

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société vaudoise des ingénieurs et des architectes  
**Band:** 12 (1886)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Le nivellement de précision de la Suisse  
**Autor:** Guisan, René  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-12935>

### **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:** 16.01.2026

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

Nous demandons donc en terminant la nomination d'une commission chargée d'examiner le travail de M. Schindler-Escher intitulé : *Klein, aber mein*.

Yverdon, 15 février 1886.

JOHN LANDRY.

## LE NIVELLEMENT DE PRÉCISION DE LA SUISSE

par RENÉ GUIZAN, ingénieur.

(Suite.)

### Méthodes d'opération.

Pour des nivellements de précision, la seule méthode pratique est celle du nivellement depuis le milieu, parce qu'elle rend les résultats indépendants non seulement des erreurs instrumentales, mais aussi de l'influence de la dépression de l'horizon et de la réfraction; aussi l'a-t-on employée exclusivement.

Les coups de niveau se donnent aux distances suivantes :

- 1° Sur les chemins de fer à faibles pentes . . à 100 m.
- 2° Id. . . . . à fortes pentes . . à 50-80 m.
- 3° Sur les grandes routes de la plaine . . . à 30-60 m.
- 4° Sur les routes de montagne . . . . . à 10-25 m.

Chaque matin et chaque soir l'ingénieur détermine les trois erreurs instrumentales, soit : a/ la collimation de l'axe optique; b/ le défaut de parallélisme entre l'axe de figure et l'axe optique de la lunette, provenant de l'inégalité des tourillons; c/ l'erreur du niveau.

Une fois la lunette horizontale, l'observation se fait en lisant la position de chacun des trois fils sur la mire, en appréciant les millimètres et leur fraction le cas échéant; puis l'ingénieur vérifie le chiffre lu des centimètres pour s'assurer qu'il n'a pas fait d'erreur de notation dans son carnet, enfin il note une seconde fois la lecture du niveau avant d'enlever l'instrument.

On avait fixé la longueur à niveler par jour à 3 km. en moyenne sur les lignes de chemins de fer et à 2 km. sur les routes de plaine. Tous les kilomètres on plaçait un repère secondaire et dans les localités importantes ou à certains points particuliers on posait un repère fondamental en bronze.

Comme, indépendamment des erreurs inévitables d'observation, une opération, telle qu'un nivellement, est exposée à des erreurs fortuites de lecture, d'écriture ou de réduction, qui exigent des précautions spéciales, la commission avait-elle décidé de séparer complètement l'observation du calcul. Aussi chaque soir l'ingénieur faisait la copie exacte et collationnée des observations du jour et au premier bureau de poste il envoyait ses feuilles d'observations détachées du carnet à l'observatoire de Neuchâtel, et lorsqu'il recevait l'accusé de leur réception, il envoyait les copies à l'observatoire de Genève, où l'on réduisait et calculait les observations, en leur faisant subir la correction due aux trois erreurs instrumentales dont nous avons parlé; puis on calculait la réduction de la moyenne des trois fils au fil du milieu et enfin, par les chiffres donnant la lecture de la graduation du niveau, la correction à apporter aux lectures de la mire, soit à cause de l'inclinaison, soit à cause des erreurs instrumentales. Tous ces calculs faits indépendamment et à double à Neuchâtel et à Genève étaient collationnés et refaits s'il y avait désaccord dans les résultats.

Il est encore une correction très importante due à la variabilité des mires. Celles-ci étaient vérifiées plusieurs fois par un

avec l'étalon de Berne et pendant toute la durée du nivellement soit de 1865 à 1882 (les déterminations postérieures n'étant pas encore données), on a trouvé que pour la mire I, un mètre avait varié entre 1<sup>m</sup>000493 en 1868 et 1<sup>m</sup>000845 en 1873, pour la mire II, entre 1<sup>m</sup>000131 en 1868 et 1<sup>m</sup>000491 en 1874. On a donc calculé les altitudes avec le coefficient correspondant à l'époque du nivellement. Hâtons-nous de dire que ces valeurs ne sont pas définitives, puisqu'il faudra les corriger du facteur qui résultera de l'étalonnage de la règle de Berne avec l'étalon du bureau international des poids et mesures, afin de les exprimer finalement toutes en unités métriques exactes.

Les variations des mires ne s'expliquent nullement par l'influence seule de la température, elles ne sont pas non plus proportionnelles aux intervalles de temps compris entre les différentes comparaisons. En outre les deux mires ont une variation moyenne différente, soit  $\frac{1}{7}$  environ, elle est de 0<sup>mm</sup>063 pour la mire I et de 0<sup>mm</sup>072 pour la mire II, quoique toutes deux aient été faites par le même artiste, à la même époque et par les mêmes procédés. Le bois n'est-il pas identique, la couche de peinture à l'huile qui les recouvre est-elle moins épaisse, ou y a-t-il une autre cause difficile à deviner? c'est ce qui est impossible de dire, d'autant plus que nous ignorons encore les lois qui président à la dilatation du bois.

Ces faits sont une preuve des soins extrêmes qu'il faut apporter à la construction des mires, puisque leur constance est une des conditions essentielles à la réussite d'un nivellement de précision.

Disons encore, avant de quitter ce sujet, que l'humidité ne semble pas influencer sur la longueur des mires, car pour la mire I on a trouvé la plus faible longueur par des jours de pluie et pour la mire II la plus faible longueur par un temps très sec (hygromètre à 0,57).

Nous ne pouvons, dans le cadre de cette notice, examiner un sujet très intéressant, le calcul de la compensation des erreurs, d'un réseau hypsométrique qui a été abordé pour la première fois par MM. Hirsch et Plantamour. Le but qu'on se propose est de trouver pour chacun des côtés qui entrent dans ce réseau, la correction qu'il faut apporter à la différence d'altitude trouvée directement par le nivellement entre ses extrémités pour que tous les polygones dont ce côté fait partie se ferment exactement, mais ce chapitre trop spécial nous entraînerait trop loin à travers de nombreuses formules trop arides. Il en serait de même pour les recherches sur les erreurs de clôture des polygones. Voyons maintenant les résultats obtenus<sup>1</sup>.

### Vérification des nivellements.

Un nivellement peut se vérifier par deux méthodes :

- 1° par double nivellement;
- 2° par clôture de polygones.

1° *Doubles nivellements.* C'est évidemment la méthode la plus sûre, mais elle a l'inconvénient d'être plus longue et par conséquent plus coûteuse, toutefois elle a été largement employée dans le nivellement de la Suisse (le 56 % de la longueur totale nivelée).

<sup>1</sup> Voir pour cette question le Mémoire que nous avons publié dans le N° de décembre 1883, de la Société des ingénieurs civils de Paris.

Le tableau suivant donne pour 30 lignes leur longueur, l'écart entre les deux nivellements, l'erreur par kilomètre, la différence de niveau entre les points extrêmes.

#### A. Lignes favorables.

| DÉSIGNATION DES LIGNES   | Différence de niveau | Longueur | Ecart des deux nivellements | Erreur par km. |
|--------------------------|----------------------|----------|-----------------------------|----------------|
|                          | m.                   | km. m.   | m.                          | m.             |
| 1. Stein-Bâle .....      | 47                   | 29,662   | 0,0129                      | 0,00043        |
| 2. Bienne-Tavannes ....  | 318                  | 15,426   | 0,0100                      | 0,00062        |
| 3. Süss-Martinsbrück...  | 392                  | 38,939   | 0,0362                      | 0,00092        |
| 4. Genève-Morges .....   | 2                    | 49,830   | 0,0040                      | 0,00008        |
| 5. Neuchâtel-Bienne .... | 5                    | 30,932   | 0,0000                      | 0,00000        |
| 6. Bienne-St-Imier ....  | 372                  | 28,778   | 0,0080                      | 0,00027        |
| 7. Bienne-Berne .....    | 101                  | 40,122   | 0,0490                      | 0,00122        |
| 8. Berne-Fribourg .....  | 47                   | 31,499   | 0,0110                      | 0,00036        |
| 9. Aarbourg-Brugg .....  | 61                   | 36,378   | 0,0068                      | 0,00018        |
| 10. Aarbourg-Berne ..... | 132                  | 65,821   | 0,0507                      | 0,00077        |
| 11. Bâle-Bienne .....    | 200                  | 88,985   | 0,0580                      | 0,00065        |
| 12. Cully-Brigue .....   | 307                  | 143,726  | 0,1937                      | 0,00134        |
|                          |                      | Moyenne  |                             | 0,00057        |

#### B. Lignes défavorables.

| DÉSIGNATION DES LIGNES                                       | Différence de niveau | Longueur | Ecart des deux nivellements | Erreur par km. |
|--|----------------------|----------|-----------------------------|----------------|
|  | m.                   | km. m.   | m.                          | m.             |
| 1. Brigue - Hospice du Simplon .....                         | 1324                 | 22,748   | 0,2219                      | 0,00977        |
| 2. Brienz-col du Grimsel .....                               | 1605                 | 41,867   | 0,3459                      | 0,00824        |
| 3. Col du Grimsel-glacier du Rhône .....                     | 461                  | 3,509    | 0,0518                      | 0,01500        |
| 4. Glacier du Rhône-Brigue .....                             | 1031                 | 47,886   | 0,1488                      | 0,00310        |
| 5. Chiavenna-Maloja ....                                     | 1485                 | 31,431   | 0,0251                      | 0,00080        |
| 6. Thusis-village de Splügen .....                           | 740                  | 25,891   | 0,0211                      | 0,00807        |
| 7. Village de Splügen-col du Splügen ....                    | 658                  | 8,558    | 0,0104                      | 0,00120        |
| 8. Col du Splügen-Campodolcino .....                         | 1010                 | 15,986   | 0,0641                      | 0,00400        |
| 9. Campodolcino - Chiavenna .....                            | 783                  | 12,771   | 0,0210                      | 0,00161        |
| 10. Lucerne-Schwytz - col du Gothard .....                   | 1662                 | 103,793  | 0,0664                      | 0,00064        |
| 11. Col du Gothard-Bellinzona-Locarno .....                  | 1910                 | 90,828   | 0,0881                      | 0,00096        |
| 12. Locarno - Santa Maria Maggiore-Domo-col du Simplon ..... | 1808                 | 103,871  | 0,1525                      | 0,00146        |
| 13. Col du Simplon-Brigue .....                              | 1325                 | 22,151   | 0,2219                      | 0,00101        |
| 14. Schwytz-Rothenthurm .....                                | 413                  | 13,656   | 0,0157                      | 0,00114        |
| 15. Rothenthurm-Zürich .....                                 | 526                  | 49,659   | 0,0614                      | 0,00122        |
| 16. Reichenau-Thusis ....                                    | 117                  | 15,729   | 0,0096                      | 0,00061        |
| 17. Nyon-la Cure .....                                       | 786                  | 22,553   | 0,0269                      | 0,00120        |
| 18. Bellinzona-Monte Cenero .....                            | 318                  | 12,986   | 0,0173                      | 0,00130        |
|  |                      | Moyenne  |                             | 0,00340        |

2° *Clôture de polygones.* Une seconde méthode de vérification est celle de la clôture de polygones. On prend une série de lignes contigües combinées de telle sorte qu'on revient au point de départ. Pour qu'un polygone se ferme exactement, il faut retrouver la cote de départ. C'est un idéal théorique, mais l'erreur de clôture qu'on trouve permet de se rendre compte de l'exactitude du nivellement, surtout si l'on fait entrer la même ligne dans une série de polygones différents, ce qui permet de s'assurer de son exactitude; on voit alors quelle est la ligne mauvaise et qui fausse le résultat de clôture, et on la fait dans ce cas niveler une seconde fois.

On a admis pour valeur de l'erreur théorique :  $0,0003 \sqrt{k}$ ,  $k$  étant la longueur du polygone.

Nous donnons à la page suivante un tableau du résultat de clôture de quelques polygones, avec l'erreur réelle et l'erreur théorique.

Il importe de rappeler que, soit pour les doubles nivellements, soit pour les polygones, il ne s'agit encore que de chiffres provisoires qui seront modifiés par le calcul définitif de la compensation des erreurs et les coefficients à appliquer à la longueur des mires. On pourra toutefois se rendre compte de l'exactitude du travail déjà sous sa première forme.

Parmi les causes d'erreurs qui peuvent affecter un nivellement, et dont il convient de tenir compte dans un nivellement de précision, il faut citer le *tassement du niveau* qui peut se produire pendant une opération si le terrain n'est pas absolument résistant. Ce tassement a pour effet de donner pour la cote *avant* un chiffre un peu *plus faible* que si le tassement n'avait pas eu lieu. Il en résultera qu'en *montant*, c'est-à-dire en partant d'une vallée pour atteindre un col, on trouvera une différence de niveau *trop forte*. Si, au contraire, on part d'un col pour gagner le fond d'une vallée, le coup *avant trop faible* donnera une différence de niveau *trop faible*.

Pour vérifier cette supposition, nous avons relevé parmi les doubles nivellements franchissant un col, faits à double et en sens contraire les différences de niveau trouvées. En voici les résultats :

| LIGNES NIVELÉES                         | DIFFÉRENCES DE NIVEAU |               | Différence en moins à la descente |
|---|-----------------------|---------------|-----------------------------------|
|   | en montant            | en descendant |                                   |
|   | m.                    | m.            | m.                                |
| Brigue-hospice du Simplon .....         | 1324,6168             | 1324,3949     | 0,2219                            |
| Brienz-col du Grimsel .....             | 1605,6583             | 1605,3124     | 0,3459                            |
| Glacier du Rhône-col du Grimsel .....   | 460,7819              | 460,7301      | 0,0518                            |
| Villeneuve-Brigue .....                 | 316,4533              | 316,2915      | 0,1617                            |
| Brigue-glacier du Rhône .....           | 1030,9510             | 1030,8022     | 0,1488                            |
| Bienne-Tavannes .....                   | 318,1305              | 318,1205      | 0,0100                            |
| Chiavenna-Maloja .....                  | 1484,7842             | 1484,7591     | 0,0251                            |
| Bellinzona-Monte Cenero .....           | 318,4328              | 318,4145      | 0,0173                            |
| Thusis-village de Splügen .....         | 739,6601              | 739,6390      | 0,0211                            |
| Village de Splügen-col du Splügen ..... | 658,1791              | 658,1687      | 0,0104                            |
| Col du Splügen-Campodolcino .....       | 1010,4735             | 1010,4494     | 0,0241                            |
| Campodolcino-Chiavenna .....            | 783,4260              | 783,4050      | 0,0210                            |
| Süss-Martinsbrück .....                 | 391,9169              | 391,8807      | 0,0362                            |

On voit qu'à la descente on a toujours des différences en *moins*, ce qui, *a priori*, semble confirmer notre supposition.



## Résultats de clôture de polygones.

| POLYONES   | Longueur | Erreur de clôture | Erreur théorique |
|--|----------|-------------------|------------------|
|  | km. m.   | m.                | m.               |
| 1. Gare du Central à Bâle-pont du Rhin-porte St-Alban-gare badoise et du Central ..                                  | 4,923    | 0,002             | 0,007            |
| 2. Morges-Neuchâtel-Fribourg-Lausanne-Morges .....   | 195,695  | 0,0105            | 0,042            |
| 3. Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Neuchâtel .....   | 145,758  | 0,0127            | 0,033            |
| 4. Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Bienne .....   | 287,146  | 0,0142            | 0,051            |
| 5. Morges-Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Morges .....   | 255,043  | 0,0235            | 0,048            |
| 6. Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Neuchâtel .....   | 380,456  | 0,0978            | 0,059            |
| 7. Morges-Bienne-Bâle-Berne-Fribourg-Morges .....  | 461,892  | 0,0873            | 0,064            |
| 8. Hospenthal-Lucerne-Aarbourg-Lausanne-Brigue-Hospenthal .....  | 539,500  | 0,1115            | 0,070            |
| 9. Berne-Aarbourg-Brugg-Stein-Bâle-Bienne-Berne .....  | 287,093  | 0,1072            | 0,051            |
| 10. Hospenthal-Locarno-Domodossola-Brigue-Hospenthal .....   | 314,257  | 0,1224            | 0,053            |
| 11. Hospenthal-Brigue-Morges-Berne-Aarbourg-Lucerne-Hospenthal .....   | 587,640  | 0,1227            | 0,070            |
| 12. Aarbourg-Lucerne-Schwytz-Pfäffikon-Zürich-Brugg-Aarbourg .....   | 230,053  | 0,0711            | 0,048            |
| 13. Bellinzona-Locarno-Domodossola-Chiasso-Bellinzona .....  | 262,270  | 0,0533            | 0,049            |
| 14. Sargans-Reichenau-Hospenthal-Bellinzona-Chiasso-Chiavenna-Sargans .....  | 540,780  | 0,1309            | 0,070            |
| 15. Chiavenna-Chiasso-Domo-Brigue-Morges-Fribourg-Berne-Aarbourg-Brugg-Zürich-Pfäffikon-Sargans-Süss-Chiavenna ..... | 963,220  | 0,1079            | 0,093            |
| 16. Hospenthal-glacier du Rhône-Brienz-Lucerne-Schwytz-Hospenthal .....  | 238,500  | 0,0988            | 0,046            |
| 17. Glacier du Rhône-Morges-Berne-Brienz-glacier du Rhône .....  | 439,900  | 0,1000            | 0,063            |
| 18. Landquart-Reichenau-Splügen-Chiavenna-Süss-Landquart .....   | 261,140  | 0,0084            | 0,048            |
| 19. Zürich-Pfäffikon-Sargans-Steckborn-Zürich .....  | 275,000  | 0,0286            | 0,051            |
| 20. Schwytz-Pfäffikon-Sargans-Reichenau-Andermatt-Schwytz .....  | 269,650  | 0,0481            | 0,050            |

Nous savons que l'effet du tassement est l'objet des études de M. Hirsch et qu'il publiera prochainement les résultats de ses recherches. (A suivre.)

## L'INDUSTRIE DES ANTHRACITES AUX ÉTATS-UNIS

par CH. DE SINNER, ingénieur.

(Quatrième article.)

## L'épuisement prochain des mines d'anthracite.

La question de l'épuisement des houillères a été souvent discutée en Europe, en Angleterre surtout. Certains enthousiastes de l'électricité parlent d'un cœur léger de cette éventualité, voyant déjà l'ère électrique réalisée, soit par la pile économique, soit par l'utilisation générale des forces naturelles au moyen de la transmission électrique. Cette dernière a fait des progrès sérieux. Elle peut rendre des services considérables dans des cas particuliers ; mais elle ne constitue pas une solution générale, toujours praticable et économique. De même la pile bon marché qui remplacerait tout autre moteur, est encore à trouver. En attendant, il est permis de croire que l'industrie aura besoin de combustibles pendant bien des siècles encore.

Les chiffres cités au commencement de ce mémoire (auxquels viendront s'ajouter un jour ceux de la Chine et d'autres régions inexplorées jusqu'ici) montrent que le globe dans son ensemble a encore pour longtemps du charbon à brûler. Toutefois il n'est pas indifférent pour une nation industrielle de trouver ses combustibles sur son propre territoire, en pays civilisé, ou de devoir les chercher au loin en pays sauvage, ou bien enfin d'être à la merci d'autres nations plus favorisées.

On a souvent répété et publié que deux siècles au plus suffiraient à l'épuisement de toutes les houillères anglaises. Une

enquête officielle récente a établi que la Grande-Bretagne (la métropole seule, sans les colonies) avait encore de la houille pour douze siècles. Il est vrai que cette enquête comprenait toutes les couches d'une épaisseur supérieure à 30 cm. et situées à une profondeur inférieure à 1200 mètres. Or, longtemps avant que les Anglais se décident à exploiter des couches aussi minces et à de pareilles profondeurs, le charbon anglais subira une hausse qui pourrait bien nuire à son prestige<sup>1</sup>, à sa domination universelle.

Les Etats-Unis, avec leur demi-milliard de kilomètres carrés de superficie houillère (ou quatre fois autant que celle de tous les autres pays connus), paraissent affranchis de tout souci de ce genre. Mais la question change de face si l'on considère séparément les états voisins de l'Atlantique, les plus peuplés et les plus avancés en civilisation, lesquels consomment presque exclusivement de l'anthracite. Nous avons vu, en effet, que la tonne de ce combustible, quoique sa valeur soit presque double sur le carreau de la mine, se paie moins cher sur le grand marché de New-York que la houille de bonne qualité, renchérie par le transport. Ces états de l'est, et surtout la Pensylvanie qui produit l'anthracite, ont ainsi tout intérêt à retarder l'épuisement d'un combustible d'une valeur aussi considérable, après lequel ils se verraient réduits à brûler un charbon plus cher, en même temps que de qualité très inférieure. Ce serait la ruine de beaucoup d'industries métallurgiques et autres, ou du moins leur déplacement vers l'ouest, qui ne saurait être indifférent aux populations industrielles des bords de l'Atlantique. Aussi les chambres de l'état de Pensylvanie ont-elles demandé au conseil du Survey géologique une enquête spéciale devant porter

<sup>1</sup> Malgré cette enquête officielle, l'opinion pessimiste paraît reprendre le dessus. La *Nature* de Paris a ignoré tout récemment aux charbonnages anglais une durée de 215 ans au plus.