

Zeitschrift:	Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres
Herausgeber:	Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres
Band:	11 (1913)
Heft:	1
 Artikel:	La piquetage du tunnel du Loetschberg
Autor:	[s.n.]
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-182590

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: 28.01.2026

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

Zumbach Werner, Adjunkt des Kantonsgeometers, Aarau.

Zündt Adolf, Kantonsgeometer, Luzern.

Zurbuchen Max, Pruntrut.

Zwicky Jakob, St. Fiden-St. Gallen.

Zwicky Fridolin, Professor-Ingenieur, Winterthur.

Zwygart Alfred, Meikirch (Bern).

Le piquetage du tunnel du Lœtschberg.

Dans le numéro 4 du tome IX de notre journal, nous avons donné les résultats en direction, altitude et longueur déduits du percement du tunnel survenu le 1^{er} mars 1911, et nous les avons comparés avec les chiffres correspondants des tunnels du Simplon et du Gothard.

A cette époque, nous avons promis de revenir sur les dispositions et l'exécution de ce travail géodésique très intéressant, en prenant pour base une publication de Monsieur le professeur Bæschlin, parue dans la *Schweizerische Bauzeitung*.

Nous exécutons notre promesse un peu tardivement, mais en considérant que le sujet n'a pas perdu de son actualité. Nous remercions pour les clichés la *Schweizerische Bauzeitung* qui a fait preuve une fois de plus des sentiments de la meilleure camaraderie.

L'opération du piquetage des grands tunnels repose sur une triangulation et un nivellation de précision.

Pour le Gothard on exécuta deux triangulations, la première par Gelpke, la seconde par Koppe, qui fut une triangulation de contrôle complètement indépendante de la première.

La concordance en direction d'environ 1", entre les deux travaux, prouva qu'une triangulation bien exécutée comporte en elle-même un contrôle et que la valeur de l'erreur d'observation permet de conclure sur l'exactitude des résultats. Au moyen de la triangulation considérée pour elle-même, on ne détermine en premier lieu que des angles, c'est-à-dire des directions réciproques; tout ce qui concerne les longueurs présume la mensuration d'une base de précision. Les longueurs seront d'autant plus incertaines que plus grand sera le nombre des triangles intermédiaires entre la base mesurée et le réseau utile, et que plus faible sera le degré d'exactitude de la base.

A l'époque de l'exécution de la triangulation du Gothard, nous ne possédions pas encore nos bases d'Aarberg, de Weinfelden et de Bellinzone, et cette absence de base ajoutée au fait que la longueur directe du tunnel fut mesurée avec peu de soin, eurent pour résultat la constatation d'une différence de 7,6 m avec la mensuration de contrôle.

Pour le piquetage d'un tunnel en ligne droite, cette différence relativement élevée entre la longueur mesurée directement et la longueur déduite de la triangulation n'a pas grande importance; mais au Lötschberg, l'existence d'une différence pareille aurait été la cause de complications parfaitement désagréables et coûteuses.

Pour le tunnel du Simplon, Mr. le professeur Rosenmund a établi une triangulation complètement indépendante du réseau fédéral (voir année 1906, numéro 1 de notre journal), auquel elle était cependant reliée par un côté pour la détermination des longueurs. Le tunnel du Simplon se détermine aux deux extrémités par des courbes, mais le piquetage fut exécuté comme si le tunnel était en ligne droite. Cette manière de procéder était d'autant plus nécessaire que les deux courbes en question devaient être prises avec un rayon très faible, dont le piquetage comportait des erreurs d'autant plus grandes que le rayon était plus faible.

La triangulation du Lötschberg s'appuie directement sur 6 points de la triangulation fédérale de III^{me} ordre exécutée dans l'Oberland bernois.

Par des travaux techniques préparatoires, on détermina, à proximité des débouchés nord et sud du tunnel, des points qui devraient se trouver sur l'axe du tunnel et qui pouvaient être reliés avec le réseau de triangulation.

Du côté nord (Kandersteg), ce rattachement eut lieu directement avec trois points; du côté sud (Goppenstein), le rattachement ne put être opéré qu'au moyen de cinq triangles intermédiaires de forme relativement peu favorable.

En établissant et en calculant un réseau trigonométrique contenant les deux extrémités du tunnel reposant sur un système de coordonnées quelconque et sur une unité de longueur quelconque, on peut déduire des coordonnées des points d'axe l'azimut, c'est-à-dire la direction de la droite joignant les deux

points d'axe, donc la direction de l'axe du tunnel, correspondant au système de coordonnées admis.

Mais comme les azimuts des côtés des triangles contiennent les azimuts des points d'axe — du côté nord il y en avait trois, du côté sud seulement deux — on peut déterminer les angles formés par les côtés sur lesquels on s'appuie et l'axe du tunnel, et les vérifier au moyen de mesures de contrôle.

Cependant, puisque la triangulation du Lœtschberg s'appuyait sur la triangulation fédérale, l'unité de longueur était donnée — de par le système de coordonnées — et par conséquent outre la direction on pouvait déterminer la distance entre les deux points d'axe.

Il y a lieu de remarquer que cette distance ne pouvait pas se déduire immédiatement et servir sans autre de base au piquetage.

En effet, la longueur déduite des coordonnées est réduite au niveau de la mer et la longueur véritable doit être prise à l'altitude moyenne du tunnel, soit à 1200 mètres.

Il s'en suit donc une correction Δd à ajouter à la longueur réduite au niveau de la mer, égale à

$$\Delta d = h \frac{d}{r} = 1200 \times \frac{14316}{6370000} = 2,69 \text{ m}$$

où

h = altitude moyenne au-dessus du niveau de la mer,

d = distance entre les points d'axe,

r = rayon de la terre.

La triangulation fut exécutée par le géomètre du concordat Mathys, adjoint du géomètre cantonal de Berne. Mathys était spécialement désigné pour mener à bien ce travail, puisqu'il avait déjà déterminé le piquetage du tunnel du Weissenstein.

La disposition des signaux fut la même que celle employée au Simplon, à savoir, des pilones maçonnés terminés par des cônes en fer-blanc. Le cône en fer-blanc est fixé au pilone au moyen d'un anneau de fer, dont on fait correspondre, au moyen de vis, le centre avec le centre de station. On repéra de cette sorte points donnés et points nouveaux, de manière à obtenir un pointage impeccable, excluant des visées excentriques.

On mesura les angles dans un espace de temps excessivement court, soit du 25 août au 8 septembre 1906, au moyen

d'un théodolite nouvelle division Kern & Cie., à Aarau, et selon le mode prescrit par le service topographique fédéral et décrit dans les instructions fédérales.

Les angles furent répétés de 16 à 32 fois par séries de 8 répétitions; ils furent compensés en introduisant des poids proportionnels au nombre des répétitions, selon la méthode employée par le service topographique fédéral; et les résultats de cette compensation correspondirent avec ceux obtenus par la méthode de compensation par les moindres carrés.

L'erreur moyenne d'un angle compensé fut d'environ $\pm 1,7''$ (nouvelle division) pour un nombre moyen de répétitions égal à 21. On ne mesura pas les angles verticaux, ce que monsieur le professeur Bæschlin regrette, car sans augmenter de beaucoup le coût du travail, on aurait pu obtenir de cette manière un contrôle précieux pour la différence d'altitude des deux points d'axe.

Le calcul de la triangulation fut effectué d'après la méthode habituelle des triangles.

Les résultats acquis ont démontré, de la manière la plus formelle, la véracité de notre expérience souvent confirmée, à savoir, que pour des triangulations de IV^{me} ordre, qui se rattachent à des triangulations d'ordre supérieur bien exécutées, il n'est pas nécessaire d'employer la méthode de compensation selon les moindres carrés avec son cortège de chiffres.

Certes nous ne voulons pas être en désaccord avec la remarque suivante du professeur Bæschlin: „La triangulation du „Lötschberg devrait être la dernière triangulation importante de „tunnel qui aurait été calculée sans l'emploi de la méthode des „moindres carrés“, car nous spécifions expressément dans notre affirmation ci-dessus qu'il s'agit de triangulations de IV^{me} ordre, auxquelles la triangulation du Lötschberg n'appartient pas.

Les points d'axe appartenant à la triangulation ne purent pas, dans la suite, être employés comme points de stationnement pour le piquetage du tunnel; celui de Kandersteg gênait pour les travaux d'installation; celui de Goppenstein était placé si haut que l'on ne pouvait pas viser dans le tunnel. On dut, par conséquent, construire exactement dans l'axe du tunnel deux observatoires, soit de solides piliers en béton que l'on enferma dans une hutte de planches pour abriter observateur et instrument.

La direction du tunnel fut fixée, comme pour le Simplon, au moyen de points de visées que l'on détermina par des mensurations répétées d'angles. Ces points de visées se composaient d'une caisse en fonte munie d'une paroi mobile sur laquelle se trouvait une ouverture fermée par une plaque de verre dépoli de forme rectangulaire. Pendant le jour, la plaque de verre dépoli servait sans autre de visée; mais pendant la nuit, elle était éclairée par une lampe placée derrière.

Sur la plaque de fonte, dont la partie supérieure était mobile, se trouvait une division en millimètres qui servait à fixer la position de la marque lors de la lecture des angles. Au moyen de ces diverses lectures, la direction définitive du tunnel fut déterminée. Tout l'appareil fut ancré solidement dans un bloc de béton.

Du côté de Goppenstein, on établit ainsi deux points de visées qui rendirent des services inappréciables, lorsqu'il s'agit de rétablir le pilier de l'observatoire détruit par une avalanche.

Les distances entre les points d'axe et les observatoires ont été déterminées très soigneusement, celles du côté de Goppenstein par une petite triangulation. Avec la même exactitude furent déterminées les distances entre les points fixes désignés plus haut, et les points zéro de chaque côté du tunnel, afin d'obtenir la longueur définitive du tunnel; cette dernière ramenée à un niveau moyen de 1200 mètres au-dessus de la mer, fut trouvée de 13744,22 m.

Au cours de ses reconnaissances, Mathys constata d'abord que de chacun des deux côtés du tunnel on pouvait placer des points élevés que l'on pourrait placer dans l'axe du tunnel par des visées depuis les points d'axe; ensuite que depuis ces points on pourrait déterminer également dans l'axe un point plus élevé situé environ à la moitié du tunnel. Notre figure montre en profil et en plan la disposition de ces trois points, First, Wildelsigengrat et Immenengrat, et leurs liaisons avec les points d'axe et les observatoires.

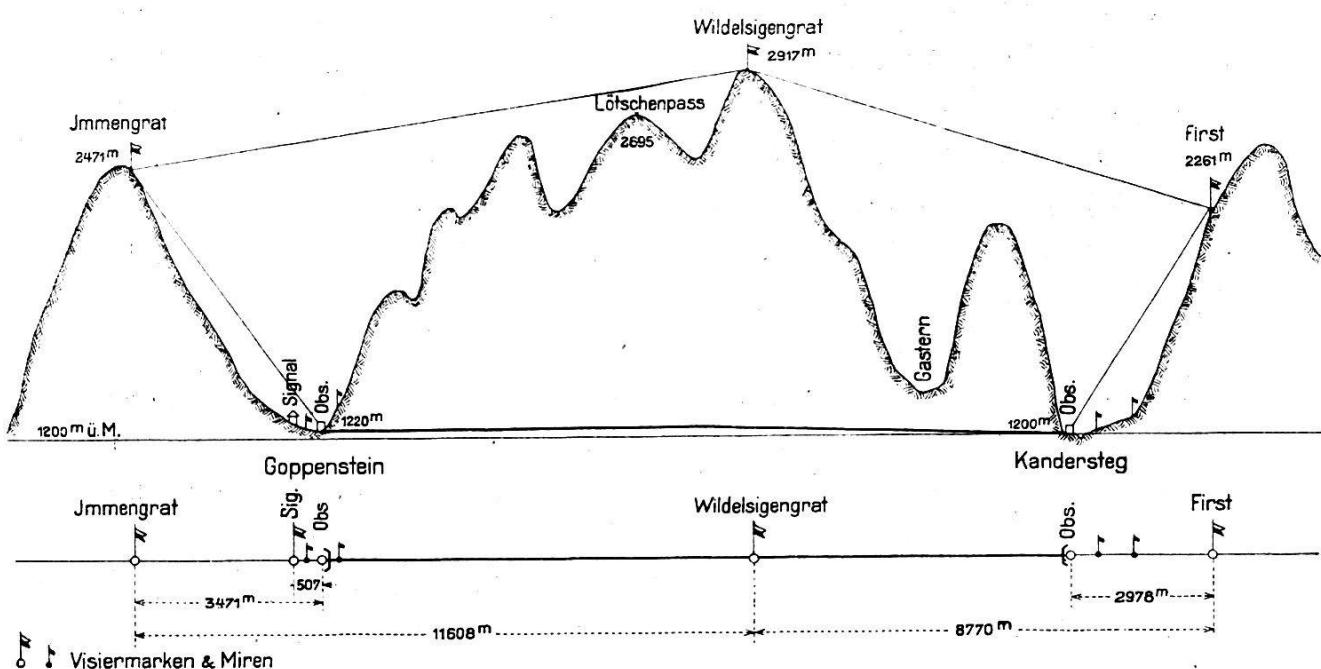
Ce piquetage par-dessus les montagnes fut l'occasion d'un contrôle sérieux de la triangulation. La position des points First et Immenengrat fut déterminée, de la même manière que les marques de visée, au moyen de mesures d'angles rattachés à des directions données. De la même manière également fut

construite sur ces points une base portant une plaque mobile que l'on visa et dont on détermina la position moyenne.

Lorsque, sur ces points, on place un théodolite parfaitement horizontal, on vise un des points d'axe et on élève la lunette, on doit atteindre de chaque côté le même point sur Wildelsigen.

L'opération faite depuis le côté nord et depuis le côté sud donna comme résultat merveilleux une concordance de 25 mm.

Ainsi preuve était faite de l'exactitude de la triangulation et de la certitude de la détermination souterraine de la direction du tunnel.



Profil en long et plan de situation du tunnel du Lötschberg.

On ne se contenta pourtant pas de ce résultat. On dut reconnaître avec certitude que les puissantes masses de l'Oberland dans lesquelles devait être percé le tunnel, et les parties montagneuses plus éloignées des Oberlands bernois et valaisan, étaient la cause d'une déviation de la verticale; cette déviation avait sa répercussion sur la mensuration des angles, comme si l'axe vertical du théodolite avait été mal réglé. En reconnaissant pour chaque station la valeur et l'azimut de cette déviation, on pouvait calculer les angles ramenés à un niveau horizontal et corriger ainsi chacune des directions.

Mr. le prof. Rosenmund entreprit les premiers calculs y relatifs, et plus tard Bæschlin, qui remplaça Mathys décédé subitement, les reprit en partie sur d'autres bases. Pour simplifier,

on ne fit les calculs que pour les points situés sur l'axe du tunnel, et pour déterminer, par conséquent, la composante de la déviation perpendiculaire à l'axe du tunnel.

On obtient donc comme influence de la projection déviée dans une direction la valeur

$$\delta'' = \varepsilon'' \operatorname{tg} \alpha$$

où ε est la composante de la déviation et α l'angle vertical.

Les déviations de la verticale portent un signe différent suivant qu'elles sont orientales ou occidentales; elles correspondent exactement à l'inclinaison de l'axe horizontal de rotation, lorsque l'axe du point visé se trouve dans la direction du tunnel.

Pour être absolument certain et pour éprouver l'exactitude du polygone sur terre, l'ingénieur Bæschlin a fait une nouvelle mensuration en été 1908, en se servant d'un théodolite à microscope, et il a mesuré les angles 4 fois en 8 répétitions. Par cette détermination répétée 32 fois, l'erreur moyenne d'un angle pouvait être abaissée à $\pm 0'',38$ et $0'',65$.

Les angles réduits en tenant compte de l'influence de la déviation de la verticale ont été assemblés aux côtés des polygones déduits de la triangulation en un polygone fermé ayant un point terminus fictif, le milieu du tunnel. Le calcul fit constater pour le milieu du tunnel une erreur latérale de 27,6 cm, correspondant à l'erreur de visée sur les points supérieurs, si on admet que le piquetage souterrain était parfaitement exact.

Pour compenser cette erreur, on repoussa le signal First de 50 mm au sud-est, le signal Immenengrat de 68 mm au nord-ouest, de telle sorte que les demi-axes ainsi déviés se rencontrent au milieu de l'axe.

Pour piquer l'axe, on n'eut donc de chaque côté du tunnel qu'à viser depuis les observatoires contre les points d'axe; les deux directions de l'axe devaient tomber exactement sur la même droite. C'est d'après cette méthode que fut exécuté le piquetage intérieur de l'axe du tunnel, jusqu'à ce que tout fut arrêté par la catastrophe des 24 et 25 juillet 1908. (A suivre.)

**Das Obergericht des Kantons Zürich
hat**

nach Einsicht eines Kreisschreibens des Bundesrates an die Kantonsregierungen vom 13. Januar 1911 betreffend die *Grund-*