Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Band: 7 (1864-1867)

Artikel: Sur les opérations du nivellement fédéral de précision exécutées dans le canton de Neuchâtel

Autor: Hirsch, A.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88031

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: 02.07.2025

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

SUR LES OPÉRATIONS

DU

NIVELLEMENT FÉDÉRAL DE PRÉCISION

exécutées dans le canton de Neuchâtel.

Communiqué à la Société des sciences naturelles de Neuchâtel, dans ses séances du 23 novembre et du 21 décembre 1865,

par le Dr A. HIRSCH.

Dans la dernière séance de ce printemps, j'ai eu l'honneur de montrer à la Société l'instrument de M. Kern, d'Arau, destiné au nivellement de précision; j'ai expliqué sa construction, la méthode d'observation et la précision qu'il comporte.

La commission géodésique, dans sa séance du 18 juin 1865, a ratifié mes propositions au sujet du nivellement, a commandé un second instrument, semblable au premier, chez M. Kern, et nous a chargés, M. Plantamour et moi, de diriger les opérations. (Voir le procès-verbal de la quatrième séance de la commission géodésique, page 158 de ce vol.)

Permettez que je vous donne aujourd'hui quelques détails sur ces opérations, qui confirmeront la précision remarquable de la méthode employée, et sur leurs résultats qui se ratta-

chent à plusieurs questions, souvent débattues dans notre Société, comme par exemple l'altitude du môle de Neuchâtel, la différence de hauteur entre Neuchâtel et Chaumont, etc.

Soit pour former nos ingénieurs, soit à cause des difficultés particulières que le nivellement direct rencontre dans les montagnes, nous avons tenu à exécuter nous-mêmes la partie entre Chaumont et Chasseral. Nous avons commencé le 9 juillet, en suivant la crête de Chaumont jusqu'à Chuffort et montant ensuite sur le Chasseral du côté du nord par la métairie de Dombresson, parce que du côté sud une forêt presque vierge empêchait le passage. Dans cette dernière partie, la pente était souvent si raide, qu'il fallait procéder en zig-zag, et lorsque des défilés étroits le rendaient impossible, nous étions quelquefois obligés de rapprocher la mire jusqu'à 5 mètres. Sur la crête du Chasseral, le temps qui jusqu'alors nous avait été favorable, nous a gêné beaucoup, surtout la violence du vent. Malgré ces difficultés, nous avons lieu d'être très-contents des résultats obtenus, comme vous pourrez vous en convaincre.

J'avais posé en principe que, pour avoir un contrôle suffisant, chaque section devait ou bien faire partie d'un polygone, ou être nivelée à double. La section Chaumont-Chuffort fait partie du polygone du Val-de-Ruz; mais la section Chuffort-Chasseral a dû être nivelée à double, une fois en montant et l'autre fois en descendant. Ces deux opérations s'accordent jusqu'à 5 centimètres près, dont on obtient le Chasseral plus élevé qu'en descendant. Cette différence provient probablement de la nature du sol; car il fallait passer souvent sans chemin sur des pâturages formés par un gazon long, mou et élastique, dans lequel la plaque qui portait la mire pouvait s'enfoncer d'une petite quantité sous la pression prolongée de la mire. Cet abaissement est naturellement plus fort lorsque la mire sert pour la station en arrière qui suit toujours de quelques minutes le coup de niveau précédent, pour lequel elle servait de station en avant. Il en résulte que, par suite de ce tassement, on doit trouver une trop forte différence de niveau positive en montant, et une trop faible différence négative en descendant. Il suffit de supposer un tassement d'un

quart de millimètre environ, entre la lecture faite avant et après le retournement de la mire, pour expliquer la différence de 5 centimètres, et, chose essentielle, *cette cause d'erreur disparaît dans la moyenne des deux opérations de montée et de descente.* — Je vois la preuve de cette explication, dans le fait que, pour la section Chuffort-Pâquier, où il a fallu passer également en partie sur du gazon de cette nature, nous avons trouvé une semblable différence de 4 centimètres et demi entre le résultat de la montée et de la descente, tandis que les sections de Chaumont-Pierrabot et de Pâquier-Dombresson, où l'on a opéré tout le long sur une chaussée, ne montrent que des différences de 7 millimètres, et cela, pour la première, en sens inverse.

Que le procédé et l'instrument employés comportent, en général, une très-grande exactitude, on peut s'en convaincre par la précision remarquable avec laquelle se ferment les deux grands polygones, au moyen desquels nous avons rattaché le Chasseral à Neuchâtel et au réseau français. Depuis Chuffort, notre ingénieur, M. Benz, est descendu au Pâquier, en répétant plus tard cette section dans la direction inverse. Depuis le Pâquier on est allé d'abord par le Val-de-Ruz, Dombresson, Savagnier, Fenin et Valangin à Pierrabot, et depuis là, en suivant la route de Chaumont, on est revenu au point de départ. Après la réduction des observations (et je remarque ici que tous les calculs se font à double et indépendamment aux deux observatoires par nos aides, et que, dans des conférences, nous les confrontons et en établissons les résultats), le polygone du Val-de-Ruz, qui a un développement de $34^{k},5$ se ferme avec une erreur de $15^{mm},4$.

Une compensation encore plus complète des petites erreurs d'observation se trouve dans l'autre polygone, qui depuis le Pâquier va par Saint-Imier à la Chaux-de-Fonds, et depuis là par la Vue-des-Alpes et les Geneveys revient à Pierrabot. Ce contour, d'une étendue de $59_{k},4$, se ferme avec une erreur de 6 millimètres.

J'admets sans doute qu'une pareille exactitude doit être attribuée en partie au hasard, dans ce sens qu'il a voulu que toutes les petites erreurs d'observation se compensassent si

étroitement. Mais il faut dire aussi que la probabilité d'une telle compensation constitue précisément un des grands avantages de la méthode, et que les résultats cités montrent, en tout cas, qu'il est possible de niveler ainsi une centaine de kilomètres avec une erreur de 2 centimètres environ.

Une exactitude tout à fait pareille a été obtenue aussi dans le nivellement, qui depuis la Chaux-de-Fonds a été conduit le long du chemin de fer au Locle et depuis là par les Brenets à Morteau, station de raccordement avec le réseau français, où nous avons posé un de nos repères suisses, que les ingénieurs français ne manqueront pas de comprendre dans leur ligne de nivellement. De pareils repères en bronze ont été placés dans toutes les stations principales, comme à Neuchâtel, où un se trouve dans le socle de la colonne météorologique et un autre à la gare, au signal de Chaumont, sur le Chasseral, au Pâquier, Saint-Imier, Chaux-de-Fonds et au Locle. Cimentés dans le rocher ou dans le socle des bâtiments publics, ce sont des repères qui serviront pour longtemps comme points de départ et de raitachement pour tous les nivellements de détail. — Je n'ai pas besoin de dire que la section Chaux-de-Fonds-Morteau a été répétée dans le sens inverse; les deux résultats s'accordent à $14^{mm},5$ et cela sur une longueur de parcours de 47 kilomètres.

Pour fixer les idées sur le degré remarquable d'exactitude que nos opérations atteignent, j'ai réuni dans un tableau soit les polygones, soit les sections nivelées à double, en indiquant, pour les premiers, l'erreur de clôture, et, pour les autres, les différences entre les résultats d'aller et de retour, et en ajoutant toujours la longueur de la ligne de nivellement. En supposant les écarts proportionnels à la racine carrée du nombre de kilomètres parcourus, on peut trouver, pour chaque section, l'erreur commise par kilomètre. Voici ce tableau :

Polygones et Sections	Erreur de clôture.	Longueur du parcours	$\sqrt{k}$	Erreur par kilomètre.
	mm.	kilom.		
1. Polygone : Pâquier-St-Imier-Chaux-de-Fonds-Val-de-Ruz-Pâquier .	5,8	59,4	7,7	0,8
2. Polyg. : Chaumont-Chuffort-Pâquier-Pierrabot-Chaumont	15,4	34,5	5,9	2,6
3. Chaux-de-Fds-Locle-Morteau-Chaux-de-Fonds	14,5	46,6	6,8	2,1
4. Chaumont-Pierrabot-Chaumont . .	7,4	10,0	3,2	2,3
5. Pâquier-Dombresson-Pâquier . .	7,1	9,2	3,0	2,4
6. Chaumont-Hôtel-Signal-Hôtel . .	4,6	2,4	1,6	2,9
Moyenne				1,96
7. Chuffort-Chasseral-Chuffort . . .	51,8	14,3	3,7	14,0
8. Chuffort-Pâquier-Chuffort . . .	45,8	7,1	2,7	22,9
Moyenne générale				4,41

La moyenne générale pour tous ces nivellements, embrassant une étendue de 188 kilomètres, donne pour l'erreur par kilomètre le chiffre $4^{mm},41$. Mais, si l'on en sépare les deux dernières sections, pour lesquelles, d'après ce que nous avons expliqué, la nature particulière du sol a occasionné une différence constante entre la montée et la descente, de sorte que l'écart entre ces deux résultats, qui disparaît dans la moyenne, ne peut plus être envisagé comme mesure d'exactitude, *alors on obtient, pour erreur moyenne par kilomètre, le chiffre* $1^{mm},96$; l'incertitude des résultats n'atteint, pour les différents polygones et sections, pas même un demi centimètre, bien que, pour la plupart des sections, les différences de niveau fussent très-considérables.

On voit que l'exactitude de ces opérations dépasse encore celle que j'avais prévue, dans mon premier rapport, d'après l'étude détaillée de l'instrument; car, en tenant compte de toutes les sources d'erreur, j'avais calculé l'erreur moyenne par kilomètre à $2^{mm},6$.

Le second instrument que nous avons commandé, est, quant à sa construction et à son pouvoir optique, parfaitement semblable au premier; seulement, nous avons remplacé le fil mobile par trois fils fixes, après nous être convaincus par l'expérience que l'évaluation de la fraction du centimètre de la mire ne le cède pas en précision sensiblement à la mesure micrométrique. Or, avec ce système, l'observation et surtout la réduction demandent beaucoup moins de temps qu'avec la vis micrométrique; et cependant on obtient également la distance de la mire au moyen du nombre de centimètres de la mire embrassés par les fils extrêmes de la lunette.

Malheureusement la monture du niveau n'était pas aussi parfaite que dans le premier instrument, de sorte que la correction du niveau était trop variable. Aussi les résultats que M. Schönholzer a obtenus au moyen de ce second instrument, semblent être un peu inférieurs à ceux du premier, autant du moins qu'on peut en juger d'après les opérations qui sont complètement terminées. Car la plus grande partie du nivellement exécuté par M. Schönholzer, qui, en partant de la Pierre-à-Niton et suivant soit la grande route, soit le chemin de fer par Nyon, Morges, Yverdon, a relié Genève à Neuchâtel, ne pourra être contrôlée que lorsque l'année prochaine on aura répété la section Genève-Morges et terminé le polygone par la ligne de Morges-Lausanne-Fribourg-Neuchâtel. — Cependant on peut déjà être sûr que les résultats en seront très-satisfaisants; car M. Schönholzer a mesuré avec le même instrument le petit polygone formé par l'observatoire, la gare et le môle de Neuchâtel; l'erreur de clôture de ce polygone, qui a un développement de 5 kilomètres, est de $10^{mm},6$, ce qui fait une erreur de $4^{mm},7$ par kilomètre. En nivelant à double la section entre Neuchâtel et Pierrabot, M. Schönholzer a trouvé, dans une seconde opération, un écart de 2 millimètres sur un parcours de $4^{k},3$, ce qui donne une erreur de 1 millimètre par kilomètre. En moyenne donc, l'erreur des opérations de M. Schönholzer serait de $2^{mm},6$ par kilomètre, c'est-à-dire un peu plus forte que celle des opérations de M. Benz. — On peut espérer qu'en remédiant pendant cet hiver au petit défaut du niveau du second instrument, il pour-

ra fournir des résultats tout aussi extraordinaires que l'autre.

Après vous avoir donné une idée précise de l'exactitude de nos nivellements, j'aurais aimé à vous communiquer les cotes des 135 points de notre canton qui font partie de notre réseau; mais comme je ne pourrais vous donner aujourd'hui que des différences de niveau, je préfère attendre que le nivellement de contrôle entre Neuchâtel et Genève soit terminé pour pouvoir publier les hauteurs de notre pays par rapport à l'horizon fondamental de la Suisse, qui passe par la Pierre-à-Niton, et par rapport à la Méditerranée.

Pour aujourd'hui, je me bornerai à ajouter quelques mots sur les différences de niveau entre l'observatoire et Chaumont, et entre le môle de Neuchâtel et le Chasseral.

Quant à la première, nous venons de la trouver *de 2 mètres moins grande* que ne le donnaient les mesures trigonométriques. Car avec les données d'Osterwald, j'avais déterminé l'année dernière la différence de niveau des deux baromètres de Chaumont et de Neuchâtel à $664^m,77$, (voir *Bulletin*, t. VII, p. 124,) tandis que le nivellement direct que nous venons d'exécuter donne, pour cette différence, $662^m,597 \pm 0^m,011$. On voit ainsi que le résultat que j'ai déduit des observations barométriques de l'année 1864 et qui est de $662^m,019 \pm 0^m,107$ se rapproche encore beaucoup plus de la vérité que je ne le croyais; car ce résultat barométrique n'est, en réalité, fautif que d'un demi mètre.

Le désaccord entre le résultat des mesures trigonométriques de M. d'Osterwald et celui de notre nivellement direct, est encore un peu plus fort pour la différence de niveau entre le Chasseral et l'ancien môle de Neuchâtel. Car j'établis la différence de niveau entre les repères du Chasseral et de Neuchâtel, d'après nos registres, de la manière suivante :

Chasseral (repère féd.) - Chuffort (seuil de la porte)	$NF_4 - O_{17}$	$= + 379^m,6806$
Chuffort-Chaumont (repère fédéral du signal)	$O_{17} - NF_3$	$= + 54^m,1069$
Chaumont (signal) - Chaumont (hôtel)	$NF_3 - O_1$	$= + 84^m,8024$
Chaumont (hôtel)-Pierrabot (borne à l'angle de la route de Chaumont)	$O_1 - O_{51}$	$= + 462^m,4489$
Pierrabot-Neuchâtel (repère fédéral de la gare)	$O_{51} - NF_2$	$= + 143^m,4200$
Neuchâtel (gare)-Neuch. (repère de la col. météor.)	$NF_2 - NF_1$	$= + 45^m,9593$
Chasseral (repère féd.) - Neuchâtel (rep. féd.)	$NF_4 - NF_1$	$= + 1170^m,4181$

Or, pour rendre cette différence comparable à celle mesurée par M. d'Osterwald, il faut prendre au Chasseral la base du signal, et à Neuchâtel l'ancien môle. Quant au premier, nous avons, lors du nivellement, établi la différence entre la base du signal et notre repère; et la hauteur de l'ancien môle, nous devons la déduire des deux lignes de repère gravées dans le temps sur le gymnase et l'hôtel-de-ville. (Voir *Bulletin* de 1866, p. 229.) Nous avons donc :

Chasseral (base du signal - repère fédéral NF_4)	0,7066
Neuchâtel (repère NF_1 de la colonne météor. - Ancien môle)	0,326
Chasseral (base du signal) - Neuchâtel (ancien môle)	$= + 1171^m,451$

D'après les données que je vous ai communiquées plus haut sur l'exactitude des mesures faites avec nos instruments, l'erreur probable de la différence de niveau entre les deux repères fédéraux de Chasseral et de Neuchâtel, n'est guère plus forte que de 1 centimètre; mais comme la hauteur de l'ancien môle ne peut plus être fixée qu'avec une incertitude de $\pm 0^m,046$, nous pouvons, en tout cas, admettre que le résultat du nivellement est exact à 5 centimètres près.

Maintenant, cette même différence entre Chasseral et Neuchâtel a été trouvée trigonométriquement par d'Osterwald $= 1174^m,0$. On voit donc que la hauteur du Chasseral au-dessus du môle, que M. d'Osterwald a obtenue en 1807 par des angles de hauteur, *est de $2^m,55$ trop forte.*

Il est vrai que cette détermination ne repose que sur des angles de hauteur pris depuis la station inférieure; mais deux autres déterminations de la hauteur du môle ont été faites par M. d'Osterwald et Trallès au moyen d'observations zénithales simultanées au Moléson et au Chasseron d'un côté, et à Neuchâtel et à Fond de l'autre. Ces déterminations s'accordent d'une manière étonnante avec celle par le Chasseral; car M. d'Osterwald donne la hauteur du môle au-dessus de la mer :

Par le Moléson,	434^m,3
» Chasseron,	434^m,9
» Chasseral,	434^m,8
Moyenne,	434^m,7

tandis que notre nivellement fournit, si l'on prend d'après les géomètres français, pour l'altitude du Chasseral, 1608^m,8

Chasseral-Môle,	1171^m,5
Altitude du Môle,	437^m,3

Ce résultat est presque identique avec celui des ingénieurs suisses qui, d'après les « Ergebnisse, » est de *437^m,14*. Il s'accorde aussi très-près avec la cote de la carte Dufour, qui fixe notre môle à *436^m,95*.

Mais cette dernière cote est obtenue par la Pierre-à-Niton dont l'altitude doit, — d'après le nivellement de précision de M. Bourdaloue, — très-probablement être diminuée de *2^m,59*, ce qui donnerait de nouveau pour notre môle à très-peu près la cote d'Osterwald. Il semblerait d'après cela, en effet, ce que je supposais déjà en 1861, que l'erreur de 2^m,55 que d'Osterwald a commise pour la différence de niveau entre le Chasseral et le môle, ait précisément compensé la quantité (de 2^m,59) dont la cote trigonométrique du Chasseral devrait être corrigée d'après le nivellement de précision des Français. — Du reste, la question de la hauteur absolue au-dessus de la mer reste, pour le Chasseral et notre môle aussi bien que pour tous les autres points suisses, nécessairement suspendue jusqu'à ce que le nivellement de contrôle qu'on exécute en 1866 entre Genève et Neuchâtel, permette de nous relier avec sûreté à la mer par un nivellement continu.