.

Seite / page

leer / vide / blank

Variation de la température et de la dureté de l'eau des sources.

Un examen comparatif des mêmes groupes de sources des deux galeries montre avec évidence une température presque toujours plus basse des eaux de la galerie II. Ce fait est, par exemple, très remarquable pour le groupe III de la deuxième région du gneiss d'Antigorio. Mais on peut remarquer que les mesures de température ont été faites plus tardivement dans la galerie II que dans la voisine. On peut déjà conclure de ce fait que *la température de ces eaux n'est pas constante,* et que les sources de la galerie I ont dû subir aussi un refroidissement. L'étude suivie des grandes sources, à partir de la transversale XIX, a montré en effet *un abaissement notable de leur température.* M. Schardt montre en outre, dans son intéressant rapport, que ces modifications ne peuvent pas être attribuées à des influences réciproques des sources les unes sur les autres, influences qui seraient dues au percement de nouvelles ouvertures, mais que le fait est général. Cette conclusion est corroborée par un autre fait fort curieux: avec cet abaissement de température, on constate aussi une *variation irrégulière dans la dureté des eaux.*

En outre, l'étude très détaillée des sources de la galerie transversale XIX, qui, nous le savons, sortent par une faille, a permis d'établir un fait bien inattendu, celui de l'indépendance totale de sources d'avec celles immédiatement voisines. La faille est parcourue par deux courants d'eau. L'un, *descendant,* est formé par les *eaux froides et peu calcaires ;* l'autre, *montant,* montre des eaux *plus chaudes et plus gypseuses* que les premières. Cette double circulation n'a pu être déterminée que par la perforation de la transversale, car au début, l'énorme source 11, avec ses 10,000 l. m., débitait le mélange de trois filons d'eau indépendants. Aussi a-t-on vu cette source 11 diminuer, pour ne plus débiter que 500 l. m. De cette diminution, l'auteur du mémoire conclut à la vidange d'un réservoir souterrain et présume, pour l'avenir, une *réduction très considérable* du volume de l'eau.

Origine des eaux souterraines.

Les eaux rencontrées viennent certainement de la surface par une voie plus ou moins rapide. On a tout d'abord accusé un petit lac, le Lago d'Avino, d'être le coupable, mais cette idée a dû être éloignée. En effet, le lac a un écoulement superficiel, et tout son bassin s'étend sur les schistes qui forment une cuvette absolument imperméable. On a aussi pensé à la Cairasca, et cette supposition est certainement plus fondée. Le long de ce torrent, les schistes micacés calcaires, inférieurs au gneiss d'Antigorio, affleurent sur une longue étendue. Ils passent sous le tunnel. Cette disposition permet de calculer la pente des couches, qui est de 17 % du torrent vers le tunnel. Si le cours d'eau rencontre une couche perméable, il peut s'y perdre en partie et rentrer dans la circulation souterraine. Or, dans la vallée il existe justement, entre les gneiss et les micaschistes calcaires, un banc de calcaire cipolin et même du gypse, roches solubles que le torrent aurait pu traverser.

Quelle que soit la vraisemblance de cette hypothèse, elle doit être rejetée. Ce n'est pas le torrent qui donne de l'eau à la montagne, c'est l'inverse, ainsi que le prouvent d'abondantes sources, très volumineuses, qui jaillissent le long du cours d'eau sur la rive droite. En tout état de cause, il a été procédé à une expérience de coloration de l'eau de la Cairasca. Ainsi qu'il fallait s'y attendre, le résultat a été négatif.

L'origine de la nappe souterraine est à rechercher exclusivement dans l'alimentation naturelle par l'eau de pluie. Toute la montagne de Teggolio est sèche; rarement l'eau y ruisselle; toute l'eau météorique pénètre dans l'intérieur de la montagne. Cette région présente le caractère habituel des pays calcaires. L'on sait quelle relation étroite existe entre les calcaires et les sources vauclusiennes. Ce sont des eaux se rattachant à ce type de sources, qui ont été rencontrées dans la percée du tunnel.

Relations des eaux souterraines avec les sources de la vallée de la Cairasca.

Jusqu'à plus de 2800 m. le gneiss d'Antigorio, avons-nous vu, a été d'une sécheresse remarquable. Ainsi, l'eau qui ruisselle sur les pentes qui dominent le tunnel entre l'arête de Teggiolo et Iselle ne pénètre pas profondément dans la montagne. Il y a bon nombre de sources sur cette surface, et même de très volumineuses. Jusqu'ici *aucune* de ces sources n'a été influencée par la percée. La structure par couches horizontales du gneiss n'est pas faite pour faciliter la pénétration de l'eau de ces sources dans les profondeurs.

La saignée formidable faite par les deux galeries doit abaisser considérablement le niveau piézométrique de la nappe souterraine et, certainement, les sources qui sont le trop-plein de cette nappe doivent tarir.

Or il existe dans la vallée de la Cairasca, sur la rive droite, entre Nembro et Gebbo, de très grosses sources se répartissant en deux groupes, à *Nembro* et à la *Prese de Gebbo.* Le premier groupe, observé encore le 29 octobre 1901, débitait environ 6000 l. m. Le deuxième, observé en octobre et en décembre, avait un volume estimé à 14,000 l. m. Les eaux de la Prese de Gebbo sont particulièrement séléniteuses ; leur dureté varie entre 70 et 91 degrés.

Les sources de Nembro, qui coulaient encore le 29 octobre 1901, avaient tari le 3 décembre ! Ce groupe volumineux de sources est une chose du passé, dit M. Schardt dans une phrase saisissante.

Ainsi, petit à petit, l'eau météorique pénétrant dans le

sol calcaire, dissolvant celui-ci lentement, est parvenue à creuser des voies souterraines à plus de 700 m. au-dessous de son émissaire et à plus de 2 km. de distance horizontale de celui-ci.

Les sources de la Prese de Gebbo disparaîtront probablement, car les eaux du tunnel ont une dureté plus grande que celles de Nembro (13 à 16°). Il faut bien que la quantité de gypse que renferment les filons d'eau coupés par les deux galeries se prenne quelque part, d'autant plus que la dureté de ces eaux a augmenté. Toutefois, si les sources de Gebbo restaient intactes, deux hypothèses pourraient être émises pour expliquer cette dureté croissante. Ou bien les eaux souterraines alimentaient, outre les sources, aujourd'hui taries, de Nembro, encore une ou plusieurs autres sources invisibles, qui se rendaient dans la Cairasca au-dessous du niveau du torrent ; ces sources, qui devaient être gypseuses, sont peut-être aujourd'hui également arrêtées. Ou bien les sources de Nembro étaient les seuls émissaires du cours d'eau souterrain ; dans ce cas, la teneur en gypse devrait s'expliquer par le fait que l'eau souterraine attirée vers le tunnel a seulement alors commencé à traverser les gîtes de gypse. Certains indices militent en faveur de cette dernière hypothèse.

Quantité d'eau permanente restant dans les tunnels.

Quelle sera la quantité d'eau permanente dans le tunnel ?

Dans les premiers temps du captage une source a ordinairement un plus fort volume que dans la suite. Le débit baisse, puis le régime normal s'établit peu à peu. Les réservoirs gorgés d'eau se vident peu à peu et ne servent plus que de conduite.

En se basant sur le volume des sources, exutoires anciens ou encore actuels de la nappe souterraine, on peut connaître, très approximativement il est vrai, le volume moyen du débit de la nappe une fois son régime normal atteint. En estimant à 20,000 l. m. le volume des sources de Gebbo et Nembro, on obtient une moyenne de 333 l. s., et comme on peut s'attendre à un chiffre supérieur, supposons 350 l. s.

En calculant le volume de l'eau qui tombe sur la région de Vallé en une année, on obtient 9132 l. m., soit une fois et demie le volume des sources de Nembro. Les sources de Gebbo devraient donc s'expliquer par des infiltrations collectées par le plateau Buraglia-Trasquera. M. Schardt estime cette valeur à 10,000 l. m. Il y aurait donc un déficit de 4000 l. m., par rapport à ces sources de Gebbo, estimées à 14,000 l. m.

L'expérience nous a montré que les calculs de ce genre sont facilement entachés d'erreur, parce que la valeur de l'évaporation est très difficile à connaître. Dans le cas particulier, l'évaluation se base exclusivement sur la chute annuelle d'eau, connue seulement à Iselle. Or il nous semble que cette quantité est certainement un minimum pour la région, et que la chute est plus abondante dans le haut-pays, ce qui pourrait satisfaire au déficit de 4000 l. m.

Ce déficit amène M. Schardt à supposer qu'une partie des sources de Gebbo sont dues à des infiltrations supérieures de la Cairasca, qui pénétreraient dans le gypse, le dissoudraient en partie, et reviendraient à la surface à cause de la présence d'une couche de schistes micacés calcaires. Si cette hypothèse se réalise, on voit que, après le tarissement des sources de Gebbo, une certaine quantité de l'eau de la Cairasca prendra le chemin des canaux abandonnés des sources et pénétrera dans les galeries ! C'est ainsi que des sources refoulantes de bas en haut dans les torrents laissent pénétrer l'eau de ces derniers dans la source après captage. M. Schardt conclut cependant que le volume de 350 l. s. sera le maximum dans les galeries comme eau permanente, si toutefois d'autres sources ne sont pas rencontrées ultérieurement. Nous pensons, de notre côté, que cette évaluation est très aléatoire, étant donné le régime si variable des eaux vauclusiennes, régime, il est vrai, dont M. Schardt conteste l'effet dans le cas présent, à cause de la grande profondeur et la répartition des passages d'eau entre le gneiss et le calcaire. Il voit dans ces faits une circonstance qui exercera une influence régulatrice.

Quant à vouloir essayer d'obstruer les grandes venues d'eau, en ne laissant subsister que les orifices nécessaires pour assurer le débit normal, ainsi que le propose l'auteur du rapport, nous pensons, par l'expérience acquise, que ce système est absolument impraticable, tant sont nombreuses les fissures dans les roches calcaires. Obstruer un orifice d'une eau à très grande pression, c'est chasser cette eau plus loin. Et si les eaux de la Cairasca venaient à pénétrer dans les vides souterrains, ce n'est plus à 350 l. s. que l'on aurait à faire, mais par moment à un chiffre bien supérieur.

Températures du terrain et des eaux souterraines.

A partir du km. 2.200, la température souterraine s'est abaissée. Il est hors de doute que la circulation des eaux souterraines en soit la cause.

A partir du km. 4, cet abaissement a été extrêmement rapide, et, au km. 4.400, le thermomètre n'a plus marqué que 16°,2 (23. XII, 1901), au lieu de 36 à 38°, comme l'on était en droit de s'attendre. C'est donc une variation de 15 à 20 degrés au moins, produite exclusivement par les eaux froides des filons d'eau.

L'eau, avons-nous vu, s'est refroidie ; il en est de même de la roche.

A 3800 m. la température est tombée de 26°8 (20 VI) à 23°6 (14 XI.)

A 4200 m. la température est tombée de 22°5 (4 XI) à 20°5 (25 XII.)

Ce phénomène n'est que passager ; lorsque la vidange des réservoirs souterrains sera en grande partie faite, la température remontera peu à peu sans toutefois ne jamais atteindre ce qu'elle eût été sans les sources, car, avant les percées de ces dernières, la roche avait déjà une température plus basse dans cette zone aquifère.

On peut remarquer, d'après le tableau des sources, que des venues d'eau très voisines possèdent une température différente, les unes sont relativement froides ou chaudes par rapport aux autres. Cette observation conduit M. Schardt à une intéressante hypothèse pour expliquer la circulation souterraine et particulièrement la cause motrice de cette circulation. Il y voit un phénomène comparable au thermosyphon. L'eau froide, pénétrant dans l'intérieur du sol, se réchauffe peu à peu et devient moins dense. Elle tend alors à remonter, mais elle est remplacée par une quantité égale d'eau froide. Ainsi, il s'établit une circulation en dehors de l'action de la gravitation. Mais, s'il y a circulation, et celle-ci n'est pas douteuse, il y a corrosion, dissolution de la roche. Ainsi, petit à petit, se forment ces canaux, ces réservoirs, qui dérivent d'une fissure, jadis capillaire.

Les observations faites jusqu'ici dans le tunnel semblent confirmer cette explication ingénieuse. En tout cas l'étude systématique, rationnelle et intelligente de tous les phénomènes rencontrés dans la percée du grand tunnel est d'une importance capitale. Il y a là une occasion féconde pour le progrès d'une foule de connaissances, tant en science appliquée qu'en science pure. Sous ces deux rapports, le premier mémoire de M. Schardt peut être considéré comme étant d'une importance capitale, et laisse bien augurer des autres travaux que ce géologue publiera certainement encore à propos de la percée du grand tunnel.

MAURICE LUGEON,
professeur de géologie à l'Université.

Théorie générale de l'arc élastique continu sur appuis rigides.

(Suite et fin)[1].

Quatrième type (fig. 16).

Ce type ne diffère du précédent que par le fait que l'encastrement sur les culées est remplacé par des articulations. La détermination des réactions V et H relatives aux travées centrales s'effectue comme pour l'arc du troisième type. Nous nous bornerons donc à envisager l'une des travées extrêmes.

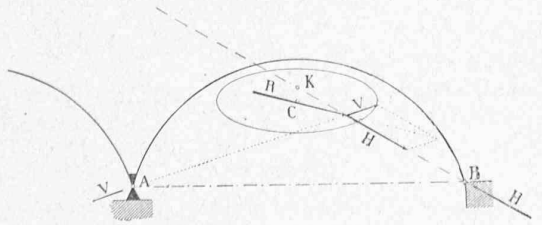


Fig. 16.

[1] Voir N° du 5 décembre 1902, page 306.

Considérons la travée AB et supposons qu'il agisse sur l'extrémité A de cette dernière, par l'intermédiaire de la travée adjacente, une force R.

Les appuis A et B étant munis chacun d'une articulation, les réactions V et H passeront respectivement par les points A et B.

En outre, grâce à la fixité de ces appuis, la longueur de la corde AB doit rester invariable durant la déformation de la travée.

Cette condition ne peut être réalisée que si la composante H de la poussée R passe par l'antipôle K de la corde AB par rapport à l'ellipse d'élasticité C de la travée considérée isolément.

En effet, supposons la travée encastrée en B et libre en A, hypothèse permise, car la réaction H passant par B, le moment fléchissant est nul en ce point.

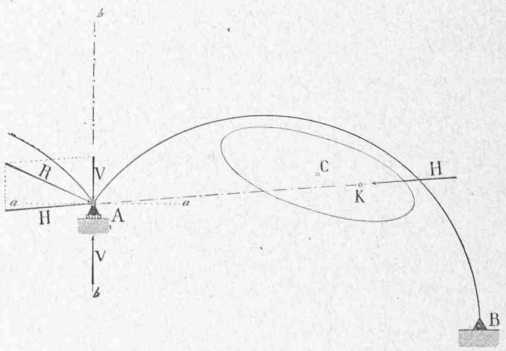
L'ellipse C coïncidera avec l'ellipse d'élasticité du point A.

Pour que la déformation de la travée, sous l'influence de la force H, n'engendre aucune variation de longueur de la corde AB ou, en d'autres termes, pour que le déplacement de l'extrémité A n'ait aucune composante parallèle à AB, il faut et il suffit que le centre de rotation relatif à la force H soit situé sur la corde AB elle-même, condition qui est réalisée si cette force passe par le point K.

Donc :

Toute force R agissant sur l'extrémité A de la travée extrême AB est équilibrée par deux réactions : celle de l'appui passant par A et celle de la travée passant par l'articulation B et par l'antipôle K de la corde AB par rapport à l'ellipse d'élasticité C de la travée considérée isolément.

Cinquième type (fig 17).



La détermination des réactions V et H relatives aux travées centrales s'effectuant comme pour l'arc du sixième type, nous nous bornerons à envisager l'une des travées extrêmes de l'arc.

Considérons la travée AB et supposons qu'il agisse sur l'extrémité A de cette dernière, par l'intermédiaire de la travée adjacente, une force R.

Etat des travaux
du
TUNNEL DU SIMPLON
à la fin du mois de septembre
1902.

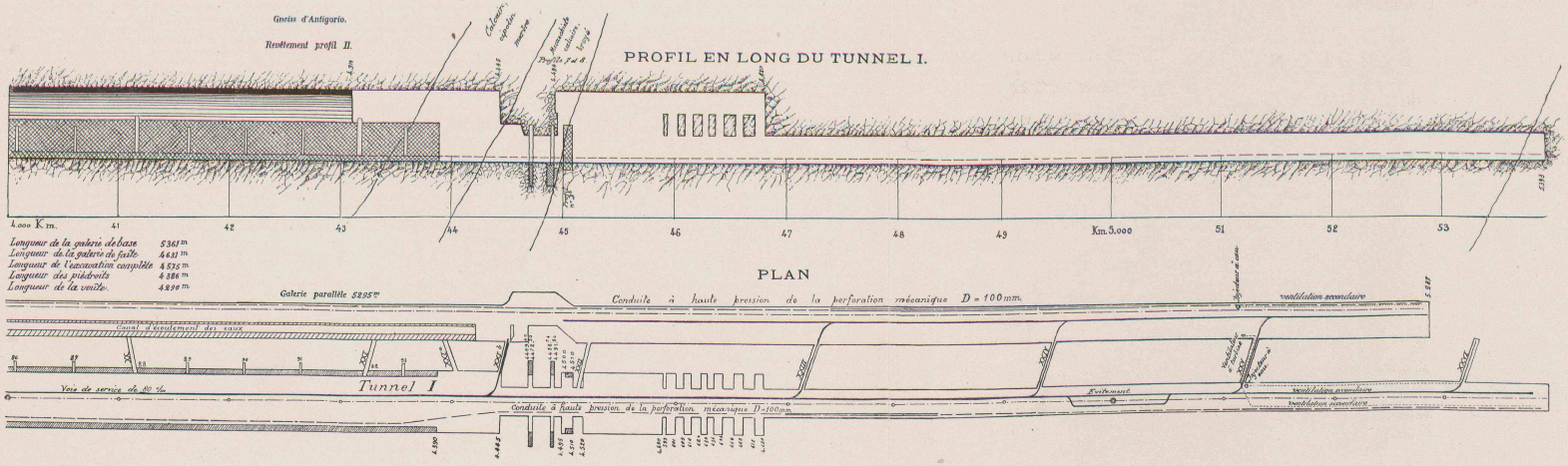
Echelle des longueurs : 1 : 4000.
Echelle des hauteurs et largeurs : 1 : 400.

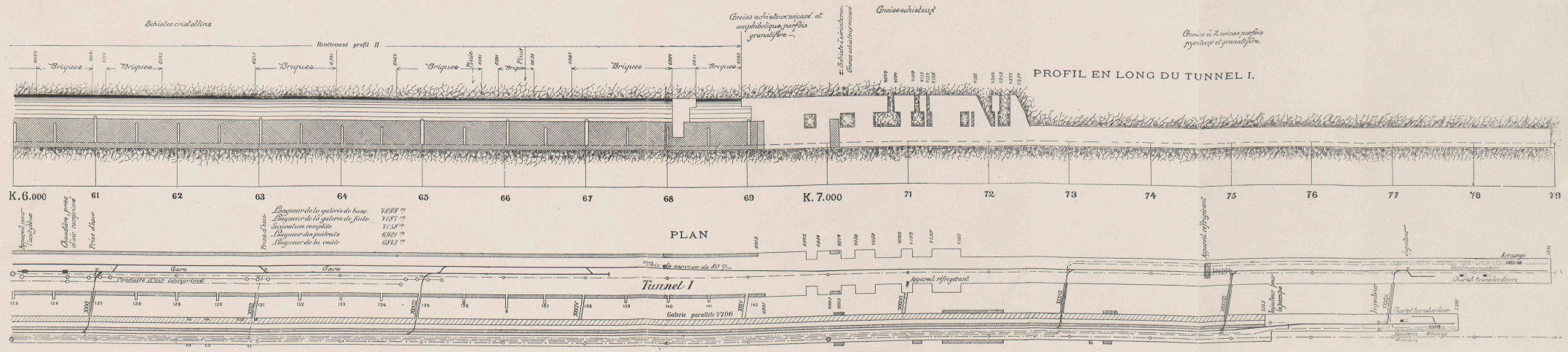
LÉGENDE :

- Axe des tunnels
- Conduite à haute pression de la perforation mécanique.
- Conduite d'air comprimé
- Conduite d'eau pour réfrigération et arrosage.
- Conduite et becs de l'éclairage à acetylène.

SECTION D'ISELLE

Le tunnel est complètement achevé depuis le km. 0,020 jusqu'au km. 4,000.



SECTION DE BRIGUE

Le tunnel est complètement achevé depuis le km. 0,000 jusqu'au km. 6,000.