

Zeitschrift: Schweizerische Geometer-Zeitung = Revue suisse des géomètres
Herausgeber: Schweizerischer Geometerverein = Association suisse des géomètres
Band: 11 (1913)
Heft: 2

Artikel: Le piquetage du tunnel du Loetschberg [Suite]
Autor: [s.n.]
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-182599>

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: 22.01.2025

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

Le piquetage du tunnel du Lötschberg.

(Suite.)

La seconde opération concernant le piquetage d'un tunnel est constituée par le nivellement de précision.

Le tunnel du Lötschberg se trouve à l'intérieur du grand polygone de nivellement de précision Berne-Lausanne-Martigny-Brigue-Furka-Altdorf-Schwyz-Lucerne-Brunig-Thoune-Berne.

Ces divers tronçons ont une longueur totale de 553,3 km, et d'après les calculs de compensation, ils se ferment avec une erreur de 179,4 mm. Ce polygone constitue le plus important cheminement du nivellement suisse et il était utile, par conséquent, de le contrôler par un polygone intermédiaire à travers le Grimsel.

Le double nivellement de ce tronçon a été effectué par un temps pluvieux qui exerce une influence si grande sur les lattes et dont le résultat en fut si défavorable que l'on préféra se baser sur la compensation du réseau tout entier. On ne prescrivait pas encore à cette époque la comparaison journalière des lattes, parce que l'on estimait sur place l'influence des variations brusques de température et d'humidité.

Pour relier le polygone principal au tunnel du Lötschberg, le service topographique procéda au nivellement doublé de deux embranchements; l'un, du côté nord, reliait Spiez à Kandersteg, l'autre, sur le versant sud, reliait Gampel à Goppenstein. Des deux extrémités de ces embranchements, on détermina, au moyen de nivellements spéciaux, les altitudes des observatoires et des points fixes situés à proximité des entrées du tunnel.

Le polygone Spiez-Kandersteg-tunnel du Lötschberg-Goppenstein-Gampel a une longueur d'environ 60 km. Le polygone principal a été nivelé entre 1865 et 1887, le côté Spiez-Kandersteg fut exécuté en 1899, et Gampel-Goppenstein en 1906.

L'erreur kilométrique moyenne dans les tronçons appartenant à la première période n'est pas inférieure à ± 3 mm; pour le tronçon Spiez-Kandersteg, Mr. le professeur Bäschlin évalue cette erreur à $\pm 0,74$ mm, et pour le nivellement fédéral le long de la Lonza entre Gampel et Goppenstein elle est de $\pm 1,73$ mm. Mr. le professeur Bäschlin arrive à une erreur moyenne de fermeture de

$\pm 63,3$ mm

en combinant l'erreur moyenne des tronçons partiels situés au nord et au sud du tunnel du Loetschberg. Cette erreur moyenne de fermeture correspond à une erreur totale triple, de telle sorte qu'en vertu de la théorie des erreurs, abstraction faite de l'absence du nivellement du tunnel, on peut compter sur une erreur d'altitude de 19 cm.

En réalité, cette erreur d'altitude se réduit à 102 mm, soit un peu plus que la moitié de l'erreur maximale.

Comme ce chiffre est compris dans les limites données par la théorie des erreurs, on ne doit pas faire supporter la différence $102 - 63,3 = 38,7$ mm au nivellement du tunnel lui-même; il est même fort probable que ce dernier ne changera que fort peu l'erreur de fermeture.

Le *piquetage intérieur de la partie rectiligne* du tunnel constitue une opération très simple; la seule difficulté réside dans les conditions locales et dans le degré excessif d'exactitude demandée.

L'instrument utilisé était un théodolite sans cercle divisé de Kern & Cie., analogue à celui qui fut employé au Simplon, avec deux niveaux à l'alidade et sur l'axe, une lunette pouvant se retourner; l'axe horizontal interrompu d'un côté, permet de faire arriver la lumière d'une lampe à arc, au moyen d'un miroir incliné à 45° , pour éclairer le réticule et faire ainsi apparaître les fils en noir sur un fond clair.

Les quatre trépieds en fer, très massifs, sont aménagés de telle sorte qu'ils portent un trépied supérieur et une sorte de traîneau pouvant se déplacer perpendiculairement à la direction de l'axe du tunnel.

La position du traîneau pouvait être fixée au moyen d'une échelle en millimètres.

Le trépied supérieur servait alternativement de support du théodolite et de but, de la même manière que dans la mensuration des angles de polygones dans l'intérieur des villes.

Le but était indiqué par une lampe à acétylène placée derrière une plaque de fer-blanc, parfaitement centrée, pourvue de quadrillages réguliers.

Le premier piquetage de l'intérieur du tunnel s'exécute en premier lieu depuis les observatoires. On place le théodolite sur le pilier correspondant, on vise sur Sgl. First ou Goppenstein,

on retourne la lunette, et au moyen de signaux téléphoniques, on place un point exactement, dont on détermine sa position au moyen d'une division millimétrique. Ensuite on déplace l'alidade d'environ 100° , on vise de nouveau Sgl. First, on retourne la lunette et on vise le point dont on détermine encore la position. On répète la même opération quatre fois, on prend la moyenne des déterminations et on considère comme définitive la position ainsi obtenue, que l'on plombe sur des témoins. Ces témoins, cimentés, sont formés par un boulon à tête ronde percé d'un trou; le point peut être placé sur l'axe, mais ce n'est pas indispensable.

Des témoins semblables ont été placés par les ingénieurs des travaux à 100 mètres de distance les uns des autres, pour servir de base aux directions qui leur étaient données.

Pendant le piquetage, il arriva souvent que l'on déterminait tout d'abord, avec une exactitude minutieuse, un point passablement éloigné, sur lequel on s'appuyait ensuite pour déterminer les points plus rapprochés.

La distance normale pour cette opération était de 600 m; une fois cependant on put viser à 2550 mètres; souvent par contre, à cause de l'état défectueux de l'atmosphère, on ne put viser qu'à 400 et même 200 mètres.

A mesure que l'on avançait dans le tunnel, le dernier point déterminé tenait lieu d'observatoire; les directions données par ces deux points servaient de directions de départ pour un piquetage en avant et ainsi de suite.

Les piquetages principaux duraient généralement 24 heures, exceptionnellement 48 heures.

Pendant ces opérations, les travaux étaient suspendus, et avant de procéder aux piquetages, le tunnel était ventilé à fond. En même temps que l'on procédait au piquetage principal, on exécutait un nivellement de précision et le mesurage du tunnel. On pouvait donc diviser le travail en trois parties: piquetage, nivellement et mensuration.

En manière de contrôle, on déterminait à nouveau les témoins lors de chaque opération de piquetage; cette mesure fut aussi considérée comme nécessaire pour pouvoir constater les modifications résultant de forces extérieures ou dans les

sections comprimées, pour constater les mouvements de la montagne entre deux opérations.

C'est ainsi que l'on constata des surélévations de la plateforme.

C'est selon les principes énoncés plus haut que se poursuivirent les opérations de piquetage du tunnel du Loetschberg jusqu'à ce qu'un évènement imprévu vint tout changer et rendre nécessaire une modification du programme de construction.

Le tunnel en ligne droite passait dans sa partie nord sous la vallée de Gastern, enfermée de chaque côté par des montagnes abruptes et terminée par une chaîne perpendiculaire. Cette vallée ressemble donc à un réservoir, comme on en rencontre derrière les murs de correction des torrents, qui se remplit peu à peu de débris de toutes sortes.

La question de savoir si les éboulis arrivaient au même niveau que le tunnel projeté ou même au-dessous fut tranchée négativement par les géologues, et le tracé primitivement rectiligne fut maintenu.

Comme lors de la construction du tunnel du Simplon les suppositions des géologues n'exclurent pas des surprises désagréables qui se manifestèrent au Loetschberg par une catastrophe.

Lorsque les travaux d'avancement furent poussés jusqu'au point où environ 400 mètres plus haut la Kander coule, le tunnel fut envahi par une masse d'eau, de boue et d'éboulis qui se précipita avec une telle violence que la plateforme en fut couverte sur une longueur de plus d'un kilomètre, et que les ouvriers qui travaillaient sur ce tronçon y trouvèrent la mort.

L'entreprise se décida donc d'éviter cette partie dangereuse, en modifiant le tracé, comme le montre la figure 2.

La conséquence de cette modification de tracé fut une complication considérable des travaux de piquetage. Si on pouvait évaluer à un demi-mètre au maximum l'erreur de convergence des axes des deux moitiés du tunnel lorsque l'axe était rectiligne, on pouvait se demander quelle influence une inexactitude sur la longueur totale du tunnel pourrait exercer pour le raccord des deux piquetages.

La seconde droite depuis l'extrémité nord du tunnel forme avec la direction primitive de l'axe un angle $\alpha = 41^{\circ} 33'$; la troisième droite, sur laquelle le raccord doit vraisemblablement

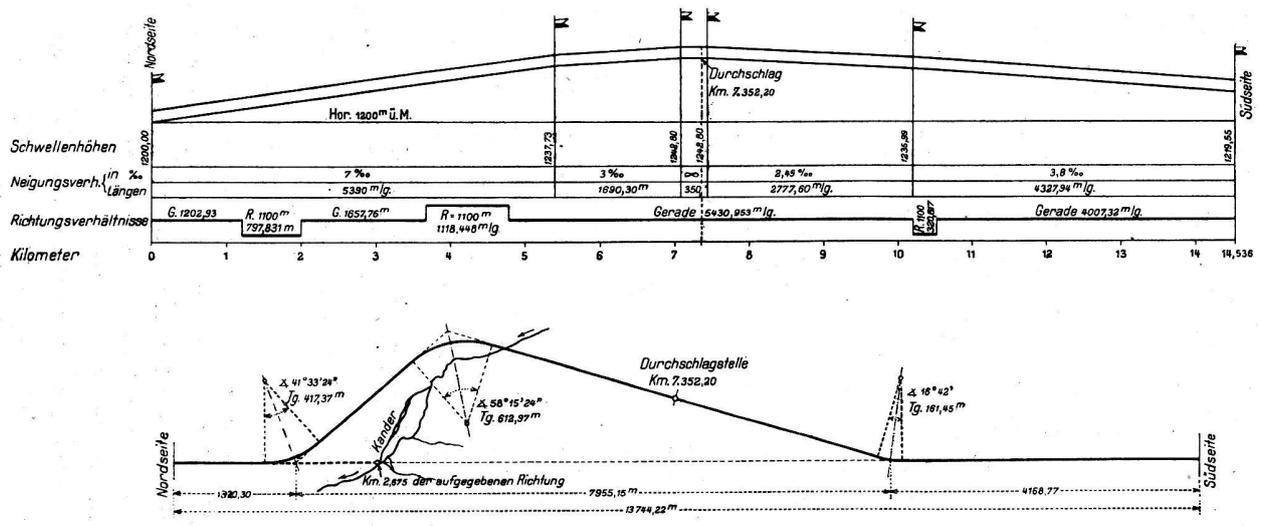


Fig. 2. Profil en long et situation du tunnel du Lötschberg. Longueur 1:100,000.
Hauteurs 1:5000.

s'opérer, un angle $\alpha = 16^{\circ} 42'$. Si l'on suppose dans notre figure qu'une moitié du tracé soit déviée d'une quantité d parallèlement à l'axe primitif, la déviation latérale pour le raccord sera égale à $d \sin. \alpha$, ou

pour la seconde droite, lorsque $d = 1,0 = 0,663$ m,

„ „ troisième „ „ $d = 1,0 = 0,287$ m.

D'après les recherches du professeur Bäschlin, on peut considérer comme acquis que dans le réseau trigonométrique de l'Oberland bernois qui n'est distant de la base d'Aarberg que d'environ 75 km, l'incertitude des côtés ne doit pas dépasser le 1:15,000, ce qui ferait donc 1 mètre pour toute la longueur du tunnel, en y comprenant l'erreur due à la triangulation, erreur qu'on peut considérer comme négligeable.

De la même manière que dans la détermination de la longueur du tunnel par la triangulation, ces erreurs systématiques et accidentelles agissent dans la mensuration directe de cette longueur. Il y a donc lieu de vouer une attention particulière à la comparaison des étalons.

Pour la mensuration, on employa deux lattes en bois de 5 mètres de longueur, dont les extrémités, terminées en forme de cône, entraient en contact perpendiculairement l'une à l'autre. La direction exacte était donnée au moyen d'une ficelle tendue ou en visant dans un théodolite; on mesurait aller et retour des sections d'environ 100 mètres; une heure était nécessaire pour ces deux mensurations, y compris la mise en place des instruments et autres pertes de temps. L'écart moyen de ces deux mensurations fut de 2,2 mm; l'écart maximum de 6,6 mm. On étalonnait en comparateur les lattes avant et après chaque mensuration; chaque extrémité du tunnel comportait un comparateur.

L'étalon comprenait deux mètres en acier fournis par le Bureau fédéral des poids et mesures, dont les extrémités étaient de forme demi-sphérique, et auxquels étaient joints deux coins. D'après les données du professeur Bäschlin, on peut estimer l'erreur moyenne de la détermination de la longueur des lattes, en tenant compte de l'influence de la température sur le bois,

à $\pm 0,2$ mm, soit $\frac{1}{50,000}$ pour une paire de lattes.

Le piquetage du tunnel se compliquait considérablement dans les courbes, par le fait que les distances entre stations étaient très réduites; il fallait donc d'autant plus soigneusement mesurer les angles, centrer l'instrument et les points de visée.

On employa dans ce but un théodolite à un axe avec microscope de Hildebrand, sur le tambour duquel on pouvait lire directement 2 secondes ancienne division et apprécier 0,2 secondes.

Mr. le professeur Bäschlin donne comme erreur moyenne d'un angle lu dans les deux positions de la lunette, la valeur de $\pm 0,84''$, ce qui constitue un brillant résultat.

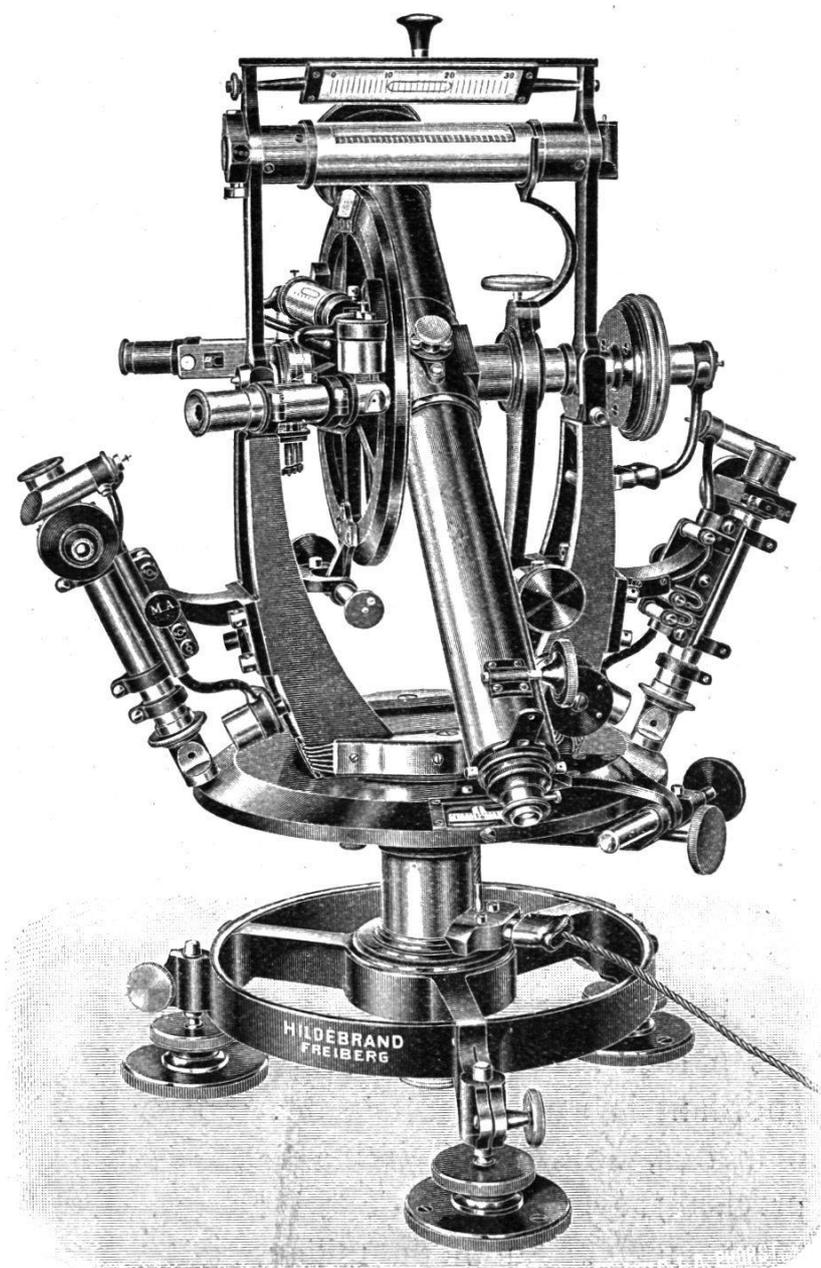


Fig. 3. Théodolite à un axe avec microscope et lumière électrique.

L'erreur de division moyenne était garantie par la fabrique comme ne dépassant pas 0,4 secondes.

Le piquetage fut donc exécuté comme il a été exposé plus haut, en y ajoutant la mensuration des angles; les témoins furent identiques; la mensuration des angles se fit dans les deux positions de la lunette et aux quatre positions de la division 0° , 45° , 90° et 135° , donc on obtint chaque fois quatre doubles mensurations.

Le piquetage répété des courbes montra bien vite que le passage des rayons lumineux trop rapproché de la paroi du tunnel avait comme conséquence une réfraction latérale, dont l'influence excédait l'erreur des mensurations des angles.

Ces réfractions dépendaient également de l'inégalité de la ventilation du tunnel pendant les opérations. Il y avait lieu cependant d'admettre que de telles erreurs se compenseraient en majeure partie, par le fait que la courbure des deux premières courbes allait en sens contraire.

Les conditions d'altitude du tunnel ont été provisoirement déterminées par les ingénieurs des travaux, puis contrôlées par un nivellement de précision lors de chaque piquetage important, fait à double depuis le dernier témoin nivelé jusqu'au témoin nouvellement déterminé.

On nivelait ainsi à des distances de 50 mètres, au moyen d'un petit niveau de précision de Kern et d'une latte de deux mètres divisée en centimètres; les centimètres peints en blanc étaient de nouveau divisés en millimètres.

Le niveau était vérifié soigneusement lors des visées avant et arrière; la lecture au fil horizontal avait lieu deux fois pour éviter les erreurs grossières. Les lattes étaient éclairées au moyen d'une forte lampe à acétylène munie d'un réflecteur.

L'erreur kilométrique moyenne de ces doubles nivellements, déduite de la totalité des opérations, est de $\pm 1,59$ mm.

Dans les parties achevées du tunnel, on aménagea dans le mur ouest bordant la rigole centrale des repères de nivellement tous les 50 mètres, dont on détermina l'altitude par un nivellement de précision avec visées de 25 mètres. La lecture fut effectuée non seulement au fil du milieu, mais encore aux deux fils symétriques, et l'on apprécia jusqu'au $\frac{1}{10}$ de millimètre.

Au point de rencontre, on constata les différences suivantes:

Dans le nivellement 102 mm,
dans la longueur 41 cm,
dans la direction 257 mm.

L'évaluation de la valeur maximale de ces erreurs avait donné des chiffres plus importants.

Lorsqu'on tient compte des grandes difficultés à vaincre et des incertitudes dans la triangulation fédérale et dans le nivellement suisse de précision, on peut considérer comme brillants les résultats du raccord des deux parties du tunnel, résultats qui font honneur au directeur des travaux de piquetage et à ses aides.

St.

Die Justierung der neuen Zeiss-Nivellierinstrumente I und II.

Vor ca. vier Jahren sind die ersten Zeiss-Nivellierinstrumente in unserer Fachwelt mit Sympathie und Anerkennung aufgenommen worden. Ihre Vorzüge in einfacher und zeitsparender Handhabung, sowie grösserer Genauigkeit gegenüber bisherigen Konstruktionen und eine nicht gewöhnliche Theorie der Korrektion, rechtfertigen eine eingehende Beschreibung darüber zu geben.

Aus der Abbildung von Nivellierinstrument I konstatieren wir folgenden wesentlichen Aufbau:

Verbindung mit dem Stativ durch Steckhülsenbefestigung und Arretierschraube.

Allgemeine Vertikalstellung der Vertikalaxe durch Dosenlibelle mittels dreier Stellschrauben, deren Bewegungen von der Befestigung des Instrumentes am Stativ unabhängig sind.

Horizontalstellung der Zielaxe (resp. Einspielen der Nivellierlibelle) für *jede einzelne Visur* mittels der Kippschraube (Elevationsschraube),

oder:

Allgemeine Horizontierung durch Erfüllung der Forderung: Libellenaxe senkrecht Vertikalaxe, in bekannter Weise, wie bei bisherigen Konstruktionen, durch Einspielen der Libelle in der Richtung zweier Stellschrauben, drehen um 180° und