

NIVELLEMENT DE PRÉCISION
DE
LA SUISSE

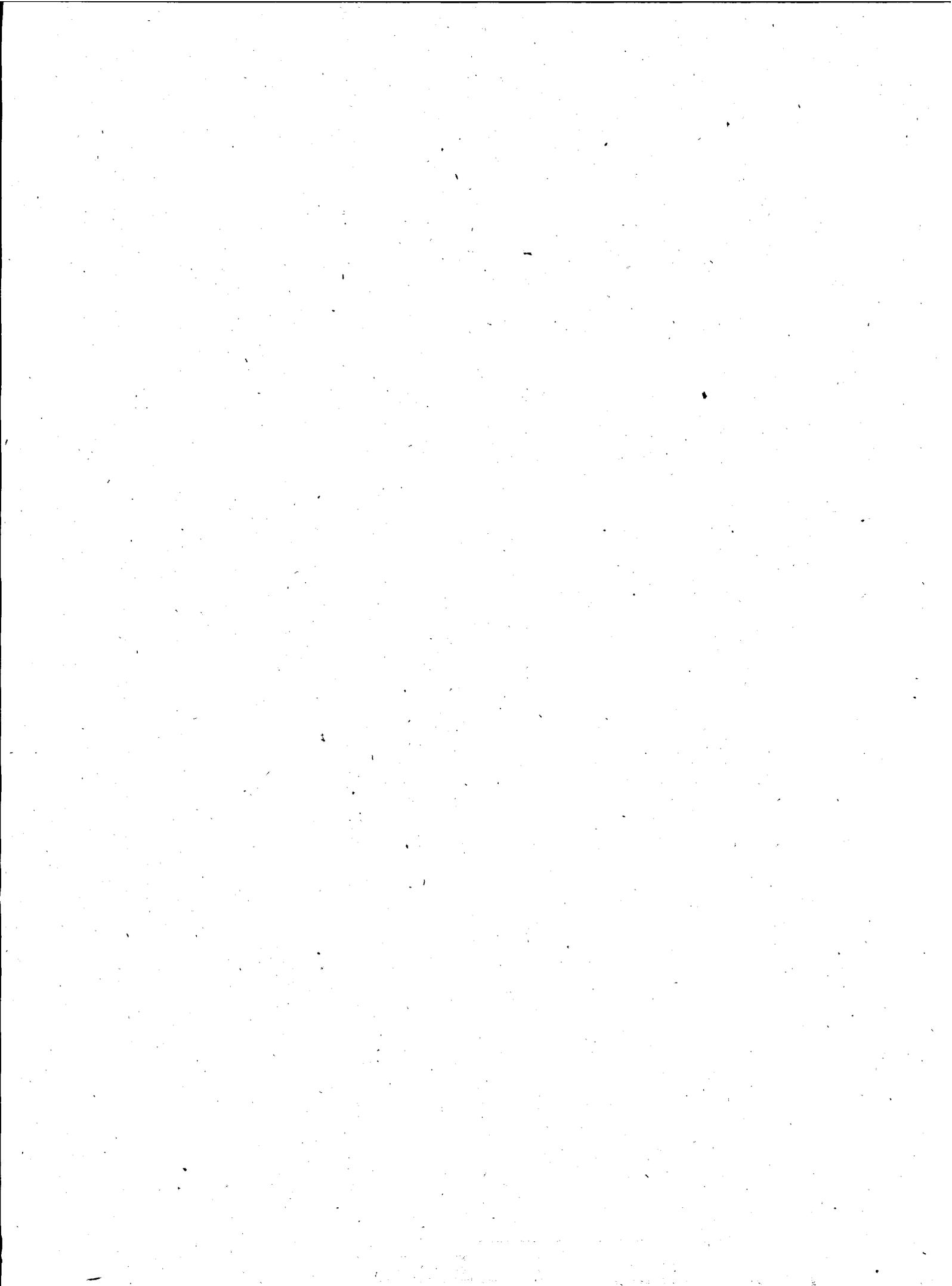
EXÉCUTÉ
PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE
A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

TROISIÈME LIVRAISON

GENÈVE ET BALE
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR, 10, CORRATERIE

—
1870



NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

EXÉCUTÉ

PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE

A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

TROISIÈME LIVRAISON

GENÈVE ET BALE

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR, 10, CORRATERIE

—
1870

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

§ XIII.

Travaux exécutés en 1869.

Les opérations du nivellement de précision ont été interrompues, au grand regret de la Commission géodésique fédérale, pendant l'année 1868, les ingénieurs qui avaient jusqu'à présent exécuté ces travaux avec autant de zèle que d'habileté, se trouvant tous les deux, par des motifs personnels, dans l'impossibilité de se mettre à notre disposition pour la campagne de cette année. Comme M. Schönholzer, retenu par d'autres engagements jusqu'à la fin de l'année 1869, promettait sa rentrée au service de la Commission pour le printemps de 1870, celle-ci a préféré n'employer pour la campagne de 1869 que M. Benz seul, en étendant un peu plus le champ de ses opérations, plutôt que de faire l'essai d'un nouvel ingénieur.

M. Benz est donc entré en campagne le 25 juin, pour niveler le polygone d'Aarbourg-Lucerne-Arth-Schwytz-Einsiedeln-Zurich-Brugg, polygone d'un développement de 182 kilomètres, qu'il aurait pu terminer en trois mois environ. Mais à peine avait-il commencé les opérations, que M. Koller, ingénieur du Comité du chemin de fer du St-Gothard, s'adressait à nous pour nous demander s'il ne serait pas pos-

sible de faire exécuter déjà en 1869 le nivellement du St-Gothard, afin que cette opération pût être utilisée dans les travaux de reconnaissance que le Comité devait faire pour le percement du grand tunnel. Comme la ligne du St-Gothard faisait partie du grand réseau hypsométrique suisse que nous avons projeté, et comme les intérêts scientifiques de nos opérations ne pouvaient être compromis en aucune façon en avançant d'une année l'exécution d'un travail, qui pouvait avoir une utilité pratique pour une entreprise d'une aussi grande importance, nous n'avons pas hésité de proposer à la Commission géodésique d'accéder à la demande de M. Koller. Nos collègues ayant approuvé cette modification du plan de campagne, nous envoyâmes à M. Benz l'avis d'interrompre son travail sur la ligne de Lucerne à Küssnacht, où il se trouvait à la date du 22 juillet, et de se rendre à Andermatt.

Les mois d'août et de septembre étant ordinairement la saison la plus favorable de l'année pour le passage des cols élevés, nous avons décidé que M. Benz monterait d'abord d'Andermatt par Hospenthal au St-Gothard pour descendre de l'autre côté par Airolo, extrémité sud du tunnel projeté, jusqu'à Giornico; puis que, revenant à Andermatt, il ferait l'opération en descendant par Göschenen, où sera l'extrémité nord du tunnel, jusqu'à Flüelen. Nous avons malheureusement été trompés dans nos prévisions sur le temps favorable auquel on pouvait s'attendre, à cette époque, dans les régions élevées. Le mois d'août, en particulier, a été très-défavorable, surtout à cause de la violence du vent, et l'on comprend que notre ingénieur ait éprouvé parfois du découragement, lorsque tout travail était impossible pendant une série de 10 jours consécutifs, comme cela lui est arrivé du 10 au 20 août. Mais enfin, à force de patience, il a pu opérer la traversée d'Andermatt à Giornico du 23 juillet au 10 septembre, soit en 50 jours, dont 23 ont été perdus par le mauvais temps. M. Benz n'a pas été moins entravé dans la descente d'Andermatt à Flüelen, par la force et la fréquence des vents, qui, même par un ciel clair, ont souvent empêché toute opération; aussi cette section, dont le développement est de 39 kilomètres seulement, a-t-elle exigé 34 jours,

dont la moitié à peu près a été perdue. M. Benz n'étant arrivé à Flüelen que le 16 octobre, c'est-à-dire à l'expiration du temps qu'il pouvait consacrer à la Commission, nous avons dû renoncer à faire terminer en 1869, et malgré la saison avancée, le polygone commencé en juillet et son raccordement avec la ligne du St-Gothard. Ce travail, ainsi que la section de Giornico à la frontière italienne, sont renvoyés à l'année suivante.

Le nivellement de 1869 se compose donc de trois sections, l'une dans la plaine d'Aarburg à Lucerne, et de deux autres dans la montagne, d'Andermatt à Giornico d'un côté, et d'Andermatt à Flüelen de l'autre.

Le tableau suivant indique les lignes nivelées avec leurs longueurs en kilomètres, et le temps qui a été consacré à chacune d'elles.

A. Nivellement de la ligne Aarburg-Lucerne.

I. Du 26 au 28 juin . . . Aarburg-Zofingen	kilom.	kilom.	
	5,533	+1,166	en deb. de la ligne de nivell.
II. Du 28 juin au 6 juill. Zofingen-Sursee	20,868		
III. Du 7 au 14 juillet . . Sursee-Emmenbrücke	19,112	+0,757	» » »
IV. Du 15 au 16 juillet. Emmenbrücke-Lucerne	3,011	+0,114	» » »
V. Du 16 au 17 juillet. Lucerne (Égl ^l ^{se} des Jés.)-Lucerne (Cath ^l ^e)	1,048	+0,114	» » »
VI. Du 19-21 juillet . . Lucerne-Meggen	7,799		
Total 26 jours, dont 22 jours effectifs.	57,371	+2,151	=59,522 ^{kil. m.}

B. Nivellement d'Andermatt par le St-Gothard à Giornico.

I. Du 23 au 24 juillet. Andermatt-Hospenthal	kilom.	kilom.	
	2,389		
II. Du 26 juill. au 6 août. Hospenthal-St-Gothard	9,676	+0,634	en deb. de la ligne de nivell.
III. Du 6 au 8 août . . . St-Goth ^d (Sommet)-St-Goth ^d (Hospice).	0,715		
IV. Du 8 au 30 août . . . St-Gothard-Airolo	12,539	+1,113	» » »
V. Du 30 au 31 août . . . Airolo-Piotta	4,962		
VI. Du 31 août au 2 sept. Piotta-Fiesso	6,119		
VII. Le 2 septembre . . . Fiesso-Daziogrande	1,062		
VIII. Du 2 au 4 sept. . . Daziogrande-Faido	4,501		
IX. Du 6 au 8 sept. . . Faido-Lavorgo	6,832	+0,185	» » »
X. Du 8 au 10 sept . . . Lavorgo-Giornico	4,451		
Total 50 jours, dont 27 jours effectifs.	53,246	+1,932	=55,178 ^{kilom.}

C. Nivellement d'Andermatt à Flüelen.

	kilom.	kilom.	
I. Du 13 au 23 sept. Andermatt-Göschenen	5,941	0,216	en deb. de la ligne de nivell.
II. Du 24 au 27 sept. Göschenen-Wasen	5,099		
III. Du 27 sept. au 7 oct. Wasen-Amsteg	11,172	0,217	» » »
IV. Du 8 au 12 oct. Amsteg-Erstfeld	6,351	0,250	» » »
V. Du 13 au 15 oct. Erstfeld-Altorf.	7,550		
VI. Du 15 au 16 oct. Altorf-Flüelen	3,056	0,208	» » »
Total 34 jours, dont 17,5 jours effectifs.	39,169	0,891	= 40,060 kilom.

On voit ainsi que la ligne d'Aarburg-Lucerne-Meggen, d'une étendue de 59,522 kilomètres, a été nivelée en 26 jours, ce qui fait 2,289 kilomètres par jour, et si l'on fait le décompte de 4 jours de mauvais temps, 2,706 kilomètres par jour de travail effectif.

Par contre, la ligne du St-Gothard, d'une longueur totale entre Flüelen et Giornico de 95,238 kilomètres, a exigé 86 jours, ce qui fait en moyenne 1,107 kilomètre par jour. Mais comme il y a eu, pendant ce temps, 44,5 jours de travail effectif seulement, on voit que notre ingénieur a nivelé 2,140 kilomètres par jour, ce qui est certes très-satisfaisant, si l'on songe aux fortes pentes qui se trouvent sur tout ce trajet.

En effet, si au lieu d'envisager la longueur de la distance parcourue, on tient compte du relief du terrain nivelé, en faisant la somme des pentes et contrepentes, on arrive à ce résultat : dans la section de la plaine, M. Benz a nivelé une différence de niveau totale de 504^m,652, ce qui fait 19^m,409 par jour, et 22^m,939 par jour de travail effectif, tandis que, sur la ligne du St-Gothard, la somme des montées et descentes est de 3824^m,348, ce qui donne 44^m,469 par jour et même 85^m,940 par jour effectif.

Nous avons fait placer dans cette campagne des repères fondamentaux en bronze, en plus grand nombre que précédemment, soit à un intervalle de 7 kilomètres en moyenne. En voici la liste :

- NF₄₇ à *Zofingen* (Hôtel-de-Ville).
 NF₄₈ à *Sursee* (Hôtel-de-Ville).
 NF₄₉ à *Emmenbrücke* (Pont).
 NF₅₀ à *Lucerne* (Église des Jésuites).
 NF₅₁ à *Lucerne* (Cathédrale, Hofkirche).
 NF₅₃ à *Andermatt* (Église).
 NF₅₄ à *Hospenthal* (Meierhof).
 NF₅₅ au *St-Gothard* (Point culminant de la route).
 NF₅₆ au *St-Gothard* (Hospice).
 NF₅₇ à *Airolo* (Cimetière).
 NF₅₈ à *Piotta* (Église).
 NF₅₉ à *Fiesso* (Pont).
 NF₆₀ à *Daziogrande* (Pont).
 NF₆₁ à *Faido* (Église).
 NF₆₂ à *Lavorgo* (Pont).
 NF₆₃ à *Giornico* (Poste).
 NF₆₄ à *Göschenen* (Rocher près de l'Église).
 NF₆₅ à *Wasen* (Rocher près de l'Église).
 NF₆₆ à *Amsteg* (Église).
 NF₆₇ à *Erstfeld* (Chapelle).
 NF₆₈ à *Altorf* (Hôtel-de-Ville).
 NF₆₉ à *Flüelen* (Église).

Indépendamment de ces 22 repères de premier ordre, l'ingénieur a placé 99 repères de second ordre; ces repères marqués provisoirement à l'huile seront taillés au ciseau, aussitôt que la saison le permettra. Cela fait en somme 121 points fixes sur des lignes de nivellement s'étendant sur 155 kilomètres de longueur; les repères se trouvent donc placés, comme dans les campagnes précédentes, à une distance de 1,3 kilomètre en moyenne l'un de l'autre.

Enfin l'ingénieur a embrassé dans son nivellement 13 autres points, tels que les limnimètres du lac des Quatre-Cantons à Lucerne et à Flüelen, les repères placés précédemment par le Comité du St-Gothard en vue de la triangulation pour le tunnel, etc.

§ XIV.

Détermination des constantes instrumentales et de la longueur
des mires.

Nous avons fait en 1869 une nouvelle détermination de la longueur des mires, ainsi que des constantes de l'instrument, comme nous l'avions fait pour les campagnes précédentes.

En ce qui concerne d'abord le niveau n° 9084 d'Ertel, il a été examiné le 10, 11 et 12 mai à l'aide du cercle méridien de Neuchâtel et nous avons trouvé, par la moyenne de trente mesures, qu'une des parties équivaut à $3'',096 \pm 0'',011$. On voit ainsi que la courbure de ce niveau, pour lequel nous avons trouvé

$$\begin{aligned} \text{en 1866 } 1^p &= 2'',801 \pm 0'',009 \\ \text{et en 1867 } 1^p &= 3'',026 \pm 0'',010 \end{aligned}$$

continue encore à augmenter, quoique dans une plus faible proportion.

De même, nous avons déterminé la distance des fils de l'instrument I, en observant leur position sur la mire placée à des distances connues. Ces observations faites le 13 et 14 mai et le 24 juin, au nombre de 40, nous ont donné pour la distance des fils extrêmes $A = 410'',676 \pm 0'',220$, et pour la réduction de la moyenne des trois fils au fil du milieu $R = -0'',666 \pm 0'',073$. Les valeurs correspondantes pour 1867 étant $A = 408'',228 \pm 0'',332$ et $R = +3'',075 \pm 0'',093$, il n'est pas douteux que la distance relative des fils ait sensiblement changé, surtout celle du fil du milieu aux deux fils extrêmes; ce changement s'est probablement opéré dans le nettoyage de l'instrument, les fils ayant été touchés par un pinceau pour enlever des particules de poussière.

Ces variations des constantes de l'instrument ont nécessité la reconstruction de deux des trois tables de réduction. La première qui donne

la distance de la mire au moyen du nombre de centimètres C embrassés par les fils extrêmes, d'après la formule $D = C \cotang. A$, a été calculée pour l'année 1869 avec le facteur $5^m,0225$ pour $\cotang. A$, tandis qu'il était en 1867 $5^m,0527$. Pour la table II, donnant avec l'argument C la réduction au fil du milieu, d'après la formule $R = C \cotg. A \cdot \text{tg.} \left(\frac{A_2 - A_1}{3} \right)$

le nouveau facteur est $-0,00162$, au lieu de $+0,00751$ en 1867.

Par contre, pour la table III, la plus étendue des trois, nous avons pu nous en tenir à l'ancienne, car la nouvelle constante $0,7539$ diffère de $0,0142$ seulement, soit d'un cinquantième, de celle de 1867, qui était $0,7397$. Or, comme la valeur totale des corrections dues à l'inclinaison, ou aux erreurs instrumentales, est le plus souvent au-dessous de $0^m,1$ et n'atteint jamais $0^m,5$, l'erreur commise en conservant l'ancienne table doit être dans la plupart des cas au-dessous de $0^m,002$, sans atteindre jamais la limite de $0^m,01$ à laquelle nous nous arrêtons dans les calculs de réduction.

Une connaissance exacte de la longueur des mires est d'autant plus nécessaire, que les différences de niveau se présentant dans le cours des opérations sont plus considérables. Nous avons donc, cette année encore, cherché à la déterminer aussi exactement que possible; nous les avons comparées d'abord, le 21 mai 1869, à l'échelle en fer du bureau des poids et mesures à Berne; ensuite, le 28 mai, elles ont été comparées entre elles au moyen des repères de l'observatoire de Neuchâtel. Après la campagne, on a répété cette dernière opération à Neuchâtel le 13 et le 21 décembre, et enfin au mois de janvier 1870 nous les avons apportées encore une fois à Berne pour faire une nouvelle mesure.

Voici d'abord le résumé des comparaisons exécutées à Berne avec l'échelle en fer, dont la longueur de 0^m à 290^m est, d'après M. Wild, ancien directeur du bureau des poids et mesures, $= 2901^m,102$ à la température de $14^{\circ},7$. Son coefficient de dilatation a été trouvé par M. Wild $= 0,0000088$, d'après deux séries de comparaisons, pour lesquelles la différence de température était de 6° seulement. Pour nous

rapprocher de la valeur ordinairement adoptée, nous avons pris 0,0000100 pour coefficient de dilatation, en sorte que nous avons réduit nos observations avec l'équation suivante de la règle en fer :

$$0 - 290^{\text{cm}} = 2901^{\text{mm}},102 + 0^{\text{mm}},029 (t - 14^{\circ},7).$$

Le 20 et 21 mai, nous avons comparé les mires entre les traits 3-293 jusqu'à 8-298, et à la température de 18°, en répétant en général deux fois la comparaison de chaque trait. En calculant la longueur de l'échelle de fer par la formule ci-dessus, et réduisant les lectures avec la valeur moyenne d'un tour de la vis micrométrique des deux microscopes, telle que nous l'avons déterminée le 21 mai, savoir : $1^{\text{T}} = 0^{\text{mm}},0778$, nous avons trouvé :

	Nombre des comparaisons.	Mire I. 290 ^{cm} de la mire =	Nombre des comparaisons.	Mire II. 290 ^{cm} de la mire =
		mm		mm
Entre 3 et 293	2	2901,936	1	2900,952
4 294	1	2902,188	1	2900,883
5 295	2	2901,969	2	2900,866
6 296	2	2902,011	2	2900,998
7 297	2	2901,892	2	2900,958
8 298	2	2902,188	2	2900,871
Moyenne	11	2902,031	10	2900,921
		± 0,052		± 0,023

Le 21 et 22 janvier, nous avons comparé les deux mires entre les traits 3-293 jusqu'à 7-297, à trois reprises, et à des températures différentes; voici le résumé des résultats obtenus en employant le même procédé de réduction :

	Mire I.				Mire II.			
	290 ^{cm} de la mire = 2900 ^{mm} +				290 ^{cm} de la mire = 2900 ^{mm} +			
	Tempér. 1 ^o ,3	Tempér. 13 ^o ,35	Tempér. 15 ^o ,4	Moyenne.	Tempér. 2 ^o ,5	Tempér. 14 ^o ,7	Tempér. 17 ^o ,0	Moyenne.
cm cm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Entre 3 et 293	2,234	2,327	2,297	2,286	1,137	1,277	1,460	1,291
4 294	2,195	2,324	2,252	2,257	—	1,157	1,377	1,267
5 295	2,233	2,364	2,259	2,285	1,080	1,184	1,425	1,230
6 296	2,218	2,259	2,149	2,209	1,045	1,161	1,475	1,227
7 297	2,242	2,279	2,203	2,211	1,095	1,222	1,482	1,266
Moyenne	2,224	2,311	2,232	2,256	1,089	1,200	1,444	1,256
Moyenne des 15 observations à 10 ^o ,4 : 2902,256 ± 0,014					Moy. des 14 observ. à 11 ^o ,4 : 2901,256 ± 0,012			

On voit d'abord se confirmer le résultat auquel nous étions déjà arrivés précédemment, à savoir que les variations dans la longueur des mires, dont le chiffre dépasse de beaucoup l'incertitude des mesures, ne sauraient être attribuées qu'en faible partie à la température; car le tableau ci-dessus montre que pour la mire I les plus grandes valeurs ne correspondent pas à la plus haute température; et s'il en est ainsi pour la mire II, il n'y a du moins aucune proportionnalité entre l'augmentation de la température et l'accroissement de longueur de la mire.

En calculant, d'après ces comparaisons, la longueur d'un mètre de chaque mire, et réunissant ces nouvelles valeurs aux anciennes obtenues précédemment, nous aurons dans le tableau suivant les longueurs moyennes de nos mires et leur variabilité.

Date.	Longueur d'un mètre de la Mire I.		Longueur d'un mètre de la Mire II.		Équation des mires I-II.	
	m	Tempér. °	m	Tempér. °	Par mètre. mm	Par mire. mm
1867. 18 Mars . . .	1,000 706	14,1	1,000 302	15,0	+ 0,404	+ 1,212
1868. 20 Avril . . .	1,000 493	9,9	1,000 131	10,1	0,362	1,086
1868. 7 Mai . . .	1,000 562	17,8	1,000 179	17,9	0,383	1,149
1868. 15 et 20 Mai.	1,000 607	19,1	1,000 214	20,4	0,393	1,179
1869. 20 et 21 Mai.	1,000 700	18,0	1,000 318	17,9	0,382	1,147
1870. 21 et 22 Janv.	1,000 778	10,1	1,000 433	11,4	0,345	1,035
Moyenne des 6 déterminations . .	m mm 1,000 641 ± 0,043		m mm 1,000 263 ± 0,045		mm mm + 0,378 ± 0,009	mm mm + 1,135 ± 0,026
Variabilité moyenne	mm ± 0,105		mm ± 0,110		mm ± 0,021	mm ± 0,063

On remarquera d'abord que les deux mires se sont rapprochées en 1869 et en 1870 de leur longueur primitive en 1867, sans que cependant, ni dans les corrections moyennes, ni dans l'équation des mires, les changements apportés par les nouvelles déterminations aillent au delà de l'incertitude des valeurs moyennes, car ces dernières étaient en 1868:

$$\begin{array}{ccc} \text{Mire I} & \text{Mire II} & \text{Équation I-II} \\ 1^{\text{m}},000592 \pm 0^{\text{mm}},045 & 1^{\text{m}},000206 \pm 0^{\text{mm}},036 & + 0^{\text{mm}},385 \pm 0^{\text{mm}},009 \end{array}$$

Ensuite la variabilité moyenne est également restée la même, à savoir 0^{mm},1, tandis que les écarts maxima entre les valeurs individuelles s'élèvent à 0^{mm},285 pour la mire I, et à 0^{mm},302 pour la mire II. Il est à remarquer aussi que la variabilité moyenne dans l'équation des deux mires, ± 0^{mm},021 par mètre, est la cinquième partie seulement de la variabilité moyenne de chacune d'elles, d'où l'on peut conclure que les circonstances de température, d'humidité, etc., qui modifiaient la lon-

gueur des mires d'une mesure à l'autre, agissaient à peu près de la même manière sur chacune d'elles.

La circonstance que les deux mires ont augmenté sensiblement de longueur, dans la dernière année, et que pour la mire I en particulier, qui seule a servi dans la campagne de 1869, les mesures du printemps 1869 et celles de janvier 1870 donneraient en moyenne la valeur 1,000739, pouvait peut-être soulever quelque doute sur la convenance de réduire le nivellement de 1869 avec cette dernière valeur, plutôt qu'avec la moyenne générale, qui est 1,000641. Il nous semble cependant que les raisons développées dans la seconde livraison (p. 85), sont encore valables, et qu'il est préférable d'adopter la moyenne générale de toutes les six déterminations. Nous trouvons un motif de plus en faveur de cette décision dans le fait, que les comparaisons faites en 1869 au moyen des repères de Neuchâtel, à des époques très-rapprochées des mesures de Berne, donnent pour l'équation des mires des valeurs sensiblement différentes de celles qui résultent de ces dernières.

En effet, les comparaisons de Neuchâtel du 28 mai 1869, au nombre de six, nous ont donné pour l'équation des mires I-II $+0^{\text{mm}},465 \pm 0^{\text{mm}},052$, et celle résultant des mesures de Berne le 21 mai $+0^{\text{mm}},382 \pm 0^{\text{mm}},020$, la différence dépasse ainsi, dans une mesure peu considérable, il est vrai, les limites des erreurs moyennes des deux résultats. De même cinq comparaisons, faites à Neuchâtel le 13 décembre, ont donné pour l'équation des mires (par mètre) $+0^{\text{mm}},438 \pm 0^{\text{mm}},117$; et sept autres, faites le 21 décembre dans des conditions atmosphériques presque identiques $+0^{\text{mm}},396 \pm 0^{\text{mm}},083$, dont la moyenne est $+0^{\text{mm}},417 \pm 0^{\text{mm}},101$; tandis que les mesures de Berne du 21 janvier 1870 ont donné $+0^{\text{mm}},345 \pm 0^{\text{mm}},006$. Ici encore, la différence dépasse au moins les limites des erreurs probables, et en tout cas la variabilité moyenne $\pm 0^{\text{mm}},021$ de l'équation.

L'ensemble des faits, rassemblés jusqu'à présent, nous semble démontrer que la variabilité des mires n'est en aucune façon proportionnelle à la longueur de l'intervalle de temps, qui s'est écoulé d'une com-

paraison à l'autre; il n'y a, par conséquent, aucune raison d'admettre pour les opérations exécutées dans l'été de 1869, une longueur de la mire déduite des mesures les plus rapprochées de cette époque, plutôt que la valeur moyenne de toutes les déterminations. Aussi avons-nous réduit les cotes, fournies par la campagne de 1869, avec le coefficient 1,000641.

Pour mettre sous les yeux du lecteur toutes les données concernant les mires, nous ajoutons, dans le tableau suivant, toutes les comparaisons faites jusqu'à présent à Neuchâtel.

Date.	Différence des deux repères, mesurée par				Nombre des comparais.	Équation des Mires I-II.		Température.	Humidité.	État du ciel.
	Mire I.		Mire II.							
	mm	mm	mm	mm		mm	mm	o		
1867. 28 Février.	2902,82	+0,11	2904,09	+0,12	15	+1,31	+0,16	9,5	0,78	Clair.
1867. 4 Juillet . .	2903,37	0,06	2904,46	0,05	9	+1,13	0,08	20,0	0,56	Clair.
1868. 23 et 25 Mai	2903,48	0,04	2904,54	0,05	12	+1,10	0,06	22,9	0,57	Nuageux; soleil par interv.
1868. 4 Juin . . .	2903,47	0,06	2904,69	0,07	18	+1,26	0,09	16,6	0,57	Couvert; après la pluie.
1868. 9 Juin . . .	2903,61	0,08	2904,52	0,13	6	+0,94	0,15	9,7	0,93	Pend. la pluie.
1868. 10 Juin . .	2903,46	0,11	2904,38	0,03	12	+0,95	0,11	11,8	0,83	Ciel couvert.
1869. 28 Mai. . .	2903,12	0,13	2904,47	0,08	6	+1,39	0,15	20,8	0,69	Ciel couvert; quelques gouttes de pluie.
1869. 13 Décem.	2902,95	0,15	2904,22	0,30	5	+1,31	0,35	2,4	0,98	Ciel clair.
1869. 21 Décem.	2903,06	0,14	2904,21	0,19	7	+1,19	0,25	2,2	0,91	Clair.
Moyenne probable des 9 équations						+1,135±0,042				

On remarquera que, d'après les comparaisons faites aux repères de Neuchâtel, l'équation des deux mires est identique à celle qui a été donnée par les mesures de Berne.

De plus, vu le grand nombre de mesures que nous avons faites entre les deux repères de Neuchâtel, nous pouvons obtenir une valeur très-exacte de la différence de niveau entre ces deux repères, en réduisant ces mesures avec les longueurs des mires, trouvées à Berne; cela nous permettra dorénavant de déterminer la longueur absolue des mires au

moyen des repères de Neuchâtel, sans recourir aussi souvent au comparateur de Berne.

Nous avons donc réduit les données du tableau précédent avec les corrections 1,000641 pour la mire I, et 1,000263 pour la mire II, et nous avons obtenu ainsi pour la différence de niveau des deux repères en bronze, placés devant l'observatoire de Neuchâtel, les valeurs suivantes :

Date.	Mire.	Différence de niveau.	Erreur moyenne ϵ .	Écart v .
		mm	mm	mm
1867. 28 Février	I	2904,68	$\pm 0,11$	- 0,46
	II	2904,85	0,12	- 0,29
1867. 4 Juillet	I	2905,23	0,16	+ 0,09
	II	2905,22	0,05	+ 0,08
1868. 23 et 24 Mai	I	2905,34	0,04	+ 0,20
	II	2905,30	0,05	+ 0,16
1868. 4 Juin	I	2905,33	0,06	+ 0,19
	II	2905,45	0,07	+ 0,31
1868. 9 Juin	I	2905,47	0,08	+ 0,33
	II	2905,28	0,13	+ 0,14
1868. 10 Juin	I	2905,32	0,11	+ 0,18
	II	2905,14	0,03	0,00
1869. 28 Mai	I	2904,98	0,13	- 0,16
	II	2905,23	0,08	+ 0,09
1869. 13 Décembre	I	2904,81	0,15	- 0,33
	II	2904,98	0,30	- 0,16
1869. 21. Décembre	I	2904,92	0,14	- 0,22
	II	2904,97	0,19	- 0,17
Moyenne des 18 déterminations		2905,14	$\pm 0,105$	$\pm 0,232$

Comme les écarts provenant de la variabilité des mires, d'une détermination à l'autre, s'élèvent au double des erreurs accidentelles de lecture pour chacune d'elles, il paraît préférable de leur attribuer à toutes le même poids et de prendre la simple moyenne arithmétique. On peut alors calculer la variabilité moyenne des mires en retranchant le carré

de la valeur moyenne des erreurs d'observation du carré de la valeur moyenne des écarts; on trouve ainsi :

$$\sqrt{v^2 - \varepsilon^2} = \sqrt{0,0538 - 0,0110} = \pm 0^{\text{mm}},207$$

pour la variabilité moyenne d'une longueur de 290^{cm},5 des mires, ce qui fait $\pm 0^{\text{mm}},07$ par mètre. Ce chiffre est plus faible que celui que nous avons trouvé à Berne, où, il est vrai, nous n'avons pas fait la part qui revient aux erreurs d'observation et à la réduction de l'échelle de fer pour la température, et celle qui revient à la variabilité des mires.

La valeur moyenne de la différence de niveau entre les deux repères, savoir 2905^{mm},14, est affectée d'une erreur moyenne de $\pm 0^{\text{mm}},055$, d'après la somme des carrés des écarts; ces deux points fixes peuvent ainsi servir à contrôler la longueur des mires, et à donner leur équation par rapport à l'unité métrique, avec une incertitude de $\pm 0^{\text{mm}},02$ par mètre.

Il peut être de quelque intérêt de chercher à évaluer l'erreur, que l'incertitude sur la longueur réelle des mires peut introduire dans les résultats de l'opération, lorsque les lignes de nivellement franchissent les cols des Alpes élevés de 1,600 à 2,000 mètres au-dessus de la plaine. L'incertitude, à un moment donné, sur la longueur réelle d'un mètre de la mire, par rapport à l'unité métrique, se compose de deux parties, dont l'une est constante et l'autre variable; la première est donnée par le chiffre de l'erreur moyenne, dont est affectée la correction obtenue pour cette mire d'après les comparaisons faites avec un étalon connu; cette erreur moyenne est de $\pm 0^{\text{mm}},043$ par mètre pour la mire I, et de $\pm 0^{\text{mm}},045$ pour la mire II. La seconde cause d'incertitude provient des variations que les circonstances atmosphériques, telles que la température, l'humidité, etc., produisent dans la longueur de la mire, à un moment donné, par rapport à la valeur adoptée pour sa longueur moyenne; d'après les nombreuses mesures faites entre les deux repères de Neuchâtel, cette variabilité moyenne peut être évaluée à $\pm 0^{\text{mm}},07$ par mètre.

Il est évident que la première cause d'incertitude n'introduit absolument aucune erreur de clôture dans un polygone, dont tous les côtés auraient été nivelés avec la même mire, seulement la différence des cotes de deux points quelconques est affectée d'une incertitude de $\pm 0^{\text{mm}},044$ par mètre (en prenant la moyenne des chiffres relatifs aux deux mires); ainsi entre le sommet du col du St-Gothard et Flüelen, au bord du lac des Quatre-Cantons, la différence des cotes qui est de $1673^{\text{m}},471$ est affectée pour cette cause d'une incertitude de $\pm 73^{\text{mm}}$. Si les différents côtés d'un polygone ont été nivelés avec des mires différentes, il peut en résulter une erreur de clôture qui dépend, d'une part de l'incertitude sur l'équation des deux mires, et d'autre part de la proportion dans laquelle chacune d'elles entre pour donner les différences de niveau, positives, ou négatives, entre les extrémités des côtés consécutifs du polygone. Si dans les côtés nivelés avec la même mire, la somme des différences positives est à peu près égale à la somme des différences négatives, l'incertitude sur l'équation des deux mires ne produira pas d'erreur appréciable dans la clôture du polygone. Par contre, l'erreur pourrait devenir sensible, malgré le chiffre très-faible de l'incertitude sur l'équation de nos deux mires, qui n'est que de $0^{\text{mm}},009$ par mètre, si le chiffre des différences positives mesurées à l'aide de l'une des mires était très-grand, et par conséquent celui des différences négatives, mesurées à l'aide de l'autre mire, très-grand aussi. Cela aurait lieu dans un polygone, dont le développement franchirait deux fois le faite des Alpes, comme le St-Gothard et le Simplon par exemple, si la montée du col du St-Gothard du côté d'Uri et celle du Simplon du côté de l'Italie étaient nivelées avec l'une des mires, et si la descente du St-Gothard du côté du Tessin et celle du Simplon du côté du Valais étaient nivelées avec l'autre mire; dans ce cas l'incertitude sur l'équation des deux mires pourrait donner lieu à une erreur de clôture du polygone de 3 centimètres au moins. En ayant soin d'employer toujours la même mire au nivellement des deux versants d'un col, ou d'un passage élevé, on a la certitude de réduire à un chiffre insignifiant l'erreur de clôture d'un polygone résultant de l'em-

ploi de deux mires différentes, surtout lorsque l'incertitude sur leur équation est aussi peu considérable.

Il nous reste à examiner l'erreur qui est produite par les variations accidentelles dans la longueur des mires; ces variations, probablement dues aux circonstances atmosphériques, ont lieu tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, et les nombreuses mesures faites à Neuchâtel dans des circonstances atmosphériques très-variées, peuvent bien donner une évaluation assez approchée de l'amplitude moyenne des oscillations, de part et d'autre de la longueur moyenne, savoir $0^{\text{mm}},07$ par mètre, mais non de la durée de ces oscillations. En comparant cependant des mesures faites à peu de jours, et même à un jour d'intervalle, on constate des changements qui montrent que cette durée peut être assez courte, surtout si les circonstances ne restent pas les mêmes; il est donc impossible de supposer qu'une mire ait conservé la même longueur pendant tout le temps employé à niveler le contour entier d'un polygone, ou même un seul des côtés, si l'opération s'est prolongée pendant plusieurs jours. On arrive à une évaluation très-différente de l'erreur que la variabilité de la longueur des mires introduit dans la différence de niveau entre deux points, suivant que l'on fait des hypothèses différentes sur la durée de chaque oscillation dans la longueur, et suivant le relief plus ou moins accidenté du terrain traversé par la ligne de nivellement. Soit, par exemple, N la différence de niveau entre ces deux points; si l'on suppose que pendant toute la durée de l'opération la longueur de la mire soit restée la même, comme cette longueur peut présenter un écart de $\pm 0^{\text{mm}},07$ par mètre, par rapport à la longueur moyenne déterminée par les comparaisons avec l'étalon de Berne, l'erreur dN sur N sera égale à $\pm N \times 0^{\text{mm}},07$, quels que soient les accidents du relief. La ligne qui joint les deux points extrêmes peut maintenant être divisée en un certain nombre de sections par les repères de premier ordre qui se trouvent dans l'intervalle, de telle sorte que

$$N = H + H' + H'' + \text{etc.},$$

en désignant par H , H' , H'' , etc., la différence de niveau entre deux repères consécutifs de premier ordre, le signe de chacune de ces différences pouvant être positif, ou négatif. Si l'on suppose que la mire ait conservé la même longueur pendant tout le temps employé à mesurer H , de même pendant celui employé à mesurer H' , etc., mais qu'elle ait varié de l'une de ces sections à l'autre, on aura

$$\begin{aligned} dN &= \pm \sqrt{(dH)^2 + (dH')^2 + (dH'')^2 \text{ etc.}} \\ &= \pm 0^{\text{mm}},07 \sqrt{H^2 + H'^2 + H''^2 + \text{etc.}} \end{aligned}$$

donc l'erreur commise dans cette seconde hypothèse sera plus grande, ou plus petite, que dans la première, suivant que

$$\sqrt{H^2 + H'^2 + H''^2 \text{ etc.}}$$

sera $>$ ou $<$ que

$$N = \sqrt{(H + H' + H'' + \text{etc.})^2}$$

c'est-à-dire, suivant que la somme des doubles produits

$$2H \times H' + 2H \times H'' + 2H' \times H'' + \text{etc.},$$

sera négative, ou positive. La première alternative se présentera sur un relief accidenté, pour lequel les différences de niveau H , H' , H'' , etc., entre deux repères consécutifs n'auraient pas le même signe; la seconde alternative, au contraire, se présentera dans le nivellement d'une ligne à pente continue, de telle sorte que toutes les différences H , H' , H'' aient le même signe.

L'on peut enfin supposer la durée des oscillations dans la longueur de la mire encore plus courte, et la restreindre à l'espace de quelques heures employées à niveler d'un repère secondaire à l'autre; on a, dans ce cas, $H = h + h' + h'' + h'''$, etc., en désignant par h , h' , h'' , etc. les différences de niveau entre deux repères secondaires consécutifs de

la première section. Dans ce cas dH ne serait pas égal à $\pm 0^{\text{mm}},07 \times H$, mais

$$= \pm 0^{\text{mm}},07 \sqrt{h^2 + h'^2 + h''^2 + \text{etc.}}$$

là encore

$$\sqrt{h^2 + h'^2 + h''^2 + \text{etc.}}$$

sera $>$ ou $<$ H , suivant que la somme des doubles produits

$$2h \times h' + 2h \times h'' + 2h' \times h'' + \text{etc.}$$

sera négative, ou positive, c'est-à-dire suivant que les différences de niveau entre deux repères consécutifs, h, h', h'' sont de signe contraire, ou de même signe, en d'autres termes, que les repères h, h', h'' , sont placés sur un terrain ondulé, ou à pente continue. En faisant le même raisonnement pour les sous-sections de la section H' , de la section H'' , etc., on arrive à cette troisième expression de dN , savoir

$$\pm 0^{\text{mm}},07 \sqrt{\Sigma (h^2) + \Sigma (h'^2) + \Sigma (h''^2) + \text{etc.}}$$

Pour montrer la différence numérique entre les valeurs de dN résultant de l'adoption de l'une, ou de l'autre de ces hypothèses, nous pouvons en faire l'application à la ligne du St-Gothard nivelée en 1869 entre Flüelen, au bord du lac des Quatre-Cantons, et Giornico dans le Tessin. La différence N de niveau entre ce dernier point et Flüelen est de $-43^{\text{m}},213$, la différence de niveau entre le sommet du col et Flüelen étant de $+1673^{\text{m}},471$, et celle entre Giornico et le sommet du col étant de $-1716^{\text{m}},684$. Si l'on adopte la première hypothèse, c'est-à-dire, si l'on suppose que pendant tout le temps employé à niveler entre ces deux points la longueur de la mire soit restée constante, l'écart de $\pm 0^{\text{mm}},07$ par mètre de cette longueur, par rapport à la longueur moyenne, ne produirait qu'une incertitude de $\pm 3^{\text{mm}}$ sur la valeur trouvée pour N . Cette hypothèse, qui donnerait un minimum pour la valeur de dN , est inad-

missible, parce que le fait bien constaté d'une variation de longueur dans l'intervalle d'un très-petit nombre de jours ne permet pas de supposer, que la longueur de la mire soit restée invariable du 23 juillet au 16 octobre, soit pendant un intervalle de 85 jours. En subdivisant la distance totale en sections, comprises d'un repère de premier ordre au suivant, on a 16 de ces sections; d'après la seconde hypothèse, suivant laquelle dN est déterminée par la formule

$$\pm 0^{\text{mm}},07 \sqrt{H^2 + H'^2 + H''^2 + \text{etc.}}$$

la longueur de la mire étant restée invariable pendant tout le temps employé à niveler chacune des sections, mais ayant varié d'une section à l'autre, on trouverait $dN = \pm 92^{\text{mm}}$. Cette valeur peut être regardée comme un maximum, ou comme étant probablement trop élevée, par la raison suivante: si on ne trouve en moyenne qu'un intervalle assez court, de 5 jours environ, employé pour niveler chacune de ces sections, il s'en faut de beaucoup que le temps employé en réalité ait été toujours le même, ou peu différent de cette valeur moyenne. Bien au contraire, par suite de la longueur inégale de ces sections, de la différence de pente, et des circonstances atmosphériques plus ou moins favorables, il a suffi de un à deux jours pour niveler quelques-unes de ces sections, tandis que pour telle autre il a fallu plus de trois semaines. En particulier, de l'hospice du St-Gothard à Airolo, l'opération a duré du 8 au 30 août inclusivement, et comme la différence de niveau entre ces deux points est très-considérable, de 930^m, la valeur de dH pour cette seule section s'élève à $\pm 65^{\text{mm}}$, c'est-à-dire aux sept dixièmes de l'erreur totale dN . Il est très-peu probable que la longueur de la mire soit restée invariable pendant ces trois semaines, du 8 au 30 août, pendant lesquelles les circonstances atmosphériques ont beaucoup varié, et ont présenté des alternatives d'un temps froid et humide, avec de la neige, de la pluie et du brouillard, d'un vent violent du Nord, et d'un temps chaud et sec. Si, pour cette seule section, on calculait dH , non pas par la formule

$d H = \pm 0^{\text{mm}},07. H$; mais par

$$d H = \pm 0^{\text{mm}},07 \sqrt{h^2 + h'^2 + h''^2 + \text{etc.}}$$

c'est-à-dire en supposant la longueur de la mire variable d'une sous-section à l'autre, entre deux repères consécutifs de second ordre, on aurait $d H = \pm 17^{\text{mm}},5$, au lieu de $\pm 65^{\text{mm}}$, et la valeur totale de $d N$ serait réduite à $\pm 44^{\text{mm}},5$. Si enfin on adopte la troisième hypothèse, et si l'on divise toutes les sections, et non celle de l'hospice à Airolo seulement, en sous-sections, dont chacune comprend l'espace entre deux repères consécutifs de second ordre, on a un chiffre total de 84 sous-sections, et la valeur de $d N$ calculée par la formule

$$\pm 0^{\text{mm}},07 \sqrt{\Sigma (h^2) + \Sigma (h'^2) + \Sigma (h''^2) + \text{etc.}}$$

est égale à $\pm 32^{\text{mm}}$. Cette valeur peut être regardée comme étant probablement au-dessous de la réalité; elle correspond en effet, d'une part à une valeur minimum de l'intervalle de temps, pendant lequel la mire est supposée avoir conservé la même longueur, et d'autre part, vu la nature du relief qui présente en général une pente continue dans le même sens sur le parcours de chaque section principale, la somme des doubles produits

$$2 h h' + 2 h h'' + 2 h h''' + \text{etc.}$$

est presque toujours positive, par conséquent

$$\sqrt{h^2 + h'^2 + h''^2 + \text{etc.}} < H.$$

Dans le cas actuel, deux de ces sous-sections ont été nivelées en général par jour, puisqu'il a fallu 45 jours de travail effectif pour le nombre total de 84 sous-sections; l'adoption de cette hypothèse reviendrait par conséquent à admettre que, pour chaque jour de travail, il y ait eu une

variation de $\pm 0^{\text{mm}},07$ dans la longueur de la mire, entre les opérations du matin, et celles de l'après-midi. Il est très-possible qu'une pareille variation se soit présentée pour tel, ou tel jour, en particulier, surtout si un changement considérable s'est opéré du matin au soir dans les circonstances atmosphériques, mais il est peu probable qu'une pareille variation ait eu lieu tous les jours, même pour ceux où les circonstances n'ont pas changé.

La valeur la plus probable de $d N$ peut ainsi être considérée comme étant intermédiaire entre celle, que l'on est fondé à regarder comme un maximum, savoir $\pm 92^{\text{mm}}$, et celle de $\pm 0^{\text{mm}},32$ qui, d'après les considérations précédentes, peut être regardée comme un minimum; elle serait ainsi de 6 centimètres environ.

§ XV.

Résultats du nivellement de 1869.

Avec les constantes de l'instrument et la correction de la mire I, telles que nous venons de les déterminer dans le chapitre précédent, nous avons fait opérer la réduction des nivellements de 1869, d'après la méthode expliquée dans la première livraison; le calcul a été fait à double par les aides-astronomes de Genève et de Neuchâtel, et la confrontation des deux calculs, faite par nous-mêmes, donne la garantie de l'exactitude de la réduction.

Nous nous sommes décidés à en publier les résultats, sans attendre le contrôle que la clôture des polygones, dont les lignes nivelées en 1869 font partie, fournira plus tard. Nous l'avons fait pour livrer le plus tôt possible aux ingénieurs les résultats des opérations, et parce que l'expérience nous a montré que la probabilité d'erreurs considérables, comme par exemple sur le chiffre des mètres, ou des décimètres, qui seules

compromettraient l'utilité pratique des résultats provisoires, est excessivement minime, et d'un autre côté nous nous réservons, dans l'intérêt scientifique de notre travail, d'appliquer plus tard aux cotes relatives que nous publions aujourd'hui, les petites corrections qui résulteront de la compensation des erreurs dans les polygones, aussitôt que l'achèvement des lignes permettra d'obtenir les erreurs de clôture de chacun d'eux ; nous espérons y parvenir dans le courant de cette année.

Les tableaux suivants sont dressés sous la même forme que dans les livraisons précédentes ; il est donc superflu d'ajouter de nouvelles explications.

Nivellement d'Aarburg à Lucerne.

Exécuté par M. Benz, du 26 Juin au 16 Juillet.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre	Désignation des repères.
1° D'Aarburg à Zofingue.			
⊙50—NF30 ¹	0,881 ^{km}	+14,490 ^m	NF N° 30 repère en bronze scellé sur un angle du rocher, sur lequel l'église d'Aarburg est bâtie.
⊙1 — ⊙50	1,166	+ 7,173	⊙50 <i>r</i> sur le socle du premier pilier soutenant l'avant-toit de la gare d'Aarburg.
⊙2 — ⊙1	1,365	+ 5,430	⊙1 <i>r</i> sur le socle en pierre de l'indicateur des routes, dans le hameau de Kreuzstrasse.
NF47—⊙2	2,121	+14,237	⊙2 <i>r</i> sur la marche inférieure (côté droit) du perron de la manufacture de draps de M. Schibler à Oftringen.
NF47—NF30	5,533	+41,330	NF N° 47 <i>r</i> en bronze scellé à l'angle du soubassement de l'Hôtel de Ville à Zofingue.
2° De Zofingue à Sursee.			
⊙3 —NF47	2,068 ^{km}	— 0,228 ^m	⊙3 <i>r</i> sur le pilier en pierre (côté droit) de l'écluse d'un ruisseau, à 20 ^m à gauche de la route, un peu avant Adelboden.
⊙4 — ⊙3	1,691	+12,400	⊙4 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, à 66 ^m en deçà de l'embranchement de la route de Wikon.
⊙5 — ⊙4	1,264	+ 6,976	⊙5 <i>r</i> sur le parapet (côté droit) du pont à Reiden, près de l'hôtel du Soleil.
⊙6 — ⊙5	1,984	+ 7,087	⊙6 <i>r</i> sur le parapet (côté gauche) du pont sur un ruisseau, en deçà du moulin avant Dagmersellen.
⊙7 — ⊙6	2,420	+17,986	⊙7 <i>r</i> sur le parapet (côté gauche) du pont sur un ruisseau, au delà de Dagmersellen.
⊙8 — ⊙7	1,989	+29,834	⊙8 <i>r</i> sur une borne de délimitation entre les communes de Buchs et de Uffikon, près de ce dernier village, à droite de la route.
⊙9 — ⊙8	2,532	+25,766	⊙9 <i>r</i> sur la troisième borne à gauche de la route, au delà de l'embranchement du sentier qui mène à Eriswyl.
⊙10—⊙9	2,010	+22,670	⊙10 <i>r</i> sur le socle en pierre de l'indicateur des routes, à l'embranchement de la route de Knutwyl.
⊙11—⊙10	2,032	—49,432	⊙11 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, à 60 ^m environ de la dernière maison de St-Erhard.
⊙12—⊙11	1,868	— 9,070	⊙12 <i>r</i> sur une borne du chemin de fer, à 10 ^m à gauche de la route, près de la gare de Sursee.
NF48—⊙12	1,010	— 0,741	NF N° 48 <i>r</i> en bronze scellé sur le socle d'un pilier de l'Hôtel-de-Ville de Sursee, façade sud.
NF48—NF47	20,868	+63,248	
<p>¹ La section entre ces deux repères avait déjà été nivelée en 1867 par M. Schönholzer, qui avait trouvé pour la différence de niveau 14^m,491.</p> <p>² Le niveau des rails du chemin de fer (côté gauche en allant de Lucerne à Olten), au passage à niveau près de la gare de Sursee, est à + 0^m,884 au-dessus du repère ⊙12.</p>			

Nivellement d'Aarburg à Lucerne

Exécuté par M. Benz, du 26 juin au 16 juillet (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
3° De Sursee à Emmenbrücke.			
⊙13 ¹ —NF48	1,851 ^{km}	+ 9,584 ^m	⊙13 <i>r</i> sur le parapet (côté gauche au-dessus du sommet de la voûte) du pont sur la Suhr à Oberkirch.
⊙14—⊙13	3,035	+ 13,644	⊙14 <i>r</i> sur le parapet (côté droit) du pont sur un ruisseau, avant la station de Nottwyl.
⊙15—⊙14	1,822	— 3,325	⊙15 <i>r</i> sur le couvercle du passage voûté sur le Maienbach, au delà de Nottwyl.
⊙16—⊙15	1,765	— 7,355	⊙16 <i>r</i> sur le parapet (côté droit) du pont sur un ruisseau, en deçà de la scierie à Bützwyli.
⊙17—⊙16	1,650	+ 5,613	⊙17 <i>r</i> sur le socle de l'indicateur des routes, à la croisée des routes de Sursee et de Sempach.
⊙18—⊙17	1,444	+ 32,652	⊙18 <i>r</i> sur une cadette du mur d'un jardin, à droite de la route, près de l'hôtel du Soleil à Neuenkirch, en face de l'église.
⊙19—⊙18	1,674	— 4,361	⊙19 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, près du Weierhäusli.
⊙20—⊙19	2,488	— 34,632	⊙20 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, en deçà du pont sur le Rothbach.
⊙21—⊙20	1,645	— 36,455	⊙21 <i>r</i> sur une marche près de l'indicateur des routes, à l'embranchement des routes de Sursee et Rothenbourg, avant Gerlischwyl.
⊙22—⊙21	0,579	— 20,850	⊙22 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, à 100 ^m environ au delà de l'hôtel du Soleil à Gerlischwyl.
NF49—⊙22	1,158	— 21,232	NF N° 49 <i>r</i> en bronze scellé sur un pilier du pont sur l'Emme à Emmenbrücke; ce pilier, le plus rapproché de la rive droite, porte la date 1844.
NF49—NF48	19,111	— 66,717	
4° D'Emmenbrücke à Lucerne.			
⊙23—NF49 ²	1,349 ^{km}	— 0,902 ^m	⊙23 <i>r</i> sur une cadette d'un mur de soutènement, à droite de la route, dans le Reussthal, en face de la traversée du chemin de fer.
⊙24—⊙23 ³	1,439	— 0,343	⊙24 <i>r</i> sur une cadette du parapet du quai le long de la Reuss, à côté de la fontaine près de l'arsenal, à Lucerne.
<p>¹ Une opération faite en dehors de la ligne de nivellement, pour rattacher au repère ⊙13 le niveau des eaux du lac de Sempach, a donné les résultats suivants : un repère ⊙a, placé sur la surface supérieure de la traverse de l'écluse sur la Suhr, à sa sortie du lac de Sempach, près de la rive gauche, est de —6^m,718 au-dessous de ⊙13 par la moyenne de deux opérations s'accordant à 3^{mm},5 près, la distance entre les deux points étant de 0^{km},757. Verticalement au-dessous du repère ⊙a, se trouve un taquet en fer, d'une épaisseur de 69^{mm}, dont la surface inférieure marque la hauteur maximum à laquelle les eaux du lac de Sempach puissent être maintenues par le moyen de l'écluse; la surface inférieure de ce taquet est à —1^m,294 au-dessous du repère ⊙a. Le seuil de l'écluse est à —1^m,917 au-dessous du repère ⊙a; le 7 juillet 1869, le niveau de la Suhr était à —1^m,592 au-dessous du repère ⊙a.</p> <p>² Le zéro de l'échelle limnimétrique de l'Emme, placée contre la culée de la rive droite, est à —0^m,707 au-dessous du repère NF N° 49; la division en pouces suisses de 3^{cm} va de haut en bas; le 15 juillet 1869, le niveau de la rivière correspondait à la division 53^p,5 de l'échelle, soit à —2^m,312 au-dessous de NF 49. Au-dessus de l'échelle se trouve l'inscription : « Rétabli en 1844. »</p> <p>³ Une opération faite en dehors de la ligne de nivellement pour rattacher au repère ⊙23 l'échelle limnimétrique de la Reuss à la Kummefluh, près de Lucerne, a donné les résultats suivants : Le zéro de l'échelle est par la moyenne de deux opérations, qui s'accordent à un vingtième de millimètre près, à —1^m,4715 au-dessous du repère ⊙23, dont elle est distante de 94^m. La division en pouces suisses de 3^{cm} va de haut en bas; le 15 juillet 1869, le niveau de la rivière correspondait à la division 10^p de l'échelle, soit à —1^m,771.5 au-dessous de ⊙23.</p>			

Nivellement d'Aarburg à Lucerne.

Exécuté par M. Benz, du 26 Juin au 16 Juillet (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
4° D'Emmenbrücke à Lucerne (suite).			
NF50—⊙24 ¹	0,224 ^{hm}	+ 0,920 ^m	NF N° 50 r en bronze scellé sur le soubassement, à gauche de la porte principale de l'église des Jésuites à Lucerne.
NF50—NF49	3,012	— 0,325	
5° Nivellement dans la ville de Lucerne.			
NF51—NF50 ²	1,048 ^{km}	+ 10,951 ^m	NF N° 51 r en bronze scellé sur une pierre saillante du soubassement de la cathédrale de Lucerne, entre la tour méridionale et une porte latérale.
NF51—NF30	49,572	+ 48,487	

Nivellement de Lucerne à ZurichExécuté par M. Benz, du 19 au 21 Juillet 1869³.**1° De Lucerne à Meggen.**

⊙25—NF51	0,716 ^{km}	— 10,788 ^m	NF N° 51 r en bronze scellé sur une pierre saillante du soubassement de la cathédrale de Lucerne. ⊙25 r sur la marche inférieure du perron de la brasserie Seefeld, près de Lucerne.
⊙26—⊙25	2,199	— 0,766	⊙26 r à l'extrémité inférieure du passage près de l'auberge « Seeburg. »
⊙27—⊙26	1,189	+ 41,477	⊙27 r sur une borne à droite de la route.
⊙28—⊙27	1,430	+ 5,567	⊙28 r sur une dalle servant de passage, à 200 ^m environ en deçà de la chapelle de Vorder-Meggen.
⊙29—⊙28	2,265	— 11,270	⊙29 r sur un rocher servant de piédestal d'une croix en bois, à Letten entre Meggen et Mörlischachen.
⊙29—NF51	7,799	+ 24,220	

¹ Au rez-de-chaussée de la maison portant le N° 393, sur le quai de la Reuss, se trouve un fût de colonne en marbre, au sommet duquel est scellé un repère en bronze, qui a servi à déterminer le niveau du seuil en pierre de la Reuss, d'après l'accord entre les cantons riverains; ce repère est élevé de + 1^m,030 au-dessus de ⊙24.

² Une opération faite en dehors de la ligne de nivellement pour rattacher au repère NF N° 50 le zéro de l'échelle limnimétrique de la Reuss, en face du théâtre, a donné les résultats suivants: Le zéro de l'échelle est par la moyenne de deux opérations, qui s'accordent à un quart de millimètre près, à + 1^m,661 au-dessus de NF N° 50, dont elle est distante de 114^m. La division en pouces suisses de 3^{cm} va de haut en bas.

³ Arrivé à Meggen, près de Küssnacht, M. Benz a été dirigé sur Andermatt pour niveler la ligne du St-Gothard, ainsi qu'il a été dit page 172.

Nivellement de la route du St-Gothard de Flüelen à Giornico.

Exécuté par M. Benz, Juillet à Octobre 1869.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
1° De Flüelen à Altorf.			
NF68—NF69 ¹	3,056 ^{km}	+ 23,625 ^m	NF N° 69 <i>r</i> en bronze scellé sur une dalle du porche de l'église de Flüelen, près du socle de la colonne de droite. NF N° 68 <i>r</i> en bronze scellé sur le seuil en granit devant l'Hôtel de Ville à Altorf.
2° De Altorf à Erstfeld.			
⊙28—NF68	0,291 ^{km}	+ 6,314 ^m	⊙28 <i>r</i> sur la marche inférieure du perron de la maison de M. Loser, avocat, c'est un repère du chemin de fer, mais la couleur est effacée.
⊙27—⊙28	1,212	+ 26,555	⊙27 <i>r</i> sur l'extrémité nord, en amont, du parapet du pont sur le Schächenbach.
⊙26—⊙27	1,872	— 38,790	⊙26 <i>r</i> sur le parapet à droite entre les deux ruisseaux, près de la Reinnachfluh.
⊙25—⊙26	2,631	+ 10,648	⊙25 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 6.
NF67—⊙25	1,544	+ 8,247	NF N° 67 <i>r</i> en bronze scellé sur le seuil en granit de la porte principale de la chapelle à Erstfeld.
NF67—NF68	7,550	+ 12,974	
3° De Erstfeld à Amsteg.			
⊙24 ² —NF67	0,728 ^{km}	+ 3 154 ^m	⊙24 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 8.
⊙23—⊙24	2,091	+ 30,243	⊙23 <i>r</i> sur la troisième borne, à partir de l'Est, à droite de la route, au coude après la borne kilométrique N° 10.
⊙22—⊙23	1,869	+ 31,299	⊙22 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 12.
NF66—⊙22	1,663	— 16,963	NF N° 66 <i>r</i> en bronze scellé sur le seuil de l'entrée principale de l'église de Amsteg, côté droit.
NF66—NF67	6,351	+ 47,733	
4° De Amsteg à Wasen.			
⊙21—NF66	0,342 ^{km}	+ 5,755 ^m	⊙21 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 14.
⊙20—⊙21	0,985	+ 69,203	⊙20 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 15.
⊙19—⊙20	1,543	+ 67,455	⊙19 <i>r</i> sur le parapet du pont sur le ruisseau Intschi, extrémité sud en aval.
<p>¹ Deux autres repères ont été déterminés à Flüelen, l'un le ⊙<i>a</i> (repère du chemin de fer, couleur effacée) sur une borne près de la façade sud de l'hôtel de l'Aigle, est à 93^m de distance de NF 69, et plus bas de — 0^m,054. L'autre repère est le zéro de l'échelle limnimétrique dans le port, qui est de + 0^m,012 plus élevé que NF 69, distance 115^m.</p> <p>² Un repère ⊙<i>b</i> du chemin de fer marqué par une croix taillée au ciseau sur une borne, près de l'entrée de l'hôtel de la Croix, à Klus, est de — 1^m,787 plus bas que ⊙24, et il en est distant de 250^m.</p>			

Nivellement de la route du St-Gothard de Flüelen à Glornico.

Exécuté par M. Benz, Juillet à Octobre 1869 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre	Désignation des repères.
4° De Amsteg à Wasen (suite).			
⊙18—⊙19	1,278 ^{km}	— 13,754 ^m	⊙18 <i>r</i> sur le parapet du pont sur la Reuss près de Meitschlingen, extrémité ouest, en aval.
⊙17—⊙18	1,158	+ 46,360	⊙17 <i>r</i> sur le parapet du pont sur le Fellibach, côté droit, à 12 ^m au Nord-Ouest du milieu du pont
⊙16—⊙17	1,522	+ 27,829	⊙16 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, entre les bornes kilométriques Nos 20 et 21 un peu au delà d'un gros rocher, à droite de la route.
⊙15—⊙16	0,651	+ 22,205	⊙15 <i>r</i> sur une pierre du soubassement de l'auberge de la poste à Wyler, façade ouest.
⊙14—⊙15	1,597	+ 65,293	⊙14 <i>r</i> sur un rocher à 1 ^m à gauche de la route, à 10 ^m à l'Est du pont du Pfaffensprung.
⊙13 ¹ —⊙14	1,135	+ 46,337	⊙13 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 24.
⊙12—⊙13	0,828	+ 58,751	⊙12 <i>r</i> sur le rebord d'une colonne à l'extrémité du mur de soutènement de droite du perron de l'hôtel du Bœuf, à Wasen.
NF65—⊙12 ²	0,133	+ 16,491	NF N° 65 <i>r</i> en bronze scellé sur un rocher à 1 ^m 1/2 de la façade nord de l'église de Wasen.
NF65—NF66	11,172	+ 411,925	
5° De Wasen à Göschenen.			
⊙12—NF65	0,133 ^{km}	— 16,491 ^m	⊙12 même repère que ci-dessus.
⊙11—⊙12	0,387	+ 3,182	⊙11 <i>r</i> sur un rocher à gauche de la route, à l'extrémité d'un long mur de soutènement.
⊙10—⊙11	0,960	— 2,997	⊙10 <i>r</i> sur un gros rocher à 1 ^m à droite de la route, à 50 ^m au delà du pont à Wattigen.
⊙9—⊙10	1,573	+ 63,140	⊙9 <i>r</i> sur un rocher à 5 ^m à droite de la route, près de l'extrémité ouest du parapet du pont sur la Reuss (Schöne Brücke).
⊙8—⊙9	0,832	+ 52,820	⊙8 <i>r</i> sur un rocher au bord droit de la route, à 65 ^m en aval de la passerelle en bois sur la Reuss.
NF64—⊙8	1,214	+ 65,833	NF N° 64 <i>r</i> en bronze scellé sur un rocher contre la façade nord de l'église de Göschenen.
NF64—NF65	5,099	+ 165,487	
<p>¹ Un repère ⊙c du chemin de fer sur le parapet du pont sur la Reuss, à Maien, à l'extrémité nord, en aval, est de — 16^m,380.5 plus bas que le ⊙13, et il en est distant de 217^m.</p> <p>² La section NF N° 65 — ⊙12 a été nivelée deux fois, en montant et en descendant; les deux opérations s'accordent à neuf dixièmes de millimètre près, le chiffre indiqué est la moyenne des deux opérations.</p>			

Nivellement de la route du St-Gothard de Flüelen à Giornico.

Exécuté par M. Benz, Juillet à Octobre 1869 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
6° De Göschenen à Andermatt.			
⊙7 — NF64 ¹	0,558	+ 29,146	⊙7 <i>r</i> sur la pierre inférieure du signal trigonométrique, près de l'embouchure nord du tunnel projeté.
⊙6 ² — ⊙7	0,398	+ 5,964	⊙6 <i>r</i> sur l'angle du parapet du pont sur la Reuss, extrémité sud à droite.
⊙5 — ⊙6	0,765	+ 64,397	⊙5 <i>r</i> sur un rocher encastré dans un mur de soutènement, à gauche de la route.
⊙4 — ⊙5	0,367	+ 34,023	⊙4 <i>r</i> sur un gros rocher situé à deux mètres à droite de l'extrémité du mur de soutènement près du pont (Spreng-Brücke) sur la Reuss, rive droite.
⊙3 — ⊙4 ³	1,245	+ 104,859	⊙3 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, la quatrième comptée d'en haut, près du coude qui se trouve au delà de la borne kilométrique N° 33.
⊙2 — ⊙3	0,753	+ 63,445	⊙2 <i>r</i> sur une cadette du mur du soutènement à gauche de la route, à 18 mètres en amont de l'extrémité du parapet gauche du pont du Diable.
⊙1 — ⊙2	1,299	+ 37,452	⊙1 <i>r</i> sur un pilier en granit à l'angle nord-est d'une grange, à droite de la route, avant Andermatt.
NF53 — ⊙1	0,556	+ 4,597	NF N° 53 <i>r</i> en bronze scellé sur le seuil de la porte de l'église d'Andermatt, façade ouest.
NF53 — NF64	5,941	+ 343,883	
7° D'Andermatt à Hospenthal.			
⊙1 — NF53	1,159	— 3,852	⊙1 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 37.
⊙2 — ⊙1	0,576	+ 5,005	⊙2 <i>r</i> sur un rocher de granit à 3 ^m à gauche de la route, à 20 ^m de la chapelle Sainte-Anna.
NF54 — ⊙2	0,654	+ 18,073	NF N° 54 <i>r</i> en bronze scellé sur le perron, près de la colonne la plus occidentale du Meierhof à Hospenthal.
NF54 — NF53	2,389	+ 19,226	
<p>¹ Un repère ⊙<i>d</i>, qui porte le N° 40 des repères du chemin de fer, et qui se trouve sur le parapet du pont de Göschenen, extrémité sud à droite, est élevé de + 5^m,269 au-dessus de NF 64, dont il est distant de 128^m.</p> <p>² Un repère ⊙<i>e</i>, du chemin de fer, qui se trouve sur le parapet du pont sur la Reuss, extrémité nord, à droite, est élevé de + 1^m,002.5 au-dessus de ⊙6, dont il est distant de 57^m.</p> <p>³ Un repère ⊙<i>f</i>, qui porte le N° 34 des repères du chemin de fer, et qui se trouve sur le parapet de droite du pont sur la Reuss (Spreng-Brücke), à l'extrémité ouest, est élevé de + 1^m,883 au-dessus de ⊙4, dont il est distant de 30^m,5.</p>			

Nivellement de la route du St-Gothard de Flüelen à Giornico.

Exécuté par M. Benz, Juillet à Octobre 1869 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre	Désignation des repères.
8° De Hospenthal au point culminant de la route du St-Gothard.			
⊙3 — NF54	km 0,893	m +64,244	⊙3 r sur un rocher de granit à droite de la route, à l'extrémité du premier lacet au-dessus de la borne kilométrique N° 39.
⊙4 — ⊙3	0,844	+63,532	⊙4 r sur un rocher à gauche de la route, à 20 ^m au delà de la borne kilométrique N° 40.
⊙5 — ⊙4	0,900	+51,401	⊙5 r sur une borne à gauche de la route, la 19 ^e en deçà de la borne kilométrique N° 41.
⊙6 — ⊙5	1,148	+71,160	⊙6 r sur la première cadette d'un mur de soutènement à gauche de la route, à 80 ^m environ au delà de la borne kilométrique N° 42.
⊙7 — ⊙6	1,089	+77,673	⊙7 r sur un rocher au bord de la route, à droite, à 100 ^m environ au delà de la borne kilométrique N° 43.
⊙8 — ⊙7	0,892	+72,643	⊙8 r sur un rocher incliné au bord droit de la route, au deuxième tournant au-dessus du Mättli.
⊙9 ¹ — ⊙8	1,056	+70,696	⊙9 r sur le premier rocher à droite de la route après un replat, à l'est d'une grange.
⊙10 — ⊙9	1,604	+83,714	⊙10 r sur un rocher à droite de la route, près du pont sur la Reuss, au delà de la Cantoniera.
⊙11 — ⊙10	0,548	+42,836	⊙11 r sur un petit rocher, à 106 ^m environ en deçà de la borne kilométrique N° 129.
NF55 — ⊙11	0,701	+50,719	NF N° 55 r en bronze scellé sur un rocher de granit, à 1 ^m ,5 à gauche de la route; ce repère marque le point culminant du col du St-Gothard.
NF55 — NF54	9,675	+648,618	
9° Du point culminant de la route du St-Gothard à l'Hospice.			
NF56 — NF55	km 0,715	m —17,047	NF N° 56 r en bronze scellé sur un rocher de granit, à 4 ^m de l'extrémité ouest du mur du lac, près de l'hôtel de la Prosa au St-Gothard.
10° De l'Hospice du St-Gothard à Airolo.			
⊙12 — NF56	km 0,636	m —52,058	⊙12 r sur un rocher à droite de la route, à 4 ^m ,5 en deçà de la borne kilométrique N° 127.
⊙13 — ⊙12	0,219	—16,646	⊙13 r sur la dernière borne à droite de la route, au-dessous du premier pont sur la Tremola.
⊙14 — ⊙13	0,767	—58,345	⊙14 r sur la dernière borne, à droite de la route, au premier tournant après la borne kilométrique N° 126.
⊙15 — ⊙14	0,591	—47,531	⊙15 r sur une borne à gauche de la route, à la croisée de l'ancienne route et de la nouvelle.
<p>¹ Un repère ⊙9, qui se trouve sur le sommet de la borne limite des cantons d'Uri et du Tessin, entre les repères ⊙8 et ⊙9, et à 422^m en deçà de ce dernier, est de —20^m,266 plus bas que ⊙9.</p>			

Nivellement de la route du St-Gothard de Flüelen à Giornico.

Exécuté par M. Benz, Juillet à Octobre 1869 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
10° De l'Hospice du St-Gothard à Airolo (suite).			
⊙16—⊙15	^{km} 1,163	^m -92,017	⊙16 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 124, au tournant, après le premier refuge.
⊙17—⊙16	0,741	-62,702	⊙17 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, au deuxième lacet au-dessus de la borne kilométrique N° 123.
⊙18—⊙17	0,866	-69,587	⊙18 <i>r</i> sur la sixième borne, à gauche de la route, en deçà du deuxième refuge, bâtiment au nord.
⊙19—⊙18	0,320	-28,622	⊙19 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, la 25 ^e au delà de la borne kilométrique N° 122.
⊙20—⊙19	0,638	-54,946	⊙20 <i>r</i> sur un rocher à droite de la route, près du premier tournant en deçà de la borne kilométrique N° 121.
⊙21—⊙20	1,168	-75,323	⊙21 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 120, à droite de la route.
⊙22—⊙21	0,958	-74,725	⊙22 <i>r</i> sur la borne kilométrique N° 119, à droite de la route.
⊙23—⊙22	0,415	-32,284	⊙23 <i>r</i> sur un rocher à droite de la route.
⊙24—⊙23	0,932	-73,993	⊙24 <i>r</i> sur la marche supérieure du perron de la petite chapelle, entre les bornes kilométriques N° 118 et 117.
⊙25—⊙24	1,150	-94,696	⊙25 <i>r</i> sur le sommet arrondi d'une borne à gauche de la route.
⊙†1—⊙25	1,240	-74,817	⊙†N° 1 <i>r</i> en bronze scellé sur un couvercle de coulisse, à droite de la route, à 170 ^m environ en deçà de la borne kilométrique N° 115. Ce repère porte comme désignation le N° 1 avec la date 1866 et la croix fédérale.
NF57 ¹ —⊙†1	0,735	-21,733	NF N° 57 <i>r</i> en bronze scellé sur le seuil en granit du portail du cimetière d'Airolo, près du pilier de gauche.
NF57—NF56	12,539	-930,025	
10^a Nivellement latéral fait en vue de raccorder le signal trigonométrique près de l'embouchure sud du tunnel projeté.			
⊙†1 —NF57	^{km} 0,735	^m +21,733	⊙†N° 1 même repère que ci-dessus.
⊙T —⊙†1	0,138	-25,108	⊙T <i>r</i> sur la dalle formant pont sur le ruisseau, près de la scierie.
⊙A —⊙T	0,403	-13,147	⊙A <i>r</i> sur le signal trigonométrique, près de l'embouchure sud du tunnel projeté.
⊙A —NF57	1,276	-16,522	
11° De Airolo à Piotta.			
⊙26—NF57	^{km} 1,038	^m -46,925	⊙26 <i>r</i> sur le parapet gauche, extrémité ouest, du pont sur la Canaria.
⊙27—⊙26	2,527	-77,903	⊙27 <i>r</i> sur le parapet de droite du pont sur le Tessin entre Airolo et Piotta, au-dessus de la pile du centre.
NF58—⊙27	1,397	-27,331	NF N° 58 <i>r</i> en bronze scellé sur le perron de l'église de Piotta, côté gauche.
NF58—NF57 ¹	4,962	-152,159	
¹ Un repère ⊙ <i>h</i> situé au milieu du seuil de la porte d'entrée de l'hôtel de la Poste à Airolo, et à 163 ^m en deçà du repère NF N° 57, est élevé de + 2 ^m ,552.5 au-dessus de ce dernier.			

Nivellement de la route du St-Gothard de Flüelen à Giornico.

Exécuté par M. Benz, Juillet à Octobre 1869 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
12° De Piotta à Fiesso.			
⊙28—NF58	km 2,246	m — 31,383	⊙28 r sur un couvercle de coulisse, à droite de la route, à mi-chemin entre Ambri-dessus et Ambri-dessous.
⊙29—⊙28	3,153	— 10,717	⊙29 r sur la borne kilométrique N° 104.
NF59—⊙29	0,720	— 21,187	NF N° 59 r en bronze scellé sur le pilier de droite du pont sur le premier ruisseau au delà de Fiesso.
NF59—NF58	6,119	— 63,287	
13° De Fiesso à Daziogrande.			
NF60—NF59	km 1,062	m — 15,962	NF N° 60 r en bronze scellé sur un rocher à 8 ^m à gauche de la route, à l'extrémité du premier pont sur le Tessin, au-dessous de Daziogrande.
14° De Daziogrande à Faido			
⊙30—NF60	km 0,217	m — 20,310	⊙30 r sur un mur de soutènement, à droite de la route, au premier tournant après une chapelle située entre les deux ponts sur le Tessin.
⊙31—⊙30	1,027	— 85,571	⊙31 r sur le parapet gauche du pont en ruine sur le Tessin, à l'extrémité inférieure de la nouvelle correction de la route.
⊙32—⊙31	0,714	— 28,678	⊙32 r sur un mur de soutènement (à 20 ^m de l'extrémité supérieure), à gauche de la route, en deçà de la borne kilométrique N° 100.
⊙33—⊙32	0,694	— 35,571	⊙33 r sur le parapet gauche d'un pont voûté sur le Tessin entre les bornes kilométriques N°s 100 et 99.
⊙34—⊙33	1,540	— 28,813	⊙34 r sur la borne kilométrique N° 98.
NF61—⊙34	0,309	— 16,856	NF N° 61 r en bronze scellé sur le seuil de la porte de l'église de Faido.
NF61—NF60	4,501	— 215,799	
15° De Faido à Lavorgo.			
⊙35—NF61 ¹	km 0,704	m + 6,143	⊙35 r sur la borne kilométrique N° 97.
⊙36—⊙35	1,698	— 55,352	⊙36 r sur la 7 ^e borne à gauche de la route, au delà de la dernière maison de Chiggiogna.
⊙37—⊙36	2,508	— 42,855	⊙37 r sur un rocher à droite de la route, à 210 ^m environ au delà de la borne kilométrique N° 93.
NF62—⊙37	1,974	— 39,327	NF N° 62 r en bronze sur le parapet gauche du premier pont sur le Tessin, au-dessous de Lavorgo, rive gauche du Tessin.
NF62—NF61	6,884	— 131,391	

¹ Un repère ⊙z, situé sur le perron de l'hôtel de l'Ange à Faido, à 185^m au delà de NF N° 61, est de — 1^m,062.5 plus bas que ce dernier repère.

Nivellement de la route du St-Gothard de Flüelen à Giornico.

Exécuté par M. Benz, Juillet à Octobre 1869 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
16° De Lavorgo à Giornico.			
⊙38—NF62	1,080 ^{km}	— 46,679 ^m	⊙38 <i>r</i> sur un mur de soutènement, à droite de la route, à 300 ^m environ au delà de la borne kilométrique N° 90.
⊙39—⊙38	0,866	— 61,117	⊙39 <i>r</i> sur un mur de soutènement, à droite de la route, au delà de la borne kilométrique N° 89.
⊙40—⊙39	1,474	— 61,325	⊙40 <i>r</i> sur une borne à droite de la route, à 350 ^m environ en deçà de la borne kilométrique N° 87.
NF63—⊙40	1,031	— 21,893	NF N° 63 <i>r</i> en bronze scellé sur un banc en granit, à droite de l'entrée de la poste (hôtel de l'Etoile), à Giornico.
NF63—NF62	4,451	— 191,014	

