

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. 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: 13.03.2025

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 GUISSAN, 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^m000493 en 1868 et 1^m000845 en 1873, pour la mire II, entre 1^m000131 en 1868 et 1^m000491 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^{mm}063 pour la mire I et de 0^{mm}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 obtenus¹.

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).

¹ 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		Ecart des deux nivellements	Erreur par km.
	m.	km. 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		Ecart des deux nivellements	Erreur par km.
	m.	km. 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....	417	15,729	0,0096	0,00061
17. Nyon-la Cure	786	22,553	0,0269	0,00120
18. Bellinzona-Monte Cenere	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 contigues 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.	
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 Cenere	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	0,0641
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.

POLYGONES	Longueur		Erreur	Erreur
	km.	m.	de clôture	théorique
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 inexploitées 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 prestige¹, à sa domination universelle.

Les États-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

¹ 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.