

NIVELLEMENT DE PRÉCISION
DE
LA SUISSE

EXÉCUTÉ
PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE
A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

SIXIÈME LIVRAISON

GENÈVE, BALE, LYON
H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR

—
1877



NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

EXÉCUTÉ

PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE

A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

SIXIÈME LIVRAISON

GENÈVE, BALE, LYON

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR

—
1877

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT.

NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

§ XXV.

Travaux exécutés en 1874, 1875 et 1876.

La Commission géodésique a été obligée, ces dernières années, de consacrer avant tout ses ressources à l'achèvement des travaux de triangulation, et elle a dû ralentir un peu les progrès du nivellement, pour lequel elle a employé un seul ingénieur, qui est occupé pendant l'hiver à la réduction de ses nivellements et aussi, en partie, à celle des observations d'angles.

C'est à ces circonstances, auxquelles se joint le désir de réunir d'abord une certaine quantité de matériaux, que doit être attribué cet intervalle de trois ans, au bout duquel nous publions la sixième livraison, laquelle renferme les résultats des opérations exécutées en 1874, 1875 et 1876. Elle comprendra le double nivellement du polygone Nord-Est s'étendant entre les lacs de Zurich et de Constance, la ligne du Rhin entre Steckborn et Stein, le nivellement de contrôle de la ligne Berne-Aarbourg, et enfin la ligne de Berne-Brünig-Lucerne.

Quant au grand polygone des lacs, nous avons déjà exposé dans la quatrième livraison (voir page 220), que la première opération exécutée en 1871 par M. Benz n'a pas pu être publiée, à cause d'une erreur de clôture tout à fait inadmissible, qui exigeait une opération de contrôle. Cette seconde opération a été exécutée par M. Redard, successeur de M. Benz, d'abord en commun avec ce dernier, au printemps de 1873, pour la petite section entre Zurich et Pfäffikon; ensuite, pour la plus grande partie, en 1874. Comme notre ingénieur a pu commencer cette opération le 10 juillet 1874 seulement, après avoir terminé la vérification de la ligne d'Aarbourg-Lucerne, le temps exceptionnellement mauvais de l'automne ne lui a pas permis de la terminer complètement; car, arrivé le 14 novembre au repère $\odot 28$, entre Steckborn et Pfyn, il s'est trouvé arrêté dans son travail par des intempéries telles que nous avons dû le faire revenir, et renvoyer à l'année suivante la tâche de compléter la section Steckborn-Zurich, opération exécutée en avril et mai 1875.

La réduction de ce nivellement de contrôle a été faite presque entièrement à double par M. Redard, afin de laisser à M. Gardy le temps d'avancer les calculs de triangulation; ce dernier n'a donc réduit que les sections de Pfäffikon à Murg et de Steckborn-Zurich. Il va sans dire que M. Redard a fait le second calcul d'une façon tout à fait indépendante du premier, qu'il n'avait plus sous les yeux; et, en outre, l'un des calculs a été établi sur les feuilles originales, l'autre sur les copies de ces feuilles, ce qui fournit en même temps le contrôle de la copie des observations. Du reste, ces règles ont toujours été rigoureusement observées.

L'opération de contrôle a fait découvrir une faute extraordinaire et curieuse de 26 centimètres, commise dans la première opération par M. Benz, entre les repères $\odot 47$ et $\odot 48$. Il est difficile de se rendre compte d'une pareille faute, qu'il s'agisse d'une erreur de lecture ou d'inscription sur le carnet, parce qu'elle ne peut pas provenir d'une transposition des unités et des dizaines, et qu'elle a dû être commise sur les trois fils de la même manière. Quoiqu'il en soit, on verra qu'après l'élimination de cette erreur, le polygone a été amené à une clôture satisfaisante;

bien que l'erreur de clôture dépasse un peu celle de la plupart de nos autres polygones, ce qui s'explique peut être par la durée exceptionnelle de l'opération totale, qui s'est prolongée pendant cinq ans.

En 1875, le nouvel ingénieur M. Albert Steiger, de Berne, qui est entré au service de la Commission le 21 mai 1875 pour remplacer M. Redard démissionnaire, a commencé les premiers jours de juin le nivellement de la ligne du Rhin entre Steckborn et Stein (près Frick). Nous avons décidé de faire niveler cette ligne, qui forme avec les lignes Zurich-Steckborn et Zurich-Brugg-Stein un polygone pouvant servir utilement de contrôle ultérieur pour ces deux côtés; nous avons en outre l'avantage d'obtenir plusieurs nouveaux points de raccordement avec le nivellement allemand; enfin ce nivellement pouvait fournir des données utiles pour les études de la correction du Rhin, entreprises en commun par les autorités suisses et allemandes. Bien que la longueur de cette ligne ne dépasse pas sensiblement 100^{kil}, M. Steiger n'a pu la terminer que le 9 septembre, à cause du temps pluvieux qui a régné pendant cet été, et peut être, en partie aussi, parce que l'ingénieur, dont c'était la première opération indépendante de ce genre, n'avait pas encore acquis une pratique suffisante.

Immédiatement après, le 14 septembre, M. Steiger a commencé le nivellement de contrôle de la ligne Berne-Aarbourg, qu'il a terminé le 23 octobre. Nous avons décidé d'entreprendre cette seconde opération, parce que la discussion des polygones IV et VI, donnée dans le § XXIII (v. p. 346 et suiv.), avait fait entrevoir avec une certaine probabilité que la différence de niveau donnée, pour ce côté, par la première opération était un peu trop forte; on verra que cette prévision ne s'est pas vérifiée complètement.

Après avoir réduit pendant l'hiver de 1875-1876, en partie du moins, les nivellements exécutés en 1875, l'ingénieur est entré en campagne le 21 juin 1876, pour niveler la ligne Berne-Thun-Brienz-Brünig-Lucerne, que nous avons jugé nécessaire pour diviser par une diagonale notre grand polygone N^o VI. Favorisé par le temps, M. Steiger a pu terminer

cette ligne jusqu'au 7 septembre, ce qui avec les 130^{kil} de cheminement donne en moyenne 1^{kil},7 par jour, résultat satisfaisant pour une région de montagne, avec une pente assez forte sur le passage du Brünig.

Nous avons donc pu envoyer l'ingénieur encore en automne 1876 au Tessin, pour faire le double nivellement de la ligne Bellinzona-Monte-Cenere-Chiasso, et obtenir ainsi une seconde jonction avec l'Italie, la première, celle de Domo d'Ossola, avait été déjà exécutée il y a plusieurs années. La première opération de Bellinzona à Chiasso a pris juste un mois, du 13 septembre au 13 octobre, et l'opération de retour a pu être terminée jusqu'au 23 novembre. Aussitôt après son retour, l'ingénieur a commencé la double réduction de la ligne Berne-Lucerne, mais ayant dû consacrer une partie de son temps aux calculs des angles, il n'a pas encore terminé la réduction du nivellement du Tessin, dont la publication doit par conséquent être renvoyée à la prochaine livraison.

Nous mentionnons encore que nous avons profité de la présence de l'ingénieur à Neuchâtel, pour lui faire exécuter un petit nivellement au Chaumont, afin d'y rattacher au repère NF 3, établi précédemment près du signal, la nouvelle station météorologique, qui est transportée, depuis le mois d'octobre 1876, dans la nouvelle maison d'école. Ce nivellement, exécuté le 16 janvier 1877 par 22 coups de niveau, a donné entre le repère NF 3 et un nouveau repère, formé par un trait horizontal taillé dans la pierre d'angle, à droite de l'entrée de l'école :

$$\text{NF}_3 - \text{Repère} = +44^{\text{m}},396$$

et ensuite :

$$\text{NF}_3 - \text{pointe du baromètre} = 44^{\text{m}},497, \text{ avec une distance de } 790^{\text{m}}.$$

Comme d'habitude, nous donnons le tableau statistique des différents nivellements, dont nous publions les résultats dans cette livraison.

Sections	Nombre de jours	Repères en bronze	Repères secondaires	Autres points reliés	Distance nivelée	
A. Nivellement du polygone des lacs, par Benz, du 30 mai au 30 octobre 1871.						
Instrument n° I, mire n° I.						
Polygone de la ville de Zurich.	9	4	14	5	kilom. 3,599	
Zurich-Winterthour	17	6	13	—	23,190	
Winterthour-Frauenfeld	9	4	6	—	15,391	
Frauenfeld-Steckborn	9	2	11	—	17,622	
Steckborn-Constance	11	2	7	1	15,945	
Constance-Romanshorn	11	3	9	1	21,335	
Romanshorn-Rorschach	5	2	8	—	15,593	
Rorschach-Altstätten	17	3	13	2	26,850	
Margarethen-Fussach et retour.	4	1	3	1	2,816	NB. En dehors de la ligne du polygone, raccordement avec la Bavière. Zurich-Pfäffikon, v. 5 ^{me} liv.
Altstätten-Sargans	27	4	21	—	43,957	
Sargans-Weesen	16	4	15	7	31,117	
Weesen-Pfäffikon	16	4	21	5	27,735	
Total	151	39	141	22	247,150	
B. Nivellement de contrôle du polygone des lacs, de Pfäffikon à Steckborn, par Redard, du 10 juillet au 14 novembre 1871. — Instrument n° II, mire n° I.						
Pfäffikon-Weesen	31	—*	10*	—	kilom. 27,831	* On n'indique que les repères nouveaux posés dans la seconde opération.
Weesen-Sargans	20	—	11	—	31,118	
Sargans-Altstätten	26	—	6	—	43,902	
Altstätten-Rorschach	15	—	5	—	26,656	
Rorschach-Romanshorn	5	—	—	1	15,365	
Romanshorn-Constance	24	—	6	2	22,381	
Constance-Steckborn	14	—	7	—	15,814	
Steckborn-⊙ 28 entre Steckborn et Hörhausen	2	—	1	—	2,397	
Total	137	—	46	3	185,464	
C. Nivellement de contrôle du polygone des lacs, de Steckborn à Zurich, par Redard, du 9 avril au 1^{er} juin 1875. — Instrument n° I et II, mire n° I.						
Steckborn-Frauenfeld	21	—	6	—	kilom. 17,894	
Frauenfeld-Winterthour	16	—	6	—	15,761	
Winterthour-Zurich	17	—	2	—	23,223	
Total	54	—	14	—	58,878	
D. Nivellement de la ligne du Rhin entre Steckborn et Stein (près Frick), par Steiger, du 4 juin au 9 septembre 1875. — Instrument n° I, mire n° I.						
Steckborn-Schaffhouse	34	4	21	4	kilom. 32,373	
Schaffhouse-Eglisau	15	1	15	—	19,615	
Eglisau-Coblentz (Waldshut)	28	3	18	2	29,889	
Coblentz-Stein	21	1	18	3	28,124	
Total	98	9	74	9	110,001	

Sections	Nombre de jours	Repères en bronze	Repères secondaires	Autres points relés	Distance nivelée
E. Nivellement de contrôle de Berne-Aarbourg, par Steiger, du 14 septembre au 23 octobre 1875. — Instrument n° II, mire n° II.					
Berne-Berthoud	14	—	5	—	kilom. 21,710
Berthoud-Herzogenbuchsee	14	—	4	—	18,412
Herzogenbuchsee-Aarbourg	12	—	4	—	26,259
Total	40	—	13	—	66,381
F. Nivellement de Berne-Brünig-Lucerne, par Steiger, du 21 juin au 7 septembre 1875 Instrument n° I, mire n° I.					
Polygone de la ville de Berne	2	3	—	—	kilom. 1,400
Berne-Thoune	19	3	17	—	26,699
Thoune-Brienz	22	4	28	—	46,754
Brienz-Brünig-Sarnen	22	2	30	—	31,761
Sarnen-Lucerne	17	2	15	—	23,600
Total	82	14	90	—	130,214
G. Nivellement de la nouvelle station météorologique de Chaumont par Steiger, le 16 janvier 1877.					
Signal-Station météorologique	1	—	1	1	kilom. 0,790

§ XXVI

Détermination des constantes instrumentales et de la longueur des mires.

Pour les parties du nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance, qui ont été exécutées en 1871 et 1873 avec l'instrument N° I, et avec l'instrument N° II en 1874, on trouve dans les deux livraisons précédentes, pages 223 et 288, toutes les données sur ces deux instruments.

Pour les campagnes de 1875 et 1876, dans lesquelles on s'est servi essentiellement de l'instrument N° I, les constantes ont été déterminées comme d'habitude. Pour le nouveau réticule, la distance entre les fils

de la moyenne des fils au fil du milieu, de négative qu'elle était, est devenue positive.

En effet, nous avons trouvé :

$$A = \overbrace{413",69 \pm 0",38}^{\text{en 1875}} \quad \overbrace{414",05 \pm 0",48}^{\text{en 1876}}$$

et

$$\frac{1}{2}(A_2 - A_1) = + 0",283 \pm 0,087 \quad + 1",040 \pm 0",076$$

Pour le niveau N° 9084 de cet instrument, nous avons fait en 1875 deux nouvelles déterminations, savoir :

$$\begin{array}{ll} \text{le 25 mai} & 1875 \text{ (19 mesures) } 1^p = 2",965 \pm 0",011 \\ \text{le 18, 22 novembre} & \text{» (18 mesures) } 1^p = 3",131 \pm 0",026 \end{array}$$

La moyenne de ces deux déterminations, qui diffèrent entre elles bien au delà de leur incertitude, savoir $1^p = 3",048$, s'accorde cependant à très peu près avec la moyenne probable de toutes les déterminations précédentes de ce niveau. En effet, en résumant dans le tableau suivant les différentes déterminations de ce niveau, auxquelles nous ajoutons les valeurs qui ont été adoptées dans les différentes années, nous avons :

Niveau 9084 de l'Instrument N° 1.

Détermination.		Valeur adoptée.	
1866	$1^p = 2",801 \pm 0",009$	en 1865-66	$1^p = 2",801 \pm 0",009$
1867 11 novembre	$3,026 \pm 0,010$	1867	$3,026 \pm 0,010$
1869 10, 11, 12 mai	$3,096 \pm 0,011$	1869	$3,096 \pm 0,011$
1870 20 mai	$3,077 \pm 0,017$	1870	$3,075 \pm 0,017$
1871 5 février	$3,073 \pm 0,018$	1871	$3,086 \pm 0,020$
1872 16, 20 janvier	$3,100 \pm 0,022$	1872 printemps	$3,100 \pm 0,022$
1872 2 novembre	$3,067 \pm 0,026$	1872 automne	$3,084 \pm 0,017$
1873 21 mars	$3,049 \pm 0,062$	1873	$3,112 \pm 0,047$
1873 3 décembre	$3,159 \pm 0,027$		
1875 25 mai	$2,965 \pm 0,011$	1875	$3,050 \pm 0,018$
1875 18, 22 novembre	$3,131 \pm 0,026$	1876	$3,050 \pm 0,018$

On voit que ce niveau s'est maintenu remarquablement constant, à tel point, que les variations dépassent ordinairement à peine l'incertitude des déterminations, sauf pour la première qu'il convient de laisser de

côté, parce qu'elle a été faite sur le tube même du niveau, après l'avoir sorti de la monture, dans laquelle il est fixé; on n'a pas la même raison pour exclure l'avant-dernière valeur; ce niveau s'était-il réellement modifié à ce point, ou avait-on, par mégarde, trop serré les brides et changé ainsi la courbure? c'est ce que nous ne saurions dire, et par conséquent cette valeur ne peut pas être laissée de côté. Si l'on prend la moyenne des dix déterminations faites pendant les huit ans, on trouve pour leur

$$\text{Moyenne arithmétique } 1^p = 3,074 \pm 0,017$$

$$\text{Moyenne probable } 1 = 3,050 \pm 0,018$$

C'est donc cette dernière valeur que nous avons employée pour les campagnes de 1875 et 1876, car le temps avait manqué pour faire une détermination au printemps de 1876, avant le commencement des opérations; et on s'était proposé de le faire après la rentrée de l'instrument. Malheureusement le niveau a été cassé pendant le transport de l'instrument en chemin de fer de Lucerne à Neuchâtel. Nous regrettons beaucoup cet accident; dû certainement au traitement par trop brutal auquel les employés postaux ont malheureusement l'habitude de soumettre les colis en les transbordant; nous le regrettons surtout, à cause de la constance constatée pour ce niveau par un grand nombre de déterminations. D'un autre côté, cette constance donne la garantie, qu'en employant la moyenne générale probable pour la campagne de 1876, on ne peut pas s'écarter sensiblement de la réalité; car la variation moyenne d'une détermination à l'autre est de $\sqrt{(0,046)^2 - (0,023)^2} = \pm 0",04$, elle reste donc au-dessous de la limite, au delà de laquelle l'incertitude sur la valeur du niveau pourrait influencer la réduction (voir livraison I, page 34). Avec ces éléments, nous avons calculé pour les deux années les tables de réduction, dont les constantes sont d'après la désignation adoptée:

	En 1875	En 1876	
	$\frac{m}{c}$	$\frac{m}{c}$	
I D =	$c \times 4,9860$	$c \times 4,9816$	} en centièmes de centimètre.
II R =	$+c \times 0,068$	$+c \times 0,251$	
III X =	$c \times p \times 0,73727$	$c \times p \times 0,73663$	
C =	$\frac{\delta}{c} \times 135,64$	$\frac{\delta}{c} \times 135,75$	

D'après ces chiffres, la constante de la grande table III ne diffère, pour ces deux années, de son ancienne valeur 0,73973, que dans le rapport de 1:1,003 et de 1:1,004, en sorte qu'on a pu employer encore l'ancienne table de réduction calculée en 1867.

Pour l'instrument N° II, qui a servi en 1875 seulement à l'opération de contrôle de Bernc-Aarbourg, la détermination des distances des fils a donné :

$$A = 412",88 \pm 0",13; \frac{1}{3}(A_2 - A_1) = + 4",04 \pm 0",13$$

et un nouveau niveau N° 2, qui avait remplacé le N° 1 cassé, a été déterminé à la fin de la campagne, les 3 et 4 novembre, au cercle méridien de Neuchâtel; 42 mesures ont donné $1^p = 5",215 \pm 0",04$, c'est-à-dire une valeur sensiblement plus forte que celle des niveaux employés jusqu'ici. Aussi n'a-t-on pas continué à faire usage de ce niveau. Avec ces données, les constantes des tables de réduction ont été :

$$D = c \times 4^m,9958; R = + c \times 0,9785; X = c \times p \times 1,2631; C = \frac{\delta}{c} \times 79,192$$

Les comparaisons des mires, peu nombreuses du reste, qui ont été faites ces dernières années à Berne, ont confirmé en général les résultats antérieurs, et nous ont permis d'employer pour la réduction des nivellements les mêmes valeurs que précédemment (voir page 292). Après la campagne de 1874, les 3 et 4 décembre, M. Plantamour a fait, avec le concours de M. le professeur Riss, directeur du bureau fédéral des poids et mesures à Berne, deux séries de comparaisons des deux mires avec l'étalon en fer du Bureau, dont voici les résultats :

Comparaison entre les traits	MIRE I			MIRE II		
	1 ^{re} série (3 décembre) Temp. moy. 9°,06 290 ^{cm} de la mire =	2 ^{me} série (4 décembre) Temp. moy. 12°,92 290 ^{cm} de la mire =	Moyenne Temp. moy. 10°,99	1 ^{re} série (3 décembre) Temp. moy. 9°,42 290 ^{cm} de la mire =	2 ^{me} série (4 décembre) Temp. moy. 13°,10 290 ^{cm} de la mire =	Moyenne Temp. moy. 11°,26
	cm	cm	mm	mm	mm	mm
3 — 293	2902,465	2902,345	2902,405	2901,455	2901,427	2901,441
4 — 294	435	327	381	427	374	401
5 — 295	456	373	415	472	462	467
6 — 296	419	317	368	390	433	411
7 — 297	472	368	420	385	405	395
Moyenne	2902,449 ±0,010	2902,346 ±0,011	2902,398 ±0,010	2901,426 ±0,017	2901,420 ±0,015	2901,423 ±0,014

On en conclut:

pour la longueur de 1 mètre de la mire I = $1,000827 \pm 0,003$

II = $1,000491 \pm 0,005$

pour l'équation des mires I-II = $+0^{\text{mm}},336 \pm 0,006$

Ces valeurs dépassent les valeurs moyennes, non-seulement au delà de l'incertitude de ces dernières, mais aussi au delà de la variabilité moyenne. Pour la mire I, la valeur obtenue est un peu inférieure à celle trouvée le 12 décembre 1873; pour la mire II, cette comparaison a donné une plus grande valeur que toutes les autres, néanmoins l'écart positif est moindre que l'écart négatif observé en 1868. Il se peut que la forte humidité, qui régnait à l'époque de la comparaison, ait contribué à allonger les mires; mais, pour les raisons que nous avons développées dans les livraisons précédentes, on ne serait nullement justifié à envisager cet état des mires comme permanent, et à conclure que leur longueur ait été plus grande que précédemment pendant la campagne de l'année 1874.

Du reste, la comparaison qui a été exécutée par nous deux en 1875, le 10 septembre, a de nouveau donné des valeurs presque identiques avec les moyennes adoptées. En effet nous avons trouvé ce jour-là :

Comparaison entre les traits	MIRE I			MIRE II		
	1 ^{re} série Temp. moy. 20°,5 290 ^{cm} de la mire =	2 ^{me} série Temp. moy. 20°,6 290 ^{cm} de la mire =	Moyenne Temp. moy. 20°,55	1 ^{re} série Temp. moy. 20°,1 290 ^{cm} de la mire =	2 ^{me} série Temp. moy. 20°,2 290 ^{cm} de la mire =	Moyenne Temp. moy. 20°,15
3 — 293	2902,078	2902,059	2902,069	2901,025	2901,017	2901,021
4 — 294	2,035	021	2,028	0,989	0,983	0,986
5 — 295	2,012	015	2,014	1,021	1,010	1,015
6 — 296	1,991	005	1,998	0,963	1,008	0,986
7 — 297	1,977	029	2,003	0,975	0,962	0,969
8 — 298	2,017	022	2,020	0,908	0,898	0,903
Moyenne	2902,018 ±0,015	2902,025 ±0,007	2902,022 ±0,010	2900,980 ±0,018	2900,980 ±0,018	2900,980 ±0,017

Il en résulte

pour la longueur de la mire I = $1,000697 \pm 0,004$

$$\text{II} = 1,000338 \pm 0,006$$

pour l'équation des mires I-II = $+0,359 \pm 0,007$

Or, les valeurs moyennes que nous avons adoptées dans la dernière livraison, étaient pour ces trois quantités:

Mire I = $1,000697 \pm 0,031$ variation moyenne $\pm 0,078$

II = $1,000317 \pm 0,032$ $\pm 0,082$

I-II = $0,000380 \pm 0,009$ $\pm 0,022$

Si l'on voulait ajouter les deux nouvelles déterminations des mires aux anciennes valeurs, et prendre la moyenne des 13 comparaisons exécutées jusqu'à présent avec l'étalon de Berne, on obtiendrait les moyennes suivantes:

Longueur de la mire I = $1,000707 \pm 0,028$ variation moyenne $\pm 0,074$

II = $1,000332 \pm 0,030$ $\pm 0,082$

Équation des mires I-II = $+0,375 \pm 0,008$ $\pm 0,024$

Comme ces nouvelles moyennes ne diffèrent des anciennes que de quantités bien au-dessous de leur incertitude, nous avons exécuté toutes

les réductions de cette livraison avec les valeurs adoptées dans la dernière livraison, page 292, et nous continuerons de même pour les livraisons suivantes. Lorsque toutes les opérations de nivellement auront été terminées, toutes les différences de niveau seront recalculées avec les valeurs définitives de la réduction des mires résultant de l'ensemble de toutes les déterminations.

§ XXVII.

Résultats des nivellements exécutés en 1871, 1874, 1875, 1876.

Les tableaux suivants renferment sous la même forme que dans les livraisons précédentes les résultats des opérations suivantes :

1° Ligne Pfäffikon - Sargans - Constance - Steckborn - Zurich, première opération exécutée en 1871 par M. Benz, deuxième opération exécutée en 1874 et 1875, par M. Redard.

2° Polygones nivelés par M. Benz dans la ville de Zurich en 1871, pour relier différents points, tels que la gare, l'observatoire, l'école polytechnique, les échelles limnimétriques, etc. L'erreur de clôture de ces deux polygones étant d'un petit nombre de millimètres seulement, on a calculé pour chaque section, d'un repère à l'autre, la correction correspondante, qui ne dépasse jamais un millimètre; dans une dernière colonne on indique la différence de niveau corrigée.

3° Ligne le long du Rhin, de Steckborn à Stein dans le Frickthal, exécutée en 1875 par M. Steiger.

4° Ligne de Berne à Aarbourg, première opération exécutée en 1867, par M. Schönholzer, deuxième opération exécutée en 1875, par M. Steiger.

5° Ligne de Berne à Lucerne par Brienz et le Brünig, exécutée par M. Steiger en 1876.

Pour les motifs indiqués dans les livraisons précédentes, les dixièmes de millimètre sont conservés provisoirement dans ces tableaux, ils seront supprimés plus tard.

**Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs
de Zurich et de Constance.**

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
1^o De Pfäffikon NF 101 à Lachen NF 155.					
⊙119—NF104	km 2,470	m +10,1334	m +10,1376	m +10,1355	NF 104 r en bronze scellé sur la pierre de fondation, à l'angle nord, de la chapelle de Pfäffikon.
					⊙119 r sur un rocher, au nord de la route, au pied d'un mur, au point culminant de la route à Liedwyl entre Pfäffikon et Altendorf.
⊙118—⊙119	1,950	— 5,3555	— 5,3479	— 5,3517	⊙118 r sur le mur le long d'un ruisseau, à l'angle sud-est du jardin de l'auberge de la <i>Croix</i> , à Altendorf.
NF155—⊙118	1,694	—12,0938	—12,0910	—12,0924	NF 155 r en bronze scellé sur le socle, angle sud-ouest, de la tour sud de l'église à Lachen.
NF155—NF104	6,114	— 7,3159	— 7,3012	— 7,3086	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 104 à NF 155.</i>					
⊙120 _a —NF104	1,017		+ 2,4441		⊙120 _a r entre NF 104 et ⊙ 119 sur le seuil d'une porte de jardin, à gauche de la route.
2^o De Lachen NF 155 à Siebenen NF 154.					
⊙117—NF155	km 0,843	m +20,1169	m +20,1176	m +20,1173	⊙117 r sur une pierre au bord sud de la route, à 10 ^m en deçà du pont sur le Spreitenbach.
⊙116—⊙117	1,345	— 2,5386	— 2,5286	— 2,5336	⊙116 r sur le socle de la colonne à droite de l'église de Galgenen.
⊙115—⊙116	0,442	+ 1,2237	+ 1,2252	+ 1,2244	⊙115 r sur la marche inférieure du perron de la 4 ^{me} maison à droite de la route, au delà de l'église de Galgenen.
NF154—⊙115	1,656	+20,5598	+20,5628	+20,5613	NF 154 r en bronze scellé à l'angle nord du socle de la grande cheminée de la filature de M. Honegger, à Siebenen.
NF154—NF155	4,286	+39,3618	+39,3770	+39,3694	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 155 à NF 154.</i>					
⊙P—NF155		m — 1,6261			⊙P r sur le parapet le long du lac dans le port de Lachen, à côté de l'ancienne échelle limnimétrique; le zéro de cette échelle (la division allant de bas en haut) est à —3 ^m ,7674 au-dessous de NF 155, les divisions de la nouvelle échelle concordent avec celles de l'ancienne.
3^o De Siebenen NF 154 à Schübelbach NF 153.					
⊙114—NF154	m 1,554	m —13,6531	m —13,6659	m —13,6595	⊙114 r sur une dalle servant de passage sur le fossé, à droite de la route.
NF153—⊙114	1,102	— 3,3343	— 3,3267	— 3,3305	NF 153 r en bronze scellé à l'angle nord-est du soubassement du clocher à Schübelbach.
NF153—NF154	2,656	—16,9874	—16,9926	—16,9900	

¹ Pour la section Zurich à Pfäffikon, voyez la 5^{me} livraison, pages 309 à 311; d'après la moyenne des deux opérations, on a, pour la section entière (page 337) Pfäffikon NF 104 — Zurich (gare) NF 109 = + 7^m,5400 ± 7^{mm},45, distance 33^{km},03.

**Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs
de Zurich et de Constance.**

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
1^o De Schübelbach NF 153 à Ziegelbrücke NF 152.					
⊙113—NF153	km 2,102	m -12,6128	m -12,6099	m -12,6113	⊙113 r sur la pierre de fondation, à l'angle nord de la dernière maison à gauche de la route, à Bütikon.
⊙112—⊙113	0,991	- 6,5774	- 6,5759	- 6,5767	⊙112 r sur un rocher au bord droit de la route, au pied de la rampe en deçà de Reichenburg.
⊙111—⊙112	0,509	+22,5477	+22,5495	+22,5486	⊙111 r sur la marche inférieure du perron de la maison d'école à Reichenburg.
⊙110—⊙111	1,604	+ 6,6504	+ 6,6552	+ 6,6528	⊙110 r sur la marche inférieure du perron d'une maison à gauche de la route, au point culminant entre Reichenburg et Bilten.
⊙109—⊙110	2,251	- 7,4355	- 7,4336	- 7,4345	⊙109 r sur un portail en pierre, près d'une fontaine, à gauche de la route, à l'entrée du village de Unter-Bilten.
⊙108—⊙109	0,645	- 6,8913	- 6,9155	- 6,9034	⊙108 r sur un couvercle de coulisse près d'un moulin, à Bilten.
⊙106—⊙108	3,207	- 2,5972	- 2,5734	- 2,5853	⊙106 r sur la marche inférieure du perron de la colonie de la Linth.
NF152—⊙106	0,750	- 0,1704	- 0,1698	- 0,1701	NF152 r en bronze scellé sur la culée rive gauche, côté d'aval, du pont sur le canal de la Linth à Ziegelbrücke.
NF152—NF153	12,059	- 7,0865	- 7,0734	- 7,0799	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 153 à NF 152.					
⊙113 _a —⊙113	km 0,551	m	+ 1,8638		⊙113 _a r entre NF 153 et ⊙113, sur la marche supérieure d'un escalier au bord de la route, près de la dernière maison avant le pont en bois sur le Schwetzbach.
⊙112 _a —⊙113	0,490		+ 5,8907		⊙112 _a r entre ⊙113 et 112, sur le pilastre à l'extrémité du garde-fou du pont sur le Ruffibach, rive droite en amont.
⊙110 _a —⊙110	0,288		- 3,8613		⊙110 _a r entre ⊙111 et ⊙110 sur le couvercle d'un aqueduc sur un ruisseau, à droite de la route, près de l'auberge et du moulin du Mouton.
⊙109 _a —⊙110	1,175		-25,0265		⊙109 _a r entre ⊙110 et 109 sur une dalle servant de passage sur le fossé à gauche de la route, près d'une remise en bois.
⊙109 _b —⊙109	0,389		-10,2630		⊙109 _b r entre ⊙110 et ⊙109 sur une pierre au bord de la route, près de la première maison à Unter-Bilten.
⊙107 _a —⊙108	0,820		- 9,3778		⊙107 _a r entre ⊙108 et ⊙106 sur une pierre au bord du fossé, à droite de la route, à 25 ^m en deçà d'un pont sur le canal de la Linth.
⊙107 _b —⊙108	1,694		- 8,3614		⊙107 _b r entre ⊙108 et ⊙106 sur le couvercle d'un aqueduc près du canal de la Linth. — NB: Le repère ⊙107, posé par M. Benz dans la première opération, a été abandonné, parce qu'il ne présentait pas de garantie de solidité et de durée.
⊙B—⊙106		+ 2,88			⊙B marque tracée sur la paroi, correspondant au zéro de l'échelle du baromètre placé au rez-de-chaussée de la colonie de la Linth.
⊙E—NF152		- 3,53			⊙E zéro de l'échelle limnimétrique fixée au pont sur le canal de la Linth à Ziegelbrücke.

**Résultat des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs
de Zurich et de Constance.**

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
5° De Ziegelbrücke NF 152 à Wesen NF 151.					
⊙105—NF152	1,207 ^{km}	+ 0,2367 ^m	+ 0,2317 ^m	+ 0,2342 ^m	⊙105 r sur le socle d'une colonne en fer portant une affiche de chemin de fer, près d'un passage à niveau.
NF151—⊙105	1,462	+ 3,0611	+ 3,0711	+ 3,0661	NF151 r en bronze scellé sur la culée du pont du chemin de fer sur le canal de la Linth à Wesen, rive droite en amont.
NF151—NF152	2,669	+ 3,2978	+ 3,3028	+ 3,3003	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 152 à NF 151.</i>					
⊙E—NF151	0,750 ^{km}	— 4,924 ^m			⊙E zéro de l'échelle limnimétrique dans le lac de Wallenstadt, près de l'hôtel de l'Épée, à Wesen; les divisions en pouces suisses vont de haut en bas.
6° De Wesen NF 151 à Mühlehorn NF 150.					
⊙104—NF151	1,184 ^{km}	— 3,5973 ^m	— 3,5845 ^m	— 3,5909 ^m	⊙104 r sur la culée d'amont, rive gauche, d'un pont sur un ruisseau.
⊙103—⊙104	1,135	+ 1,8542	+ 1,8548	+ 1,8545	⊙100 r sur l'assise inférieure du pied droit de l'entrée du premier tunnel du chemin de fer, à partir de Wesen, côté du lac.
⊙102—⊙103	0,758	+ 1,3007	+ 1,3187	+ 1,3097	⊙102 r sur l'assise inférieure du pied droit de la voûte à la sortie du deuxième tunnel du chemin de fer, à partir de Wesen, côté du lac.
NF150—⊙102	1 928	— 1,7426	— 1,7394	— 1,7410	NF150 r en bronze scellé sur l'assise inférieure du pied droit de la voûte, à l'entrée du dernier tunnel en deçà de Mühlehorn, côté opposé au lac.
NF150—NF151	5,005	— 2,1850	— 2,1804	— 2,1677	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 151 à NF 150.</i>					
⊙101 _a —⊙102	0,803 ^{km}		— 0,5898 ^m		⊙101 _a r entre 102 et NF 150 sur l'assise inférieure du pied droit de la voûte, côté du lac, à l'entrée du troisième tunnel, à partir de Wesen.
⊙101 _b —⊙102	1,060		— 2,1956		⊙101 _b r entre ⊙102 et NF150 sur la culée de gauche du pont sur un ruisseau, à la sortie du troisième tunnel.
7° De Mühlehorn NF 150 à Murg NF 149.					
⊙101—NF150	1,298 ^{km}	— 0,1946 ^m	— 0,1924 ^m	— 0,1935 ^m	⊙101 r sur la culée de gauche du troisième aqueduc en aval de la gare de Mühlehorn.
⊙100—⊙101	2,691	— 0,1974	— 0,1990	— 0,1982	⊙100 r sur la culée de droite, côté d'amont, du quatrième aqueduc à l'ouest du tunnel, avant Murg.
NF149—⊙100	1,138	+ 4,1696	+ 4,1707	+ 4,1702	NF149 r en bronze scellé sur un rocher de couleur rougeâtre, près du pont voûté sur la Murg, à Murg, en aval de la fabrique.
NF149—NF150	5,124	+ 3,7776	+ 3,7793	+ 3,7784	

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 150 à NF 149.</i>					
⊙100 _a - ⊙101	km 1,544		+ 4,9514		⊙100 _a r entre ⊙101 et ⊙100 sur le parapet, rive droite en aval, du pont en fer; un peu en deçà de la limite des cantons de Glaris et de St-Gall.
8° De Murg NF 149 à Wallenstadt NF 148.					
⊙ 99 - NF149	km 2,006	m - 3,8247	m - 3,8255	m - 3,8251	⊙ 99 r sur l'angle gauche, côté d'amont, d'un aqueduc sous le chemin de fer, à 150 ^m environ à l'est du Rosengarten entre Murg et Unter-Terzen.
⊙ 98 - ⊙ 99	0,765	+ 0,8265	+ 0,8202	+ 0,8234	⊙ 98 r sur la culée de la rive droite d'un aqueduc sous le chemin de fer, près de la scierie à Unter-Terzen.
⊙ 97 - ⊙ 98	2,711	- 1,1510	- 1,1393	- 1,1452	⊙ 97 r sur la culée de droite, côté d'amont, du deuxième pont à l'ouest du tunnel de Bommerstein.
NF148 - ⊙ 97	1,418	- 0,5581	- 0,5589	- 0,5585	NF148 r en bronze scellé sur la culée, rive gauche côté d'amont, du pont en fer sur le canal de la Seez, près de Wallenstadt.
NF148 - NF149	6,900	- 4,7073	- 4,7035	- 4,7051	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 149 à NF 148.</i>					
⊙ 99 _a - NF149	km 0,974	m	- 2,8894		⊙ 99 _a r entre NF149 et ⊙99 sur le couvercle d'un passage voûté sous le chemin de fer.
⊙ 99 _b - ⊙ 99	0,343		+ 0,9698		⊙ 99 _b r entre NF 149 et ⊙99 sur le mur de soutènement du chemin de fer, à 70 ^m environ à l'est de la tuilerie d'Unter-Terzen.
⊙E - NF148		- 0,102			⊙E zéro de l'échelle limnimétrique placée sur le pont sur le canal de la Seez.
9° De Wallenstadt NF 148 à Sargans NF 147.					
⊙ 96 - NF148	km 0,553	+ 0,6360	+ 0,6344	+ 0,6352	⊙ 96 r sur un couvercle d'aqueduc, au passage à niveau, à l'extrémité ouest de la gare de Wallenstadt.
⊙ 94 - ⊙ 96	3,965	+ 16,1573	+ 16,1819	+ 16,1696	⊙ 94 r à l'angle sud-est du pont sur le canal parallèle au chemin de fer, gare de Flums.
⊙ 93 - ⊙ 94	2,503	+ 8,6877	+ 8,6953	+ 8,6915	⊙ 93 r à l'angle sud-est du pont sur un ruisseau, en amont d'une maisonnette de garde-voie.
⊙ 92 - ⊙ 93	3,147	+ 22,5314	+ 22,5368	+ 22,5341	⊙ 92 r sur une borne, bord sud du chemin de fer, à 150 ^m environ en amont du premier passage à niveau, à l'est de Thiergarten.
⊙ 91 - ⊙ 92	2,296	+ 15,8762	+ 15,8766	+ 15,8764	⊙ 91 r sur le tronçon inférieur d'une borne brisée, à l'ouest du passage à niveau de la route Mels-Sargans point culminant du chemin de fer.
⊙ 90 - ⊙ 91	1,276	- 5,7010	- 5,7062	- 5,7036	⊙ 90 r sur un couvercle de coulisse, près de l'indicateur des routes, non loin de l'auberge du <i>Rössli</i> , à Sargans.
NF147 - ⊙ 90	0,349	+ 24,4912	+ 24,4950	+ 24,4931	NF147 r en bronze scellé à l'angle nord du soubassement de la tour de la chapelle <i>auf dem Splee</i> à Sargans.
NF147 - NF148	14,089	+ 82,6788	+ 82,7138	+ 82,6963	

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 148 à NF 147.</i>					
⊙ 96 _a - ⊙ 96	0,939 km	+ 1,6383 m			⊙ 96 _a r à l'angle sud-est du piédestal du monument de la Linth à Wallenstadt; cette section en dehors de la ligne de nivellement a été nivelée deux fois par M. Benz, les deux opérations s'accordant à 1 ^{mm} ,7 près.
⊙ E - ⊙ 96		- 2,800			⊙ E zéro de l'échelle limnimétrique dans le canal de la fabrique, à Wallenstadt.
⊙ E' - ⊙ 96		+ 0,695			⊙ E' zéro de l'échelle limnimétrique dans le canal de dessèchement, à Wallenstadt.
⊙ 95 _a - ⊙ 96	1,309		+ 4,2927		⊙ 95 _a r entre ⊙ 96 et ⊙ 94 sur une borne au nord du chemin de fer, à 15 ^m environ à l'ouest d'une maisonnette de garde-voie.
⊙ 94 _a - ⊙ 94	1,016		- 4,1562		⊙ 94 _a r entre ⊙ 96 et ⊙ 94 sur le parapet d'amont du pont sur un canal parallèle au chemin de fer, près de la maisonnette de garde-voie, au passage à niveau de la route de Berschis. — NB. Le repère ⊙ 95 posé par M. Benz n'a pas été retrouvé.
⊙ 93 _a - ⊙ 94	1,179		+ 2,6635		⊙ 93 _a r entre ⊙ 94 et ⊙ 93 sur la culée de gauche, en aval, du pont sur le canal parallèle au chemin de fer, au passage à niveau de la route Flums-Sargans.
⊙ 93 _b - ⊙ 93	0,524		- 2,6013		⊙ 93 _b r entre ⊙ 94 et ⊙ 93 sur l'extrémité rive gauche, en amont, d'un pont établissant une communication avec une maison isolée.
⊙ 92 _a - ⊙ 92	0,807		- 5,8741		⊙ 92 _a r entre ⊙ 93 et ⊙ 92 sur un rocher au sud du chemin de fer, au pied de la colline nommée Thiergarten.
⊙ 90 _a - NF 147	0,125		- 18,4360		⊙ 90 _a r entre ⊙ 90 et NF 147 sur le rocher près d'une fontaine, au bas du chemin conduisant à la chapelle <i>auf dem Splée</i> .
10^e De Sargans NF 147 à Wartau NF 146.					
⊙ 90 - NF 147	0,349 km	- 24,4912 m	- 24,4950 m	- 24,4931 m	⊙ 90 même repère que ci-dessus, le repère NF 147 étant hors de la ligne de nivellement.
⊙ 89 - ⊙ 90	0,447	- 1,4371	- 1,4479	- 1,4425	⊙ 89 r sur la tête d'un aqueduc de la route, près du premier passage à niveau, au nord de la gare de Sargans.
⊙ 88 - ⊙ 89	3,245	- 0,8281	- 0,8298	- 0,8290	⊙ 88 r sur la culée, rive gauche en aval, du pont du chemin de fer sur le Trübbach.
⊙ 87 - ⊙ 88	1,751	- 8,3193	- 8,3246	- 8,3219	⊙ 87 r sur la culée, rive gauche en aval, du deuxième pont du chemin fer, au delà de la gare de Trübbach.
NF 146 - ⊙ 87	1,603	- 4,3199	- 4,3211	- 4,3205	NF 146 r en bronze scellé sur la culée, rive droite en amont, du pont du chemin de fer sur le Schärgiessenbach, près de Wartau.
NF 146 - NF 147	7,395	- 39,3956	- 39,4184	- 39,4070	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 147 à NF 146.</i>					
⊙ 88 _a - ⊙ 89	1,198 km		+ 0,3316 m		⊙ 88 _a r entre ⊙ 89 et ⊙ 88, sur l'extrémité du parapet d'amont d'un pont, près du passage à niveau pour la route conduisant à Field.

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
11° De Wartau NF 146 à Werdenberg NF 145.					
⊙ 86—NF146	2,780	— 7,5878	— 7,5980	— 7,5929	⊙ 86 <i>r</i> sur la culée, rive droite en amont, d'un pont du chemin de fer, à 700 ^m environ en deçà de la gare de Sevelen.
⊙ 85—⊙ 86	1,622	— 4,2737	— 4,2597	— 4,2667	⊙ 85 <i>r</i> sur la culée, rive droite en amont, du pont du chemin de fer sur le Sevelenbach.
⊙ 84—⊙ 85	2,162	— 5,6736	— 5,6746	— 5,6741	⊙ 84 <i>r</i> sur la culée gauche du pont du chemin de fer sur le Sevelenbach à Bürgerau.
⊙ 82—⊙ 84	2,849	— 5,0666	— 5,0596	— 5,0631	⊙ 82 <i>r</i> sur une borne, près de l'indicateur des routes à Werdenberg.
NF145—⊙ 82	0,377	+16,7386	+16,7456	+16,7421	NF145 <i>r</i> en bronze scellé sur une pierre de fondation de la maison d'école à Werdenberg, près du portail.
NF145—NF146	9,790	— 5,8631	— 5,8463	— 5,8547	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 146 à NF 145.</i>					
⊙ 83 _a —⊙ 84	1,150		— 1,7303		⊙ 83 _a <i>r</i> entre ⊙84 et ⊙82 au pied du parapet d'amont d'un pont, près de la première maison d'Altendorf.
⊙ 83—⊙ 82	0,606	+ 6,0042			⊙ 83 <i>r</i> entre ⊙84 et ⊙82 sur la culée, rive droite en aval, du pont à Buchs.
12° De Werdenberg NF 145 à Rütli NF 144.					
⊙ 82—NF145	0,377	—16,7386	—16,7456	—16,7421	⊙ 82 même repère que ci-dessus, le repère NF 145 étant en dehors de la ligne de nivellement.
⊙ 80—⊙ 82	5,399	— 5,2472	— 5,2532	— 5,2502	⊙ 80 <i>r</i> sur la culée, rive droite en aval, du pont sur le Simmbach, à 400 ^m environ au delà de la gare de Haag.
⊙ 79—⊙ 80	2,302	— 2,3328	— 2,3396	— 2,3362	⊙ 79 <i>r</i> sur la culée, rive droite en aval, du pont sur le Wislenbach, à Salez.
⊙ 78—⊙ 79	0,906	— 1,2135	— 1,2123	— 1,2129	⊙ 78 <i>r</i> sur la culée, rive droite en aval, du pont du chemin de fer, près de la gare de Salez.
⊙ 77—⊙ 78	2,902	— 4,3843	— 4,3995	— 4,3919	⊙ 77 <i>r</i> sur le socle du huitième poteau télégraphique au sud du pont sur le Sennwaldbach.
⊙ 76—⊙ 77	1,024	— 0,6926	— 0,6826	— 0,6876	⊙ 76 <i>r</i> sur le socle du troisième poteau télégraphique au nord d'une maisonnette de garde-voie.
NF144—⊙ 76	2,115	— 4,8961	— 4,8919	— 4,8940	NF144 <i>r</i> en bronze scellé sur la culée, rive gauche en aval, du pont du chemin de fer sur le Fischergraben, au pied du Valentinberg, près de Rütli.
NF144—NF145	15,025	—35,5051	—35,5247	—35,5149	

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 145 à NF 144.</i>					
⊙ 81 _a - ⊙ 82	0,578 ^{km}		- 0,4912 ^m		⊙ 81 _a r entre ⊙82 et ⊙80 sur une borne de délimitation entre les communes de Buchs et de Grabs.
⊙ 81 - ⊙ 82	2,463		- 0,9268		⊙ 81 r entre ⊙82 et ⊙80 sur la culée, rive droite en amont, du pont sur le Grabserbach entre Buchs et Haag. — NB. Le repère ⊙81 a été déplacé entre les deux opérations, en sorte que l'on n'a pas pu faire usage du résultat de la première opération exécutée par M. Benz pour la détermination du repère ⊙81; mais M. Redard a fait deux fois le nivellement entre les repères ⊙82 et ⊙81 _a et entre ⊙81 _a et ⊙81, ces deux opérations s'accordent à 1 ^{mm} et 3 ^{mm} près.
13° De Rütli NF 144 à Altstädten NF 143.					
⊙ 75 - NF144	0,701 ^{km}	+ 0,2596 ^m	+ 0,2601 ^m	+ 0,2598	⊙ 75 r sur la culée, rive gauche en aval, du pont sur le Sandgraben, près de la première maisonnette de garde-voie au delà de la gare de Rütli.
⊙ 74 - ⊙ 75	1,912	- 0,1703	- 0,1715	- 0,1709	⊙ 74 r sur la culée, rive droite en amont, du pont sur la Lienz, près du château de Blatten.
⊙ 73 - ⊙ 74	1,821	- 5,5306	- 5,5344	- 5,5325	⊙ 73 r sur le socle du troisième poteau télégraphique en deçà de la maisonnette de garde-voie, au sud de la gare de Oberried.
⊙ 72 - ⊙ 73	1,103	+ 0,9213	+ 0,9186	+ 0,9200	⊙ 72 r sur la culée, rive gauche en amont, du pont sur le Röthelbach, au delà de la gare de Oberried.
⊙ 70 - ⊙ 72	4,508	+ 2,8694	+ 2,8518	+ 2,8606	⊙ 70 r sur la voûte d'un pont sur un ruisseau, près de la bifurcation d'un chemin à 1 ^{km} environ en deçà d'Altstädten.
NF143 - ⊙ 70	1,675	+36,5792	+36,6018	+36,5905	NF143 r en bronze scellé sur l'angle sud-ouest du soubassement de l'église à Altstädten.
NF143 - NF144	11,720	+34,9286	+34,9264	+34,9275	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 144 à NF 143.</i>					
⊙ 74 _a - ⊙ 74	0,653 ^{km}		+ 0,4325 ^m		⊙ 74 _a r entre ⊙75 et ⊙74 sur le socle d'un poteau télégraphique.
⊙ 71 _a - ⊙ 70	1,938		- 2,3396		⊙ 71 _a r entre ⊙72 et ⊙70 sur une dalle servant de passage sur le fossé de la route, non loin de la borne marquant $\frac{2}{3}$ lieue. — NB. Le repère ⊙71 posé par M. Benz n'a pas été retrouvé.
⊙ 69 _a - NF143	0,212		- 6,9611		⊙ 69 _a r entre ⊙70 et NF 143 sur une borne près de l'hôtel du Lion à Altstädten.
⊙ B - NF143		+ 5,0715			⊙ B r sur la quatrième marche, comptée d'en bas, du perron sur la façade est du bâtiment de l'école réale à Altstädten; dans ce bâtiment se trouve la station météorologique, le zéro de l'échelle du baromètre est à +11 ^m ,047 au-dessus de ⊙B, soit à +16 ^m ,118 au-dessus de NF 143.

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance:

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
14° De Altstädten NF 143 à Au NF 142.					
⊙ 69—NF143	km 2,073	m -37,9301	m -37,9387	m -37,9344	⊙ 69 r sur une borne, au bord de la route, près de la dernière maison de Leuchingen.
⊙ 68—⊙ 69	1,199	- 8,4571	- 8,4704	- 8,4638	⊙ 68 r sur une borne, à la bifurcation de la route conduisant à la gare de Rebstein.
⊙ 67—⊙ 68	2,507	- 0,8991	- 0,8816	- 0,8903	⊙ 67 r sur le parapet d'amont du pont sur un ruisseau à Balgach.
⊙ 66—⊙ 67	1,904	- 8,9089	- 8,9091	- 8,9090	⊙ 66 r sur le parapet du pont sur un ruisseau, près de la bifurcation de la route conduisant à Berneck.
NF142—⊙ 66	2,969	- 1,3299	- 1,3293	- 1,3296	NF142 r en bronze scellé sur une pierre du soubassement, à l'angle ouest de l'église, à Au.
NF142—NF143	10,652	-57,5251	-57,5291	-57,5271	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 143 à NF 142.</i>					
⊙ 67 _a —⊙ 68	km 0,750		+ 8,0599		⊙ 67 _a r entre ⊙68 et ⊙67 sur la pierre de soubassement à l'angle de la tour d'une vieille chapelle, à Rebstein.
⊙ 66 _a —⊙ 66	0,785		+ 2,2766		⊙ 66 _a r entre ⊙67 et ⊙66 sur une borne, à 70 ^m environ de la borne kilométrique à l'extrémité de Balgach marquant $\frac{2}{8}$ lieue.
15° De Au NF 142 à Rheineck NF 140.					
⊙ 65—NF142	km 0,949	+ 1,3820	+ 1,3754	+ 1,3787	⊙ 65 r sur la culée, rive gauche en amont, du pont du chemin de fer au nord de la gare d'Au.
⊙ 64—⊙ 65	2,106	- 3,5671	- 3,5706	- 3,5688	⊙ 64 r sur une borne un peu au nord de la première maison de St.-Margarethen.
⊙ 60—⊙ 64	0,602	+ 0,9565	+ 0,9525	+ 0,9545	⊙ 60 r sur le parapet ouest du pont sur un ruisseau près de l'hôtel du <i>Schweizerbund</i> , à St.-Margarethen.
⊙ 59—⊙ 60	2,875	- 1,5633	- 1,5566	- 1,5600	⊙ 59 r sur la culée de droite du pont du chemin de fer, à Nebengraben.
NF140—⊙ 59	1,496	- 0,8982	- 0,9046	- 0,9014	NF140 r en bronze scellé sur le mur en aile, côté d'aval, du pont du chemin de fer sur la Mühle, à l'ouest de la gare de Rheineck.
NF140—NF142	8,028	- 3,6901	- 3,7039	- 3,6970	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 142 à NF 140.</i>					
⊙ E —⊙ 65	km 0,220	m -4,385			⊙ E zéro de l'échelle limnimétrique du Rhin fixée contre la culée de gauche du pont sur le Rhin, un peu au delà d'Au; les divisions en pouces suisses vont de bas en haut
⊙ 59 _a —⊙ 60	0,544		+ 0,2389		⊙ 59 _a r entre ⊙60 et ⊙59, sur le milieu de la culée, rive gauche, d'un pont du chemin de fer, près de l'intersection d'une longue rangée de peupliers.

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 142 à NF 140 (suite).</i>					
⊙M — NF140	km	+ 0,010			⊙M repère bavarois sur la culée est du pont du chemin de fer sur la Mühle.
⊙E — NF140		— 0,531			⊙E division 90 pouces (mesures suisses) à l'échelle limnimétrique du Rhin, fixée à l'extrémité ouest du parapet le long du Rhin, près de la gare de Rheineck.
⊙BM — NF140	0,801	+ 0,536			⊙BM repère bavarois sur la culée, angle nord-ouest, du pont du chemin de fer sur le Tobelmühlbach.
15^a a De Rheineck NF 140 à Fussach NF 141.					
Embranchement pour le raccordement des repères autrichiens et bavarois à Fussach.					
⊙ 60 — NF140	km	+ 2,4615	+ 2,4612	+ 2,4614	⊙ 60 même repère que ci-dessus à St-Margarethen.
⊙ 61 — ⊙ 60	2,776	— 3,5275	— 3,5313	— 3,5294	⊙ 61 r sur la pierre de couronnement de la voûte du pont sur le canal de décharge de la fabrique Gysi, à Fussach.
⊙ 62 — ⊙ 61	1,506	+ 0,0827	+ 0,0843	+ 0,0835	⊙ 62 r sur une pierre de soubassement sur la façade nord de l'église de Fussach, près de l'escalier.
HM — ⊙ 62	1,203	— 1,5659	— 1,5674	— 1,5667	HM repère secondaire bavarois désigné par le n° 585 dans le <i>Nivellement bavarois</i> , 1 ^{er} fascicule, page 107. Ce repère est tracé sur une dalle du bord est de la jetée du port de Fussach, près de son extrémité sud.
NF141 — HM	0,145	— 0,6267	— 0,6243	— 0,6255	NF141 r en bronze scellé sur une dalle du bord est de la jetée du port de Fussach, près de son extrémité nord.
NF141 — NF140	10,001	— 3,1759	— 3,1775	— 3,1767	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 140 à NF 141.</i>					
⊙E — ⊙ 60	km	— 0,1504			⊙E trait correspondant à la division 13 pieds (autrichiens) à l'échelle du pont sur le Rhin à St-Margarethen.
⊙ 63 — ⊙ 61	1,577	+ 2,8838			⊙ 63 r sur une pierre kilométrique, à l'extrémité est du village de Höchst.
⊙HM — NF141	0	— 0,1790			⊙HM repère bavarois principal désigné par le n° 586 dans le <i>Nivellement bavarois</i> , 1 ^{er} fascicule, page 108. Ce repère est une plaque en fonte scellée contre le parement de la jetée du port de Fussach, droit au-dessous du repère NF 141. D'après les cotes indiquées dans le <i>Nivellement bavarois</i> , la différence de niveau des repères 586—585 serait — 0 ^m ,8081, tandis que les chiffres ci-dessus donnent — 0 ^m ,8045.
⊙E — NF141		— 0,5036			⊙E trait correspondant à la division 6 pieds 0 pouces 2 lignes (mesure autrichienne) à la nouvelle échelle limnimétrique placée contre la jetée de Fussach, près du repère NF 141.

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
16° De Rheineck NF 140 à Rorschach NF 139.					
⊙ 58 - NF140	km 0,963	+ m 1,9140	+ m 1,9143	+ m 1,9142	⊙ 58 r sur le milieu de la culée, rive droite, du pont du chemin de fer sur le Steinlibach, près de Bauried.
⊙ 57 - ⊙ 58	2,796	- 3,3848	- 3,3773	- 3,3811	⊙ 57 r sur le parapet du pont sur un ruisseau, à la bifurcation de la route conduisant à Altenrhein.
⊙ 56 - ⊙ 57	1,717	+ 0,3927	+ 0,3989	+ 0,3958	⊙ 56 r sur l'extrémité ouest d'un long mur de parapet, à l'ouest de Staad.
NF139 - ⊙ 56	2,546	+ 3,6998	+ 3,7101	+ 3,7050	NF139 r en bronze scellé sur le socle à droite du portail de l'église de Rorschach.
NF139 - NF140	8,022	+ 2,6217	+ 2,6460	+ 2,6339	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 140 à NF 139.</i>					
⊙ 57 _a - ⊙ 57	km 1,187		+ m 0,6620		⊙ 57 _a r entre ⊙58 et ⊙57, sur le parapet sud du pont Pfaffenbrücke.
⊙ 55 _a - NF139	0,692		- 3,8945		⊙ 55 _a r entre ⊙56 et NF 139, sur le mur du quai, à Rorschach, près d'une place de débarquement.
⊙ X - NF139	0,679	+ 42,1320			⊙ X r sur une borne devant le séminaire de Mariaberg, à Rorschach.
⊙ 55 - ⊙ X	0,034	+ 1,2393			⊙ 55 r sur un pilastre, à l'angle nord-est du séminaire de Mariaberg à Rorschach. Le zéro de l'échelle du baromètre de la station météorologique, à Rorschach, est à + 7 ^m ,984 au-dessus de ⊙55.
17° De Rorschach NF 139 à Arbon NF 138.					
⊙ 52 - NF139	km 4,052	- m 3,2904	- m 3,2830	- m 3,2867	⊙ 52 r sur le parapet d'aval du pont sur le Bächeli, au delà de Horn.
⊙ 51 - ⊙ 52	2,316	- 1,7799	- 1,8027	- 1,7913	⊙ 51 r sur le socle du premier poteau télégraphique au sud de la gare d'Arbon.
NF138 - ⊙ 51	0,929	+ 5,5032	+ 5,5323	+ 5,5177	NF138 r en bronze scellé sur le soubassement à l'angle sud-est de l'église d'Arbon.
NF138 - NF139	7,297	+ 0,4329	+ 0,4466	+ 0,4397	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 139 à NF 138.</i>					
⊙ 54 _a - NF139	km 0,322		- m 4,0647		⊙ 54 _a r entre NF 139 et ⊙52, sur le perron de la gare de Rorschach, extrémité est, entre la première colonne de fonte et le mur.
⊙ 54 - NF139	0,513	- 5,2703			⊙ 54 r entre NF 139 et ⊙52, sur le mur le long du lac, à l'extrémité occidentale du port de Rorschach. — NB. Ce repère n'a pas été retrouvé par M. Redard en 1874.
⊙ E - ⊙ 54		- 3,3354			⊙ E zéro de l'échelle limnimétrique dans le port de Rorschach, près de l'extrémité occidentale du quai; les divisions de cette échelle, en pouces suisses, vont de bas en haut.

**Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs
de Zurich et de Constance.**

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 139 à NF 138 (suite).</i>					
⊙E' — ⊙54	km	+ 0,8171	m		⊙E' zéro de l'échelle limnimétrique près du grenier à blé; dans cette échelle, divisée de 5 centimètres en 5 centimètres, le zéro est en haut. Le 16 août 1871, la lecture de la première échelle, 7",97, place le niveau de l'eau à —0 ^m ,944 au-dessous de ⊙54, et celle de la seconde, 1 ^m ,76, à —0 ^m ,943 au-dessous de ce même repère.
⊙ 53 — ⊙ 52	1,764		+ 3,2143		⊙ 53 r entre NF 139 et ⊙52, sur le parapet d'aval du pont sur la Goldach, au-dessus du sommet de la voûte. — <i>NB.</i> Ce repère a été changé entre 1871 et 1874, à la suite de travaux faits à ce pont, en sorte que la cote donnée par la première opération ne peut pas entrer en comparaison.
18° D'Arbon NF 138 à Romanshorn NF 137.					
⊙ 50 — NF138	0,886	— 1,2593	— 1,2609	— 1,2601	⊙ 50 r sur une borne, près du premier passage à niveau au NO. d'Arbon.
⊙ 49 — ⊙ 50	1,160	— 2,3507	— 2,3615	— 2,3561	⊙ 49 r sur le socle du poteau télégraphique près du Frasnachtbach.
⊙ 48 — ⊙ 49	2,284	+ 0,3293	+ 0,3454	+ 0,3374	⊙ 48 r sur le pied droit, côté droit en aval, d'un aqueduc du chemin de fer.
⊙ 47 — ⊙ 48 ¹	1,548	+ 0,7383	+ 0,7400	+ 0,7391	⊙ 47 r sur le mur en aile, rive droite en aval, du pont sur le Wylenbach, au delà de la gare d'Egnach.
NF137 — ⊙ 47	2,304	— 2,2586	— 2,2614	— 2,2600	NF137 r en bronze scellé sur la pierre de fondation du treuil servant au chargement des wagons sur les bateaux dans le port de Romanshorn.
NF137 — NF138	8,182	— 4,8010	— 4,7984	— 4,7997	
19° De Romanshorn NF 137 à Güttingen NF 136.					
⊙ 46 — NF137	0,725	+ 7,3943	+ 7,4004	+ 7,3974	⊙ 46 r sur la bordure du pont de la route au-dessus du chemin de fer, à la sortie de Romanshorn.
⊙ 45 — ⊙ 46	2,189	+ 12,4811	+ 12,4902	+ 12,4856	⊙ 45 r sur le parapet d'amont du pont sur le Tobelmühlebach.
⊙ 44 — ⊙ 45	1,115	— 0,7855	— 0,7870	— 0,7862	⊙ 44 r sur le parapet du pont, à peu près en face de l'église d'Utwyl.
NF136 — ⊙ 44	4,907	+ 13,9704	+ 13,9713	+ 13,9708	NF136 r en bronze scellé sur une pierre de fondation du mur du cimetière à Güttingen, côté extérieur vers la route.
NF136 — N 137	8,936	+ 33,0603	+ 33,0749	+ 33,0676	
<p>¹ Il y a eu une erreur sur cette section ⊙47 — ⊙48 dans la première opération, exécutée en 1871 par M. Benz, et qui donnait entre ces deux points une différence de niveau de 26 centimètres trop faible. M. Redard a nivelé deux fois cette section en 1874 et ce sont les résultats de cette double opération qui sont indiqués ci-dessus.</p>					

**Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs
de Zurich et de Constance.**

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.		
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.			
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF137 à NF136.</i>							
⊙E — NF137	km	— 3,866	m		⊙E zéro de l'échelle limnimétrique dans le port de Romanshorn, près du repère NF 137; les divisions, en pouces suisses, vont de bas en haut.		
⊙43 _a — ⊙44	0,726		— 2,2255		⊙43 _a r entre ⊙44 et NF 136, sur le parapet d'amont du pont sur le Unterbach, entre Utwyl et Kesswyl. — NB. Le repère ⊙43, posé par M. Benz dans la première opération, n'existe plus, le perron sur lequel il était placé ayant été démoli.		
⊙42 _a — NF136	1,186		— 13,0443		⊙42 _a r entre ⊙44 et NF 136, sur un couvercle de coulisse sur un ruisseau, à 60 ^m environ à l'ouest de la bifurcation du chemin conduisant à Moosburg.		
20° De Güttingen NF 136 à Kreuzlingen NF 135.							
⊙42 — NF136	km	— 5,6909	m	— 5,6949	m	— 5,6929	⊙42 r sur une borne au sud de la route, à 150 ^m environ à l'ouest de la croisée de la route conduisant de la gare au village d'Altnau.
⊙41 — ⊙42	2,564	— 14,1532		— 14,1560		— 14,1571	⊙41 r sur une borne à gauche du portail de l'hôpital de Münsterlingen.
⊙40 — ⊙41	2,422	— 2,2152		— 2,2081		— 2,2116	⊙40 r sur le parapet d'amont du pont sur un ruisseau, à Bottikhofen.
NF135 — ⊙40	2,280	+ 12,8610		+ 12,8662		+ 12,8636	NF135 r en bronze scellé sur le soubassement, à l'angle sud-ouest de l'église de Kreuzlingen.
NF135 — NF136	10,060	— 9,2033		— 9,1928		— 9,1980	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 136 à NF 135</i>							
⊙42 _b — NF136	km	— 3,8986	m				⊙42 _b r entre NF 136 et ⊙42, sur le parapet nord du pont sur un ruisseau, à 200 ^m environ au delà de Güttingen.
⊙41 _a — ⊙41	1,044		+ 1,2042				⊙41 _a r entre ⊙42 et ⊙41, sur le seuil d'une porte de vigne, côté sud de la route, près de la dernière maison de Landschlacht.
⊙40 _a — ⊙40	0,349		+ 6,4910				⊙40 _a r entre ⊙41 et ⊙40, sur le palier du perron de la maison d'école, à Bottikhofen.
⊙39 _a — ⊙40	1,132		— 0,1696				⊙39 _a r entre ⊙40 et NF 135, sur la marche inférieure du perron de la dernière maison de Kurzenrikenbach.
21° De Kreuzlingen NF 135 à Constance NF 134.							
⊙39 — NF135	km	— 15,2884	m	— 15,2847	m	— 15,2866	⊙39 r sur le socle de la première colonne soutenant l'avant-toit du bâtiment de la douane à Kreuzlingen.
⊙38 — ⊙39	0,867	— 9,0950		— 9,1113		— 9,1031	⊙38 r sur le mur du quai, le long du lac, dans le port de Constance, près de la première grue.
NF134 — ⊙38	0,521	+ 7,3044		+ 7,3206		+ 7,3125	NF134 r en bronze scellé sur le socle à droite du portail de la cathédrale de Constance.
NF134 — NF135	2,552	— 17,0790		— 17,0754		— 17,0772	

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 135 à NF 134.</i>					
⊙E — ⊙38	km		+ 0,3976		⊙E zéro de l'échelle limnimétrique dans le port de Constance, un peu au sud de ⊙38; les divisions de cette échelle, en pouces suisses de 3 centimètres, vont de haut en bas.
⊙HM — ⊙38	0,200		+ 2,5107		⊙HM repère du nivellement badois placé au milieu de la façade de la gare de Constance, du côté de la voie; moyenne de deux opérations s'accordant à 3 dixièmes de millimètre près.
⊙HM — NF134	0,600		- 4,8085		⊙HM même repère badois; le nivellement entre ces deux points a été fait 15 jours plus tard par M. Redard, par deux opérations qui s'accordent à 1 ^{mm} ,1 près. Des différences des cotes du repère badois, relativement aux repères ⊙38 et NF 134, résulte NF 134 — ⊙38 = + 7 ^m ,3192; tandis que le nivellement direct entre ces deux points (v. ci-contre) donne + 7 ^m ,3125 ± 8 ^{mm} ,4
22° De Constance NF 134 à Ermatingen NF 133.					
⊙36 — NF134	km	m	m	m	⊙36 r sur le parapet d'aval du pont sur un ruisseau, près de la <i>Wirtschaft zum Ochsen</i> , à Tägerwylen.
	3,358	- 2,7299	- 2,7280	- 2,7290	
⊙35 — ⊙36	2,861	+ 6,1280	+ 6,1310	+ 6,1295	⊙35 r sur le parapet d'amont du pont sur l'Aegerstenbach, près d'une fabrique entre Triboldingen et Ermatingen.
NF133 — ⊙35	1,609	+ 0,4851	+ 0,4859	+ 0,4855	NF133 r en bronze scellé sur le soubassement à l'angle est de l'église, à Ermatingen.
NF133 — NF134	7,823	+ 3,8832	+ 3,8889	+ 3,8860	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 134 à NF 133.</i>					
⊙37 — NF134	km	m	m		⊙37 r entre NF134 et ⊙36, sur une borne à 40 ^m environ à l'ouest de l'église protestante de Constance; ce repère n'a pas été déterminé dans la deuxième opération.
	0,537	- 5,0826			
⊙35 _a — ⊙36	0,685		+ 23,7866		⊙35 _a r entre ⊙36 et ⊙35, sur la marche inférieure du peron de la dernière maison de Tägerwylen, un peu en deçà du point culminant de la route.
23° D'Ermatingen NF 133 à Steckborn NF 132.					
⊙33 — NF133	km	m	m	m	⊙33 r sur le parapet d'aval du pont sur l'Eschenbach, entre Mannenbach et Berlingen.
	3,507	- 4,8282	- 4,8288	- 4,8285	
⊙32 — ⊙33	1,677	- 5,1829	- 5,1875	- 5,1852	⊙32 r sur le socle du portail de l'église de Berlingen, côté gauche.
NF132 — ⊙32	2,868	+ 4,0801	+ 4,0853	+ 4,0827	NF132 r en bronze scellé sur le soubassement à l'angle sud de l'église de Steckborn.
NF132 — NF133	8,052	- 5,9310	- 5,9310	- 5,9310	

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 133 à NF 132.</i>					
⊙ 33 _a - NF133	km 1,341		m - 7,1374		⊙ 33 _a r entre NF 133 et ⊙33, sur une borne au bord de la route, à 6 ^m à l'ouest du chemin conduisant à Arenenberg. — NB. Le repère ⊙34, posé par M. Benz à l'extrémité du village d'Ermatingen, n'existe plus.
⊙ 33 _b - ⊙ 33	0,555		- 6,2999		⊙ 33 _b r entre NF 133 et ⊙33, sur une borne, côté sud de la route, un peu à l'ouest de Mannenbach.
⊙ 32 _a - ⊙ 32	0,582		- 1,8247		⊙ 32 _a r entre ⊙33 et ⊙32, sur un mur, au bord du lac, près d'une fontaine, à l'extrémité est du village de Berlin-gen — NB. Le repère ⊙31, posé par M. Benz, entre ⊙32 et NF132, a été détruit par les travaux du chemin de fer.
21^e De Steckborn NF 132 à Frauenfeld NF 130.					
NB. M. Redard avait été obligé de suspendre les opérations de nivellement le 15 novembre 1874, à cause de la neige et du mauvais temps, étant arrivé au repère ⊙28, entre Steckborn et Frauenfeld; il les a reprises le printemps suivant, le 6 avril, en repartant de Steckborn. La section NF 132 à ⊙28 a été ainsi nivelée trois fois; les résultats de cette troisième opération sont donnés entre parenthèses au-dessous de ceux de la seconde, et l'on a pris la moyenne des trois opérations.					
⊙ 30 - NF132	km 0,675	m +19,8478	m +19,8471 (+19,8561)	m +19,8503	⊙ 30 r sur une borne, au point de bifurcation de la nouvelle route et de l'ancienne.
⊙ 29 - ⊙ 30	0,599	+28,8790	+28,8769 (+28,8750)	+28,8770	⊙ 29 r sur une borne, à l'extrémité supérieure d'un lacet, en face de la bifurcation d'un chemin.
⊙ 28 - ⊙ 29	1,062	+49,2833	+49,2763 (+49,2779)	+49,2792	⊙ 28 r sur une borne, à droite de la route, à 100 ^m environ en deçà d'un pont.
⊙ 27 - ⊙ 28	0,923	+44,2422	+44,2463	+44,2442	⊙ 27 r sur une borne, à gauche de la route, au sommet d'une forte rampe.
⊙ 26 - ⊙ 27	2,216	+ 7,2641	+ 7,2721	+ 7,2681	⊙ 26 r sur le palier du perron de la maison du forgeron, à Hörhausen.
⊙ 25 - ⊙ 26	1,380	-13,2456	-13,2341	-13,2398	⊙ 25 r sur une borne, à gauche de la route, au sommet d'une contre-pente, en deçà du <i>Schweikhof</i> .
⊙ 24 - ⊙ 25	1,937	-54,7173	-54,7209	-54,7191	⊙ 24 r sur une borne, à gauche de la route, en face de l'angle d'une forêt, à 1 ^{km} en deçà de Pfy.
⊙ 23 - ⊙ 24	1,088	-58,8089	-58,8039	-58,8064	⊙ 23 r sur une dalle recouvrant un réservoir d'eau, à droite de la route, à l'entrée du village de Pfy.
⊙ 22 - ⊙ 23	1,515	-23,1269	-23,1388	-23,1329	⊙ 22 r sur le parapet d'amont du pont sur l'Erlenbach, à la bifurcation de la route conduisant à Weiningen.
⊙ 21 - ⊙ 22	1,963	- 5,2752	- 5,2539	- 5,2645	⊙ 21 r sur le parapet d'aval du pont sur un ruisseau à Felben.
⊙ 20 - ⊙ 21	1,984	- 4,5412	- 4,5392	- 4,5402	⊙ 20 r sur l'angle sud-est de la culée d'un pont du chemin de fer, près du passage à niveau de la route, à 2 ^{km} en deçà de Frauenfeld.
NF130 - ⊙ 20	2,433	+24,6920	+24,6894	+24,6907	NF130 r en bronze scellé sur le soubassement de la tour de l'église protestante de Frauenfeld, à l'angle nord, à gauche de l'entrée principale.
NF130 - NF132	17,775	+14,4933	+14,5227	+14,5066	

Résultat des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance:

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 132 à NF 130.</i>					
⊙ 28 _a - ⊙ 28	0,212				⊙ 28 _a r entre ⊙29 et ⊙28, sur le sixième pilastre du garde-fou de la route au-dessus du ravin du Speckbach.
⊙ 27 _a - ⊙ 28	0,422				⊙ 27 _a r entre ⊙28 et ⊙27, sur une borne à droite de la route, la quatorzième au delà d'un pont sur un ruisseau.
⊙ 26 _a - ⊙ 27	0,976				⊙ 26 _a r entre ⊙27 et ⊙26, sur la marche inférieure du peron d'une maison isolée avant Hörhausen.
⊙ 24 _a - ⊙ 25	0,969				⊙ 24 _a r entre ⊙25 et ⊙24, sur la marche supérieure de l'escalier de la cave d'une maison, à 400 ^m environ en deçà de la bifurcation de la route conduisant à Lanzenneunforn.
⊙ 24 _b - ⊙ 24	0,476				⊙ 24 _b r entre ⊙25 et ⊙24, sur une borne, à gauche de la route, au contour au-dessous de la bifurcation de la route conduisant à Lanzenneunforn.
NF131 - ⊙ 22	0,636				NF131 r en bronze scellé sur une pierre de fondation du pont sur le ruisseau qui traverse le village de Pfy. — NB. Un débordement de ce ruisseau, au mois de juin 1874, avait emporté le pont sur lequel M. Benz avait placé le repère NF 131 en 1871; le pont a été rétabli, mais la détermination faite par M. Benz pour fixer la cote du repère n'a pas pu être utilisée.
⊙ 21 _a - ⊙ 21	0,781				⊙ 21 _a r entre ⊙22 et ⊙21, sur un couvercle d'aqueduc, à gauche de la route, à 1 ^{km} du pont sur la Thur.
25. De Frauenfeld NF 130 à Islikon NF 129.					
⊙ 19 - NF130	0,412	8,1254	8,1252	8,1253	⊙ 19 r sur une borne, à droite de la route, à l'angle d'une remise de tanneur, sur le Kappelerplatz, à Frauenfeld.
⊙ 18 - ⊙ 19	3,351	+ 5,2962	+ 5,3024	+ 5,2993	⊙ 18 r sur la corniche du pont sur le Kilenbinzbach, au-dessus du sommet de la voûte, en amont.
NF129 - ⊙ 18	0,895	+ 5,3823	+ 5,3818	+ 5,3821	NF129 r en bronze scellé sur l'avant-bec de la pile du pont du chemin de fer, au-dessus de la route, à Islikon.
NF129 - NF130	4,658	+ 2,5531	+ 2,5590	+ 2,5561	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 130 à NF 129.</i>					
⊙ 18 _a - ⊙ 18	1,313				⊙ 18 _a r entre ⊙19 et ⊙18, sur la troisième marche du peron d'une maison à Misenried, en face de la bifurcation de la route de Gachnang.
⊙ 17 _a - NF129	0,148				⊙ 17 _a r entre ⊙18 et NF129, sur le parapet d'aval du pont sur le Tägelbach, à Islikon.

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
26° De Islikon NF 129 à Wiesendangen (gare) NF 128.					
⊙ 16—NF129	km 3,692	+45,9822	+45,9802	+45,9812	⊙ 16 r sur la culée du pont du chemin de fer au-dessus de la route conduisant à Attikon.
NF128—⊙ 16	2,062	+ 3,9076	+ 3,9052	+ 3,9064	NF128 r en bronze scellé sur le mur en aile du pont du chemin de fer, à l'extrémité est de la gare de Wiesendangen.
NF128—NF129	5,754	+49,8898	+49,8854	+49,8876	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 129 à NF 128.</i>					
⊙ 17 _b —NF129	km 1,299		+34,6053		⊙ 17 _b r entre NF 129 et ⊙ 16, sur l'angle du bassin d'une fontaine, à l'entrée du village de Gundetschwyl. — NB. Le repère ⊙ 17, posé par M. Benz dans la première opération, à 300 ^m au delà de ⊙ 17 _b , n'a pas été retrouvé.
⊙ 16 _a —⊙ 16	0,475		— 5,0857		⊙ 16 _a r entre NF 129 et ⊙ 16, sur le pied droit de gauche, en aval, d'un aqueduc du chemin de fer, à 150 ^m environ en deçà du passage à niveau de la route conduisant à Attikon.
⊙ 15 _a —NF128	0,874		+ 8,7265		⊙ 15 _a r entre ⊙ 16 et NF 128, sur une pierre, à droite du chemin de fer, à 100 ^m environ en deçà du point de culmination de la voie.
27° De Wiesendangen (gare) NF 128 à Ober-Winterthur NF 127.					
⊙ 15—NF128	km 0,872	—10,2664	—10,2659	—10,2661	⊙ 15 r sur une borne à droite de la route.
NF127—⊙ 15	1,967	+12,4738	+12,4859	+12,4798	NF127 r en bronze scellé sur une pierre de fondation à l'angle sud-est de la tour de l'église, à Ober-Winterthur.
NF127—NF128	2,839	+ 2,2074	+ 2,2200	+ 2,2137	
28° De Ober-Winterthur NF 127 à Winterthur NF 126.					
⊙ 14—NF127	km 1,933	—26,4510	—26,4501	—26,4506	⊙ 14 r sur le seuil du portail de la propriété de M. Kellerblum, à l'extrémité est de la ville de Winterthur.
NF126—⊙ 14	0,393	— 1,7558	— 1,7566	— 1,7562	NF126 r en bronze scellé sur le soubassement en marbre noir de l'hôtel-de-ville, à Winterthur, au-dessous d'une des fenêtres de l'avant-corps.
NF126—NF127	2,326	—28,2068	—28,2067	—28,2068	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 127 à NF 126.</i>					
⊙ 14 _a —NF127	km 0,655		— 5,6448		⊙ 14 _a r entre NF 127 et ⊙ 14, sur le couvercle d'une fosse d'une maison isolée, au delà de Ober-Winterthur.

Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance:

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
29° De Winterthur NF 126 à Töss NF 125.					
⊙ 13—NF126	km 0,763	m 5,4757	m 5,4759	m 5,4758	⊙ 13 r sur le mur en aile, rive gauche en aval, du pont du chemin de fer sur l'Eulach, à Winterthur.
NF125—⊙ 13	1,950	3,5047	3,4994	3,5020	NF125 r en bronze scellé sur la corniche du pont sur la Töss, à Töss, côté d'aval, au-dessus du sommet de la voûte.
NF125—NF126	2,713	8,9804	8,9753	8,9778	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 126 à NF 125.					
⊙ E — ⊙ 13	km 0,536	m 5,508			⊙ E zéro de l'échelle du baromètre, dans la station météorologique de Winterthur.
30° De Töss NF 125 à Kempthal NF 124.					
⊙ 12—NF125	km 1,319	m 7,8126	m 7,8118	m 7,8122	⊙ 12 r sur la tablette d'une fenêtre du moulin, de M. Reinhard (Steigemühle), à droite de la porte.
NF124—⊙ 12	2,879	26,7642	26,7728	26,7685	NF124 r en bronze scellé sur le pont du chemin de fer sur la Kempt, près de la gare de Kempthal, côté d'amont, au-dessus de la route.
NF124—NF125	4,198	34,5768	34,5846	34,5807	
31° De Kempthal NF 124 à Tagelschwangen NF 123.					
⊙ 11—NF124	km 1,219	m 33,7069	m 33,7108	m 33,7089	⊙ 11 r sur une borne, dans un contour de la route, près d'un ravin.
⊙ 10—⊙ 11	1,260	22,2162	22,2143	22,2152	⊙ 10 r sur la marche inférieure du perron d'une maison isolée, au point culminant de la route.
⊙ 9—⊙ 10	1,657	15,9743	15,9635	15,9689	⊙ 9 r sur la tête d'une coulisse, à gauche de la route, à 30 ^m environ en deçà de la fontaine du village de Tagelschwangen.
NF123—⊙ 9	0,235	9,9255	9,9250	9,9252	NF123 r en bronze scellé sur une pierre de fondation, à l'angle sud, de la maison d'école, à Tagelschwangen.
NF123—NF124	4,371	49,8743	49,8866	49,8804	
32° De Tagelschwangen NF 123 à Schwamendingen NF 122 (pont sur la Glatt).					
⊙ 9—NF123	km 0,235	m 9,9255	m 9,9250	m 9,9252	⊙ 9 r même repère que ci-dessus.
⊙ 8—⊙ 9	2,907	53,3414	53,3384	53,3399	⊙ 8 r sur le pavier du perron de l'hôtel du <i>Cygne</i> , à Baltenschwyl.
⊙ 7—⊙ 8	1,955	19,8441	19,8338	19,8390	⊙ 7 r sur une tête de coulisse, en face de la bifurcation de la route conduisant à Dietlikon.
⊙ 6—⊙ 7	1,461	0,3394	0,3458	0,3426	⊙ 6 r sur la deuxième marche du perron de la maison de M. Benz-Ganz, à Niederschwerzenbach.
NF122—⊙ 6	1,022	8,6890	8,6858	8,6874	NF122 r en bronze scellé sur l'arrière-bec du pont sur la Glatt, entre Niederschwerzenbach et Schwamendingen.
NF122—NF123	7,580	92,1394	92,1288	92,1341	

**Résultats des deux opérations de nivellement du polygone reliant les lacs
de Zurich et de Constance.**

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 123 à NF 122.</i>					
⊙ 8 _a - ⊙ 8	km 1,642		m +40,1449		⊙ 8 _a r entre NF 123 et ⊙ 8, sur une borne à droite de la route, près de l'extrémité d'une coulisse, à la bifurcation d'un chemin à 1 ^{km} environ de Tagelschwangen.
33° De Schwamendingen (pont sur la Glatt) NF 122 à Schwamendingen (église) NF 121.					
NF121 - NF122	km 1,375	m +10,6574	m +10,6590	m +10,6582	NF121 r en bronze scellé sur une pierre de fondation de l'église de Schwamendingen, angle sud-est.
34° De Schwamendingen (église) NF 121 à Zurich (Polytechnicum) NF 111.					
⊙ 5 - NF121	km 0,405	m + 1,5131	m + 1,5107	m + 1,5119	⊙ 5 r sur la marche inférieure du perron de la maison de M. Bänninger, à Schwamendingen.
⊙ 4 - ⊙ 5	2,089	+47,5921	+47,6023	+47,5972	⊙ 4 r sur la dernière borne, à gauche de la route, avant Neubühl.
⊙ 3 - ⊙ 4	0,696	+ 2,1774	+ 2,1718	+ 2,1746	⊙ 3 r sur le parapet d'aval du pont sur le Letzibach.
⊙ 2 - ⊙ 3	0,875	- 2,6672	- 2,6672	- 2,6672	⊙ 2 r sur le mur du jardin attenant à la maison de M. Kreis, instituteur, à Oberstrass, à l'angle à gauche du perron.
NF111 - ⊙ 2	0,904	-34,3021	-34,2996	-34,3008	NF111 r en bronze scellé sur le soubassement à l'angle de l'entrée principale, façade ouest, du Polytechnicum, à Zurich.
NF111 - NF121	4,969	+14,3133	+14,3180	-14,3157	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 121 à NF 111.</i>					
⊙ 4 _a - ⊙ 4	km 0,896		m -26,6664		⊙ 4 _a r entre ⊙ 5 et ⊙ 4, sur la marche inférieure du perron d'une maison, à 350 ^m environ en deçà du pied d'une forte rampe.
⊙ 1 - ⊙ 2	0,336		-15,4856		⊙ 1 r entre ⊙ 2 et NF 111, sur l'angle du bahut supportant la grille du jardin attenant à la maison de M. Gallmann, boucher, à Oberstrass.

Résultats des opérations de nivellement exécutées dans la ville de Zurich, pour relier entre eux les repères de la gare, du Polytechnicum et de l'Observatoire.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Correction pour erreur de clôture.	Différence de niveau corrigée.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
1° Polygone dans la partie inférieure de la ville.					
⊙ 36—NF109	0,867 ^{km}	+ 3,0569 ^m	+ 0,4 ^{mm}	+ 3,0573 ^m	NF109 r en bronze scellé sur le socle devant l'entrée de droite de la gare de Zurich.
⊙ 35—⊙ 36	0,483	+ 1,3561	+ 0,3	+ 1,3564	⊙ 36 r sur le cordon de la culée, rive droite en amont, du pont en fer sur la Sihl, route de Baden.
⊙ 34—⊙ 35	0,487	— 2,6609	+ 0,3	— 2,6606	⊙ 35 r sur le socle à gauche du perron de la préfecture (<i>Bezirksgebäude</i>).
⊙ E — ⊙ 34	0,614	— 0,7529	+ 0,3	— 0,7526	⊙ 34 r sur le mur du Schanzgraben, sous l'angle ouest du pavillon de M. Baumann, près du pont <i>Bleicherweg</i> .
NF110—⊙ E	0,102	— 0,0093	+ 0,1	— 0,0092	⊙ E r sur le soubassement du parapet, à l'angle rive gauche en aval, du premier pont en amont sur la Limmat.
⊙ K — NF110	0,284	— 0,6456	+ 0,2	— 0,6454	NF110 r en bronze scellé sur le soubassement à l'angle nord de la Bibliothèque, à l'autre extrémité de ce pont.
⊙ I — ⊙ K	0,496	+ 0,1256	+ 0,3	+ 0,1259	⊙ K r sur le soubassement à l'angle nord de la halle de la boucherie.
NF109—⊙ I	0,266	— 0,4720	+ 0,2	— 0,4718	⊙ I r sur le parapet, à l'angle rive droite en amont, du nouveau pont sur la Limmat.
NF109—NF109	3,599	— 0,0021	+ 2,1	0,0000	NF109 r de la gare.
2° Polygone dans la partie supérieure de la ville.					
⊙ F — NF110	0,456 ^{km}	+ 3,8932 ^m	— 0,9 ^{mm}	+ 3,8923 ^m	NF110 même repère que ci-dessus, Bibliothèque.
NF120—⊙ F	0,536	+ 11,1965	— 1,0	+ 11,1955	⊙ F r sur le soubassement de la terrasse devant la maison de M. de Meiss-Ott, au <i>Kartoffelmarkt</i> .
⊙ G — NF120	0,206	+ 10,9939	— 0,6	+ 10,9933	NF120 r en bronze scellé sur le soubassement, près de l'angle sud-est, du nouveau bâtiment destiné aux écoles primaires, sur le Wolfbach.
NF111—⊙ G	0,594	+ 16,6865	— 1,0	+ 16,6855	⊙ G r sur le socle à droite de l'entrée principale du collège cantonal.
⊙ H — NF111	0,336	— 18,5949	— 0,8	— 18,5957	NF111 r en bronze scellé sur le soubassement à l'angle de l'entrée principale du Polytechnicum.
⊙ I — ⊙ H	0,351	— 24,6896	— 0,8	— 24,6904	⊙ H r sur la marche inférieure de l'escalier pratiqué dans le mur de soutènement, près de la maison <i>zum Haldenstein</i> dans la rue Léonard.
NF110—⊙ I	0,780	+ 0,5200	— 0,5	+ 0,5195	⊙ I même repère que ci-dessus, nouveau pont sur la Limmat
NF110—NF110	3,259	+ 0,0056	— 5,6	0,0000	
NB. De ces deux polygones on déduit :					
	⊙ I — NF 111	=	— 43,2861	distance	0,687 ^{km}
	NF 109 — ⊙ I	=	— 0,4718		0,266
	d'où NF 109 — NF 111	=	— 44,7579		0,953

Résultats des opérations de nivellement exécutées dans la ville de Zurich, pour relier entre eux les repères de la gare, du Polytechnicum et de l'Observatoire.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
NF112 -NF111	km 0,500	m +15,8744	NF112 r en bronze scellé sur la tablette de l'ouverture nord, pour la lunette méridienne, à l'Observatoire de Zurich. (Moyenne de deux opérations s'accordant à trois dixièmes de millimètre près.
⊙S —NF112		— 0,0398	⊙S r sur la tablette de la fenêtre nord, près de laquelle sont placés les baromètres.
<i>Raccordement de quelques repères dans la ville de Zurich, et détermination du zéro des échelles limnimétriques.</i>			
⊙A—NF109	km 0,828	m — 4,4648	⊙A r sur une dalle, à l'extrémité de la presqu'île au confluent de la Sihl et de la Limmat.
⊙B—NF109	0,580	— 1,3600	⊙B r à l'angle sud du socle du monument de Gessner, dans la promenade sur cette presqu'île.
P' ₁₀₀ —⊙A		+ 0,8343	P' ₁₀₀ trait correspondant à la division 100 (pouces suisses de l'échelle limnimétrique P', à l'extrémité de cette presqu'île.
P' ₁₀₀ —⊙B		— 2,2707	même trait de la même échelle. — <i>NB.</i> Ces deux déterminations faites par rapport aux repères ⊙A et ⊙B s'accordent à deux dixièmes de millimètre près, d'après la différence ⊙B—⊙A; les divisions de cette échelle vont de bas en haut.
P'' ₉₀ —⊙B	0,094	— 1,9766	P'' ₉₀ trait correspondant à la division 90 (pouces suisses) de l'échelle P'', dans la Limmat, près du monument de Gessner; les divisions de cette échelle vont de haut en bas.
⊙C—NF109	0,185	— 2,5453	⊙C r sur une pierre de fondation de l'escalier aboutissant à l'extrémité nord de la petite langue de terre, en aval du nouveau pont de la Limmat conduisant à la gare.
P''' ₆₀ —NF109	0,184	— 2,4427	P''' ₆₀ trait correspondant à la division 60 (pouces suisses) de l'échelle P''' placée à côté du repère ⊙C.
⊙MC—⊙K	0,253	— 0,2646	⊙MC r marque de St-Christophe, entaille pratiquée au montant de droite de la porte de la maison n° 36, sur le quai de la Limmat.
⊙D—⊙34	0,481	— 1,9038	⊙D r sur le mur du quai de l'hôtel-de-ville, à l'angle en aval du pont conduisant à l'île de la <i>Bauschanze</i> .
P ^{iv} ₈₀ —⊙D		— 0,9115	P ^{iv} ₈₀ trait correspondant à la division 80 (pouces suisses) de l'ancienne échelle P ^{iv} placée près du repère ⊙D; les divisions de cette échelle vont de bas en haut.
P ^v ₀ —⊙D		— 0,4646	P ^v ₀ zéro de la nouvelle échelle P ^v placée à côté de la précédente; les divisions de cette échelle vont de haut en bas.

Nivellement de la ligne le long du Rhin de Steckborn à Stein (Frickthal)

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
1° De Steckborn NF 132 à Stein NF 170.			
⊙ 1—NF132	1,178 ^{km}	— 4,4171 ^m	NF132 <i>r</i> en bronze scellé sur le soubassement à l'angle sud de l'église de Steckborn.
⊙ 2—⊙ 1	1,204	+ 8,5328	⊙ 1 <i>r</i> sur la tête d'amont de l'aqueduc sous la route, à la bifurcation d'un chemin de dévestiture.
⊙ 3—⊙ 2	1,438	+15,5313	⊙ 2 <i>r</i> à l'extrémité ouest du parapet d'amont du pont sur le Ziegelhüttebach, à Glarisegg.
⊙ 4—⊙ 3	1,921	-14,9613	⊙ 3 <i>r</i> à l'extrémité ouest du parapet d'amont du pont sur le Daubenmühlebach.
⊙ 5—⊙ 4	1,733	- 0,3828	⊙ 4 <i>r</i> à l'extrémité est du parapet en aval du pont sur le Mühlebach, dans le village de Mammern.
⊙ 6—⊙ 5	0,798	+ 1,7699	⊙ 5 <i>r</i> sur la tête d'amont de l'aqueduc sur le Pfennenbach, au-dessus de la <i>Gypsmühle</i> .
⊙ 7—⊙ 6	1,475	+ 4,2216	⊙ 6 <i>r</i> sur une borne taillée, à droite de la route, près d'un gros poirier, à 250 ^m en deçà de la première maison d'Eschenz.
⊙ 8—⊙ 7	1,232	+ 0,2180	⊙ 7 <i>r</i> à l'extrémité est, en amont, du cordon au-dessous du parapet du pont sur le Höflerbach, à Eschenz.
⊙ 9—⊙ 8	0,387	-14,9811	⊙ 8 ¹ <i>r</i> à la gare de Stein, sur la première marche devant la porte du bureau des bagages.
NF170—⊙ 9	0,266	+ 5,7658	⊙ 9 <i>r</i> sur la deuxième marche du trottoir du pont sur le Rhin, à l'extrémité d'amont de la rive gauche.
NF170—NF132	11,632	+ 1,2971	NF170 <i>r</i> en bronze scellé sur une borne à l'angle sud-ouest du <i>Zeughaus</i> , à Stein, rive droite.
<i>Raccordement de repères et des limnimètres à Stein.</i>			
⊙ 10—⊙ 9	0,062 ^{km}	— 1,5445 ^m	⊙ 10 <i>r</i> sur la marche devant la maison n° 205, en amont du pont sur la rive gauche; l'échelle limnimétrique de la rive gauche est placée devant le repère ⊙10; les divisions en anciens pieds fédéraux de 0 ^m ,3 vont de haut en bas, le zéro de l'échelle étant à +1 ^m ,2207 au-dessus du repère ⊙10, soit de -6 ^m ,0896 au-dessous du repère NF 170.
⊙ 11—NF170	0,460	- 7,6774	⊙ 11 <i>r</i> sur la bordure du quai, sur la rive droite du Rhin, en aval du pont, à l'origine d'une courbe. L'échelle limnimétrique de la rive droite est près du repère ⊙11; les divisions sont également en anciens pieds et pouces fédéraux, et elles vont de haut en bas; le zéro de l'échelle est à +0 ^m ,8066 au-dessus du repère ⊙11, soit à -6 ^m ,8708 au-dessous du repère NF 170.
2° De Stein NF 170 à Diessenhofen NF 171.			
⊙ 8—NF170	0,653 ^{km}	+ 9,2153 ^m	⊙ 8 <i>r</i> même repère que ci-dessus.
⊙ 12—⊙ 8	1,902	+ 2,8485	⊙ 12 <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, près de la bifurcation d'un chemin de dévestiture, à un demi-kilomètre au delà de la dernière maison de Wagenhausen.
⊙ 13—⊙ 12	1,335	+10,8481	⊙ 13 <i>r</i> sur le milieu du parapet, côté aval, du pont sur un ruisseau, en deçà du village de Reichlingen.
¹ A 153 ^m du ⊙8, à la gare de Stein, se trouve un repère du chemin de fer Winterthur-Singen-Kreuzlingen; ce repère est à +0 ^m ,451 au-dessus de ⊙8.			

Nivellement de la ligne le long du Rhin de Steckborn à Stein (Frickthal).

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
2° De Stein NF 170 à Diessenhofen NF 171 (suite).			
⊙ 14—⊙ 13	km 1,008	m —18,2817	⊙ 14 <i>r</i> sur une pierre saillante, à l'angle de la maison du syndic Velterli, dans le village de Reichlingen.
⊙ 15—⊙ 14	1,319	— 4,3279	⊙ 15 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, à 350 ^m environ en deçà de la <i>Ziegelhütte</i> .
⊙ 16—⊙ 15	2,206	+11,1309	⊙ 16 <i>r</i> sur une borne taillée, à droite de la route, à 30 ^m au delà de la bifurcation d'un chemin à gauche de la route.
NF171—⊙ 16	1,382	—11,7746	NF171 <i>r</i> en bronze scellé sur la tablette de la seconde fenêtre du bâtiment de l'école secondaire, à Diessenhofen, façade tournée vers la ville.
NF171- NF170	9,805	— 0,3414	
<i>Raccordement de repères et du limnimètre à Diessenhofen.</i>			
⊙ 17—NF171	km 0,261	m — 9,9528	⊙ 17 <i>r</i> sur une dalle formant la plateforme de l'escalier, derrière la tannerie de M. Wegeli, au bord du Rhin, à 25 ^m en aval du pont. Le limnimètre est fixé au premier pilier du pont, côté aval. Il est divisé en anciens pieds et pouces fédéraux, les divisions allant de bas en haut; le zéro de l'échelle est à -3 ^m ,8229 au-dessous du repère ⊙17, soit à -13 ^m ,7757 au-dessous du repère NF171.
3° De Diessenhofen NF 171 à Schaffhouse NF 172 (halle aux marchandises).			
⊙ 18—NF171	km 1,360	m +11,4803	⊙ 18 <i>r</i> sur une borne rondé, à 200 ^m environ au delà de la bifurcation du chemin conduisant à l'asile de Catharinenthal.
⊙ 19—⊙ 18	1,641	— 8,0591	⊙ 19 <i>r</i> sur une borne de délimitation de communes, à gauche de la route, à 340 ^m environ de la bifurcation du chemin conduisant à Kündelfingen.
⊙ 20—⊙ 19	1,677	— 2,6938	⊙ 20 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, près d'une carrière de gravier, à 160 ^m en deçà de la bifurcation de la route de Schlatt.
⊙ 21—⊙ 20	1,418	— 3,7301	⊙ 21 <i>r</i> sur une grande borne de délimitation cantonale, entre Paradies et Langwiesen.
NF172—⊙ 21	2,944	— 3,8187	NF172 <i>r</i> en bronze scellé sur une borne à gauche de la porte principale de la halle aux marchandises, dans le bureau des péages fédéraux, à Schaffhouse. Le limnimètre est placé près de la gare devant la halle; les divisions en anciens pieds et pouces fédéraux vont de bas en haut; le zéro de l'échelle est à -3 ^m ,8974 au-dessous du repère NF 172.
NF172- NF171	9,040	—11,8214	
4° De la halle aux marchandises, à Schaffhouse, NF 172 à la gare de Schaffhouse NF 173.			
NF173- NF172	km 1,413	m +11,4940	NF173 <i>r</i> en bronze scellé sur la première marche, devant la salle d'attente de première et deuxième classe, dans la gare de Schaffhouse; le dessus des rails dans la gare est à -0 ^m ,257 au-dessous de NF 173.

Nivellement de la ligne le long du Rhin de Steckborn à Stein (Frickthal).

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
5° De Schaffhouse (gare) NF 173 à Eglisau, NF 174.			
⊙ 22—NF173	km 0,524	m +40,8606	⊙ 22 r sur le soupirail de cave, à droite de la porte de la maison n° 808, <i>bei der Steig</i> , à Schaffhouse, en face de la grande fontaine.
⊙ 23—⊙ 22	0,398	+11,2090	⊙ 23 r sur une borne ronde, au pied du mur du jardin de M. Ziegler, à droite de la route, en dehors de Schaffhouse.
⊙ 24—⊙ 23	1,679	— 5,5311	⊙ 24 r sur une borne, au pied du talus à droite de la route, à 270 ^m environ en deçà de la <i>Kreuzstrasse</i> .
⊙ 25—⊙ 24	2,403	—15,5478	⊙ 25 r sur la borne n° 20 de la frontière badoise, à droite de la route, à 30 ^m au delà des trois poteaux indicateurs de la frontière.
⊙ 26—⊙ 25	2,095	+ 5,8199	⊙ 26 r à l'angle sud-est du socle du crucifix près du Jestetten.
⊙ 27—⊙ 26	0,349	— 4,8432	⊙ 27 r sur une borne, à droite de la route, près d'une coulisse sous un chemin de dévestiture.
⊙ 28—⊙ 27	2,028	+11,3362	⊙ 28 r sur une borne, à droite de la route, à la descente entre Jestetten et Lottstetten près du petit bois de chênes.
⊙ 29—⊙ 28	0,456	—29,7529	⊙ 29 r sur une borne, à droite de la route, près d'un dépôt de gravier, un peu au delà de la bifurcation du chemin conduisant à Balm.
⊙ 30—⊙ 29	1,072	— 1,3771	⊙ 30 r sur une borne, à droite de la route, un peu en deçà de la première maison du village de Lottstetten.
⊙ 31—⊙ 30	0,963	+23,9877	⊙ 31 r sur la deuxième borne, à gauche de la route, près du commencement du bois, à la montée après Lottstetten.
⊙ 32—⊙ 31	0,954	+ 2,6880	⊙ 32 r sur une borne, près d'un dépôt de gravier, à gauche de la route, entre la frontière et la maison des pauvres, à Rafz.
⊙ 33—⊙ 32	1,036	—18,4845	⊙ 33 r sur le seuil de la grange de M. H. Siegrist, à droite de la route, à l'entrée du village de Rafz.
⊙ 34—⊙ 33	1,211	— 7,3041	⊙ 34 r sur une borne, à droite de la route, entre les poteaux télégraphiques n° 124 et 125.
⊙ 35—⊙ 34	1,161	— 2,9795	⊙ 35 r sur une borne, à droite de la route, un peu en deçà du poteau télégraphique n° 103.
⊙ 36—⊙ 35	1,884	—21,1581	⊙ 36 r sur une borne, à droite de la route, un peu au delà du poteau télégraphique n° 69.
NF174—⊙ 36	1,401	—47,8547	NF174 r en bronze scellé sur le parapet, à l'angle du bâtiment des postes et télégraphes, à Eglisau, rive gauche du Rhin, entre le bâtiment et le pont.
NF174—NF173	19,614	—58,9316	
6° D'Eglisau NF 174 à Kaiserstuhl NF 175.			
⊙ 37—NF174	km 0,288	m +22,8406	⊙ 37 r sur une pierre saillante, à l'angle du mur d'une des dernières maisons de Seglingen, à gauche de la route.
⊙ 38—⊙ 37	0,987	+25,9093	⊙ 38 r sur une grande borne, à gauche de la route, à la croisée d'un chemin de dévestiture.
⊙ 39—⊙ 38	1,294	+22,3716	⊙ 39 r sur une borne, à droite de la route, à 100 ^m environ en deçà de la pinte de la <i>Kreuzstrasse</i> .
⊙ 40—⊙ 39	1,457	— 8,1574	⊙ 40 r sur une borne, à droite de la route, près du poteau télégraphique n° 182.
⊙ 41—⊙ 40	1,002	—32,0719	⊙ 41 r sur la deuxième marche du perron de la maison d'école, à Glattfelden.
⊙ 42—⊙ 41	1,870	— 5,4454	⊙ 42 r sur la troisième borne, à droite de la route, un peu en deçà de la bifurcation du chemin conduisant à la filature de coton.
⊙ 43—⊙ 42	1,047	+ 1,3498	⊙ 43 r sur une borne, à droite de la route.

Nivellement de la ligne le long du Rhin de Steckborn à Stein (Frickthal).

REPÈRES	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
6° D'Eglisau NF 174 à Kaiserstuhl NF 175 (suite).			
⊙ 44—⊙ 43 NF175—⊙ 44	km 0,778 — 2,996	m — 3,2410 — 0,1193	⊙ 44 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, en face d'une carrière de gravier. NF175 <i>r</i> en bronze scellé sur une grande borne de délimitation cantonale, à gauche de la route, un peu en deçà de Kaiserstuhl.
NF175—NF174	11,719	+23,4363	
<i>Raccordement de repères et du limnimètre de Kaiserstuhl.</i>			
⊙ 45—NF175	km 0,502	m —30,6685	⊙ 45 <i>r</i> sur l'angle du parapet gauche du pont de Kaiserstuhl. Le limnimètre de Kaiserstuhl est fixé au premier pilier du pont sur le Rhin; les divisions en anciens pieds et pouces fédéraux vont de haut en bas; le zéro de l'échelle est à — 4 ^m ,7233 au-dessous du repère ⊙45, soit à —35 ^m ,3918 au-dessous du repère NF 175.
7° De Kaiserstuhl NF 175 à Zurzach NF 176.			
⊙ 46—NF175	km 1,370	m — 6,3955	⊙ 46 <i>r</i> à l'angle obtus de la culée du passage supérieur du chemin de fer (côté de Kaiserstuhl).
⊙ 47—⊙ 46	1,542	— 2,0371	⊙ 47 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, en face du passage à niveau du chemin de fer.
⊙ 48—⊙ 47	1,350	— 6,2263	⊙ 48 <i>r</i> sur la tête d'amont d'un aqueduc sous le chemin de fer, en amont du village de Rümikon.
⊙ 49—⊙ 48	2,356	— 8,9766	⊙ 49 <i>r</i> sur une borne à droite de la route, à 465 ^m environ au delà du ponceau dans le village de Mellikon.
⊙ 50—⊙ 49	1,606	— 7,2611	⊙ 50 <i>r</i> sur l'angle d'un mur de jardin, à l'extrémité ouest de la gare de Reckingen — <i>NB.</i> Entre Kaiserstuhl et Reckingen, le nivellement a été fait sur le chemin de fer, alors en construction.
NF176—⊙ 50	2,984	+ 3,3632	NF176 <i>r</i> en bronze scellé sur le couronnement du mur du jardin de la cure, à l'entrée du village de Zurzach.
NF176—NF175	11,208	—27,5334	
8° De Zurzach NF 176 à Coblenz NF 177.			
⊙ 51—NF176	km 1,720	m — 7,5754	⊙ 51 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, près du groupe de trois maisons entre Zurzach et Riethem.
⊙ 52—⊙ 51	1,639	+ 5,3069	⊙ 52 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route.
⊙ 53—⊙ 52	1,199	— 8,1110	⊙ 53 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route.
⊙ 54—⊙ 53	1,220	—11,6643	⊙ 54 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à l'entrée du village de Coblenz, près d'un dépôt de gravier.
NF177—⊙ 54	0,681	+ 9,1842	NF177 <i>r</i> en bronze scellé sur la première culée de la rive gauche du pont du chemin de fer sur le Rhin, à Coblenz, dans le retour formé par le parapet.
NF177—NF176	6,459	—12,8596	

Nivellement de la ligne le long du Rhin de Steckborn à Stein (Frickthal).

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
9^e De Coblenz NF 177 à Lauffenbourg NF 178.			
<i>NB.</i> Cette section a été nivelée sur la rive droite du Rhin, l'absence d'un pont sur l'Aar n'ayant pas permis de continuer les opérations sur la rive gauche.			
⊙ 55—NF177	2,373	+14,4843	⊙ 55 r sur la première marche du perron de l'église de Waldshut.
⊙ 56—⊙ 55	2,161	-21,5365	⊙ 56 r sur une borne, à droite de la route, à 100 ^m en deçà de la <i>Bleiche</i> .
⊙ 57—⊙ 56	2,203	-3,6428	⊙ 57 r sur une borne, à droite de la route, à 70 ^m en deçà de la bifurcation du chemin conduisant à Kiesenbach
⊙ 58—⊙ 57	1,926	-4,0570	⊙ 58 r sur une borne, à gauche de la route, un peu au delà du petit pont en deçà d'Albruck.
⊙ 59—⊙ 58	0,617	+4,7938	⊙ 59 r sur une borne du chemin de fer, à droite de la route, en face d'un aqueduc voûté.
⊙ 60—⊙ 59	0,673	+7,1712	⊙ 60 r sur une dalle, à l'angle ouest du hangar dans la gare d'Albruck, en face du bâtiment des voyageurs.
⊙ 61—⊙ 60	1,761	+4,7259	⊙ 61 r sur une borne, à droite de la route, un peu en deçà du village d'Albert.
⊙ 62—⊙ 61	1,570	-20,0470	⊙ 62 r sur une borne, à gauche de la route, un peu au delà de la tuilerie, à Luttingen.
⊙ 63—⊙ 62	2,319	+9,8768	⊙ 63 r sur une borne, à droite de la route, à l'angle du jardin de la gare de Lauffenbourg, du côté du quai aux marchandises.
⊙ 64—⊙ 63	1,061	-6,3222	⊙ 64 r à l'extrémité supérieure d'un petit mur formant parapet, en face du grand bassin de fontaine, à Klein-Lauffenbourg.
NF178—⊙ 64	0,594	+5,3772	NF178 r en bronze scellé sur le soubassement de la porte de la ville de Lauffenbourg, à gauche en sortant.
NF178—NF177	17,258	-9,1763	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section Coblenz-Lauffenbourg.</i>			
⊙ 65—⊙ 64	0,153	-9,1461	⊙ 65 r sur une marche de l'escalier conduisant au sentier qui longe la rive droite du Rhin.
<p>Les repères du nivellement allemand, qui se trouvent dans la gare de Waldshut, ont été rattachés au repère NF 177, à Coblenz, la distance étant de 1842^m. Ces repères sont l'un au-dessus de l'autre, à l'angle est du bâtiment de la gare, du côté de la voie; le repère inférieur, posé par le Dr Borsch, est un trait horizontal taillé au ciseau dans la pierre avec l'indication HM; ce trait est à +14^m,418 au-dessus du repère NF 177. Le repère badois, placé au-dessus du précédent, est une plaque en fonte scellée dans le mur, avec un trait horizontal et un trou au milieu, ce trait est à +0^m,170 au-dessus du premier repère, soit à +14^m,588 au-dessus de NF 177.</p> <p>Un autre repère du nivellement allemand, qui se trouve dans la gare d'Albruck, a été rattaché au repère ⊙60; le repère allemand IM, formé par un trait horizontal taillé au ciseau à l'angle ouest du bâtiment de la gare à Albruck, du côté de la voie, est à +1^m,541 au-dessus de ⊙60.</p> <p>Le limnimètre de Lauffenbourg, fixé à l'un des piliers du pont, est divisé en anciens pieds et pouces fédéraux, les divisions allant de haut en bas, le zéro est à +1^m,1283 au-dessus de ⊙65, soit à -13^m,3950 au-dessous de NF 178</p>			

Nivellement de la ligne le long du Rhin de Steckborn à Stein (Frickthal).

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
10° De Lauffenbourg NF 178 à Stein (Frickthal) NF 37.			
⊙ 66 - NF178	1,234 ^{km}	+ 3,6552 ^m	⊙ 66 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à 330 ^m environ au delà de la chapelle de <i>Hohkreuz</i> .
⊙ 67 - ⊙ 66	1,263	- 13,3525	⊙ 67 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, près d'une carrière de gravier.
⊙ 68 - ⊙ 67	0,993	- 0,1992	⊙ 68 <i>r</i> sur une borne.
⊙ 69 - ⊙ 68	1,449	- 2,7899	⊙ 69 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, près de l'extrémité de la forêt du <i>Hardwald</i> , du côté de <i>Sisseln</i> .
⊙ 70 - ⊙ 69	1,078	- 11,9605	⊙ 70 <i>r</i> à l'extrémité inférieure d'un petit mur de soutènement, à droite de la route, au bas de la descente de <i>Sisseln</i> , à la bifurcation des deux routes.
⊙ 71 - ⊙ 70	1,680	+ 7,4103	⊙ 71 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route.
⊙ 72 - ⊙ 71	0,749	- 0,2962	⊙ 72 <i>r</i> sur le socle de la croix, à la bifurcation de la route de Stein et de celle conduisant au pont de <i>Säckingen</i> .
NF 37 - ⊙ 72	1,100	- 4,0605	NF 37 <i>r</i> en bronze scellé sur le socle du pilier, à gauche de la porte d'entrée des dépendances de l'hôtel de l' <i>Aigle</i> , à Stein.
NF37 - NF178	9,546	- 21,5933	
<i>Raccordement du repère allemand dans la gare de Säckingen.</i>			
A partir du repère ⊙72, l'ingénieur a rattaché par une double opération le repère allemand IM dans la gare de Säckingen, située sur la rive opposée, à une distance de 1 ^{km} ,168; le trait taillé dans le mur est de -7 ^m ,4861 au-dessous de ⊙72, soit de -3 ^m ,4256 au-dessous de NF 37.			

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne Berne-Aarbourg.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
1^o De Berne NF 26 à Berthoud NF 27.					
⊙ 18—NF 26	0,478 ^{km}	— 3,0093 ^m	— 3,0153 ^m	— 3,0123 ^m	NF 26 r en bronze scellé sur le perron de la restauration, troisième classe, gare de Berne.
⊙ 17—⊙ 18	3,263	—17,4799	—17,4837	—17,4818	⊙ 18 r sur une coulisse, à gauche de la route, à l'extrémité de la gare de Berne, vers l'Enge.
⊙ 2—⊙ 17	2,216	+35,6109	+35,5823	+35,5966	⊙ 17 r sur le parapet de droite (pile de la rive droite) du pont sur l'Aar de la Tiefenau.
⊙ 15—⊙ 2	0,710	+ 1,8572	+ 1,8736	+ 1,8654	⊙ 2 r sur une borne, à gauche de la route, à 15 ^m de l'auberge de la <i>Croix</i> , à Zollikofen, croisée de la route de Kirchlindach.
⊙ 4—⊙ 15	2,207	—27,2780	—27,2896	—27,2838	⊙ 15 r sur le banc de pierre, près de l'indicateur des routes de Bienne et de Soleure.
⊙ 6—⊙ 4	3,426	+ 6,7828	+ 6,7468	+ 6,7648	⊙ 4 r sur une borne, à droite de la route, à la croisée des routes d'Hindelbank et de Münchenbuchsee.
⊙ 7—⊙ 6	1,419	+ 2,9593	+ 2,9825	+ 2,9709	⊙ 6 r sur une borne, à droite de la route, 35 ^m au delà de la maison neuve <i>Neuhaus-Bäriswyl</i> .
⊙ 8—⊙ 7	1,063	—15,1647	—15,1619	—15,1633	⊙ 7 r sur une borne, à droite de la route, à la croisée du chemin conduisant au château d'Hindelbank.
⊙ 9—⊙ 8	1,504	+ 9,2420	+ 9,2555	+ 9,2488	⊙ 8 r sur une borne, à gauche de la route, en face de l'hôtel du <i>Lion</i> , à Hindelbank.
⊙ 10—⊙ 9	1,239	+12,7504	+12,7514	+12,7509	⊙ 9 r sur une borne portant le n° 28, à droite de la route, entre Hindelbank et Möttschwyl.
⊙ 11—⊙ 10	0,800	+11,3942	+11,3900	+11,3921	⊙ 10 r sur une borne portant le n° 51, à droite de la route, à 60 ^m de la dernière maison de Möttschwyl.
⊙ 12—⊙ 11	1,394	+22,1334	+22,1350	+22,1342	⊙ 11 r sur une borne portant le n° 68, à gauche de la route, au-dessus du hameau Kreuzweg.
⊙ 14—⊙ 12	1,562	—37,4861	—37,4797	—37,4829	⊙ 12 r sur une borne portant le n° 95, à gauche de la route, près de la dernière maison du hameau Rohrmoos.
NF 27—⊙ 14	0,409	+ 3,4384	+ 3,4401	+ 3,4392	⊙ 14 r sur la dernière borne, à gauche de la route, en face du portail près des premières maisons de Berthoud.
NF 27—NF 26	21,690	+ 5,7306	+ 5,7270	+ 5,7388	NF 27 r en bronze scellé sur la deuxième marche, à gauche du perron de l'hospice des orphelins, à Berthoud.
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 26 à NF 27.</i>					
⊙ 1—⊙ 17	0,942 ^{km}		+12,4777 ^m		⊙ 1 r entre ⊙ 18 et ⊙ 17, sur un mur de jardin, à droite de la route, près de la maison n° 252 ^d , à Aareggi.
⊙ 1 _a —⊙ 2	0,559		—10,4156		⊙ 1 _a r entre ⊙ 17 et ⊙ 2, sur le mur du jardin de la pinte et de la boulangerie, à Zollikofen, à droite de la route.
⊙ 2 _a —⊙ 15	0,578		+ 8,8275		⊙ 2 _a r entre ⊙ 15 et ⊙ 4, sur le couvercle d'une coulisse, à gauche de la route, un peu avant d'arriver à la première maison de Moos-Seedorf. — NB. Le repère ⊙ 3, posé par M. Schönholzer, est perdu.
⊙ 4 _a —⊙ 4	0,845		— 5,4703		⊙ 4 _a r entre ⊙ 4 et ⊙ 6, sur la dalle d'une coulisse, à gauche de la route entre, Moos-Seedorf et Schönbühl.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne Berne-Aarburg.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 26 à NF 27 (suite).</i>					
⊙ 6 _a - ⊙ 7	0,377 ^{km}		+ 3,0420 ^m		⊙ 6 _a r entre ⊙ 6 et ⊙ 7, sur une borne, à droite de la route.
⊙ 8 _a - ⊙ 9	0,212		+ 2,9669		⊙ 8 _a r entre ⊙ 8 et ⊙ 9, sur la borne portant le n° 25, à gauche de la route.
⊙ 13 - ⊙ 12	0,211		-11,7658		⊙ 13 r entre ⊙ 12 et 14, sur une borne, à gauche de la route, près de la bifurcation de la route qui mène à Krauchthal. <i>NB.</i> La cote indiquée par M. Schönholzer pour ce repère, n'a pas pu être utilisée, parce que la borne a été déplacée depuis l'opération faite en 1867.
2° De Berthoud NF 27 à Herzogenbuchsee NF 28.					
⊙ 15 - NF 27	0,961 ^{km}	-13,9465 ^m	-13,9544 ^m	-13,9504 ^m	⊙ 15 r sur le couvercle à l'extrémité du canal qui passe sous la gare de Berthoud.
⊙ 16 - ⊙ 15	0,764	+ 5,0606	+ 5,0674	+ 5,0640	⊙ 16 r sur la pile, côté droit, du pont du chemin de fer sur l'Emme.
⊙ 17 - ⊙ 16	0,845	+25,7998	+25,7857	+25,7927	⊙ 17 r sur une borne, à gauche de la route, en face de l'embranchement du chemin qui mène au bain <i>Sommerhaus</i> .
⊙ 18 - ⊙ 17	1,674	-25,2748	-25,2741	-25,2745	⊙ 18 r sur une borne, à droite de la route et à gauche du chemin de fer, en face du passage voûté n° 36, sous le chemin de fer.
⊙ 19 - ⊙ 18	1,515	- 3,2193	- 3,2453	- 3,2323	⊙ 19 r sur la deuxième borne, à gauche, après le pont sur le Kennerichbach, un peu avant la traversée de la route au-dessus du chemin de fer, près du hameau Bickingen.
⊙ 20 - ⊙ 19	1,138	- 7,4828	- 7,4711	- 7,4770	⊙ 20 r sur le couvercle d'une coulisse, à droite de la route, à 150 ^m en deçà de la dernière maison de garde avant la station de Wynigen.
⊙ 21 - ⊙ 20	0,800	- 0,0950	- 0,0930	- 0,0940	⊙ 21 r sur la pile du canal qui donne passage au ruisseau sous le chemin de fer à la station de Wynigen.
⊙ 22 - ⊙ 21	0,638	- 0,8871	- 0,8798	- 0,8834	⊙ 22 r sur la pile du pont du chemin de fer sur le Wynigerbach, à l'extrémité du village de Wynigen.
⊙ 23 - ⊙ 22	0,602	- 7,1068	- 7,1114	- 7,1091	⊙ 23 r sur une borne, à gauche de la route, à l'embranchement d'un chemin qui conduit dans la forêt à droite.
⊙ 24 - ⊙ 23	2,022	-16,8259	-16,8109	-16,8184	⊙ 24 r sur un couvercle de coulisse, à droite de la route, à 80 ^m au delà de la pierre marquant 7 lieues de Berne
⊙ 25 - ⊙ 24	1,257	- 6,2777	- 6,2872	- 6,2824	⊙ 25 r sur un couvercle de coulisse sous le chemin de fer, à 150 ^m en deçà de la gare de Riedwyl.
⊙ 26 - ⊙ 25	0,545	+ 1,9582	+ 1,9611	+ 1,9596	⊙ 26 r sur l'extrémité du parapet (côté droit) du pont en pierre, dans le village de Riedwyl.
⊙ 27 - ⊙ 26	1,348	-11,4073	-11,4166	-11,4119	⊙ 27 r sur le bord de la coulisse sous le chemin de fer, près de la maison de garde de Hermyswyl.
⊙ 28 - ⊙ 27	0,868	- 6,1117	- 6,1169	- 6,1143	⊙ 28 r sur la pile du pont du chemin de fer sur le Oenzbach, au delà d'Hermyswyl.
⊙ 29 - ⊙ 28	1,730	-11,2002	-11,2027	-11,2015	⊙ 29 r sur le socle du poteau du télégraphe, au passage de la route Ober-Oenz à Bollodingen, au-dessus du chemin de fer.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne Berne-Aarburg.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
2° De Berthoud NF 27 à Herzogenbuchsee NF 28 (suite).					
⊙ 30—⊙ 29	1,172 ^{km}	— 5,2986 ^m	— 5,2927 ^m	— 5,2956 ^m	⊙ 30 r sur le socle du réservoir d'eau dans la gare d'Herzogenbuchsee, côté tourné vers la ville. (La hauteur des traverses dans la gare est de —8 ^{mm} au-dessous de ⊙ 30.)
⊙ 31—⊙ 30	0,535	+11,8533	+11,8566	+11,8549	⊙ 31 r sur la pierre d'angle, près de l'escalier de la terrasse de la maison en face de l'hôtel du <i>Soleil</i> , à Herzogenbuchsee.
NF 28—⊙ 31	0,195	+15,8628	+15,8592	+15,8610	NF 28 r en bronze scellé sur le seuil à gauche de la porte principale de l'église de Herzogenbuchsee.
NF 28—NF 27	18,609	—54,5990	—54,6263	—54,6126	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 27 à NF 28.</i>					
⊙ 14 _a —NF 27	0,439 ^{km}		— 9,9668 ^m		⊙ 14 _a r entre NF 27 et ⊙14, sur le socle de la palissade le long de la propriété Mauerhofer, dans la ruelle du cimetière de Berthoud.
⊙ 17 _a —⊙ 17	0,811		—26,7285		⊙ 17 _a r entre ⊙17 et ⊙18, sur une borne, à droite de la route, au bas de la descente.
⊙ 18 _a —⊙ 18	0,476		+ 3,0510		⊙ 18 _a r entre 18 et ⊙19, sur une borne, à gauche de la route, à quelques pas au delà de la croisée du chemin conduisant à la maison de garde.
⊙ 28 _a —⊙ 28	0,848		— 6,8788		⊙ 28 _a r entre ⊙28 et ⊙29, sur la pierre kilométrique du chemin de fer portant le n° III.
3° De Herzogenbuchsee NF 28 à Langenthal NF 29.					
⊙ 31—NF 28	0,195 ^{km}	—15,8628 ^m	—15,8592 ^m	—15,8610 ^m	⊙ 31 même repère que ci-dessus.
⊙ 32—⊙ 31	1,906	+ 1,9872	+ 1,9870	+ 1,9871	⊙ 32 r sur la deuxième borne, à gauche de la route, après la maison <i>zum Bad</i> .
⊙ 33—⊙ 32	2,356	+ 1,6092	+ 1,6047	+ 1,6069	⊙ 33 r sur la pierre d'angle du trottoir devant l'auberge de <i>Guillaume Tell</i> , à Bützberg, embranchement de la route de Thunstetten.
⊙ 34—⊙ 33	1,677	—16,0648	—16,0640	—16,0644	⊙ 34 r sur une borne, à droite de la route, à 250 ^m en deçà de la bifurcation des routes de Langenthal et d'Aarau.
⊙ 35—⊙ 34	1,656	+ 8,2819	+ 8,2836	+ 8,2828	⊙ 35 r sur la pile du ponceau du chemin de fer au-dessus du sentier de piétons sous la gare de Langenthal. — NB. Le repère ⊙35 donne la hauteur des traverses dans la gare de Langenthal.
NF 29—⊙ 35	1,087	+ 8,8270	+ 8,8245	+ 8,8258	NF 29 r en bronze scellé sur le mur du perron de l'église de Langenthal, à l'extrémité inférieure, côté droit.
NF 29—NF 28	8,877	—11,2223	—11,2234	—11,2228	

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne Berne-Aarburg.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 28 à NF 29.</i>					
⊙ 33 _a — ⊙ 34	0,348		+ 1,9431		⊙ 33 _a r entre ⊙33 et ⊙34, sur une borne à gauche de la route, à la bifurcation d'un chemin de dévestiture longeant le bois, à gauche de la route.
⊙ 36 — ⊙ 35	0,398		+ 1,1912		⊙ 36 r sur le banc en pierre, à la bifurcation des routes conduisant à Aarau, au village de Langenthal et à la gare. — NB. Le banc ayant été déplacé depuis la première opération faite en 1867, la cote indiquée par M. Schönholzer pour ce repère, n'a pas pu être utilisée.
4^e De Langenthal NF 29 à Aarburg ⊙50.					
⊙ 37 — NF 29	2,557	— 25,4838	— 25,4854	— 25,4846	⊙ 37 r sur le couvercle d'une coulisse, à droite de la route.
⊙ 38 — ⊙ 37	1,950	— 3,4544	— 3,4523	— 3,4533	⊙ 38 r sur une borne, à gauche de la route, à 250 ^m en deçà de la fabrique de MM. Gugelmann et Künzli, à Brunnmatt.
⊙ 39 — ⊙ 38	0,881	— 20,5703	— 20,5667	— 20,5685	⊙ 39 r sur le parapet de droite du pont sur un ruisseau, immédiatement après le passage à niveau, près de la station de Roggwyl.
⊙ 40 — ⊙ 39	0,314	+ 17,7500	+ 17,7549	+ 17,7524	⊙ 40 r sur une borne, à droite de la route, à 20 ^m du cabaret d'Aegerten.
⊙ 41 — ⊙ 40	1,321	— 40,6165	— 40,6119	— 40,6142	⊙ 41 r sur le parapet de gauche du pont sur le Murgbach, près de l'écusson bernois, au milieu du pont, à Murgenthal.
⊙ 42 — ⊙ 41	0,445	+ 5,1736	+ 5,1583	+ 5,1659	⊙ 42 r sur le cordon du trottoir, près de l'aiguille, à la gare de Murgenthal. (Le repère ⊙42 est de +0 ^m ,149 plus élevé que les traverses de l'aiguille.)
⊙ 43 — ⊙ 42	0,586	— 1,5942	— 1,5762	— 1,5852	⊙ 43 r sur la pile d'une écluse, à gauche de la route, après la dernière maison de Mätteli-Murgenthal.
⊙ 45 — ⊙ 43	2,937	— 5,5956	— 5,5951	— 5,5953	⊙ 45 r sur une borne, à gauche de la route (entre la route et le chemin de fer), à 200 ^m en deçà de la filature à Hungerzelg-Niederwyl.
⊙ 46 — ⊙ 45	1,897	+ 2,7803	+ 2,7656	+ 2,7730	⊙ 46 r sur un pilier en pierre, à gauche de la route, soutenant la barrière entre la route et le chemin de fer, le 56 ^{me} après la dernière maison de garde avant la station de Niederwyl.
⊙ 47 — ⊙ 46	0,651	— 2,1882	— 2,1864	— 2,1873	⊙ 47 r sur une borne du chemin de fer, à droite de la voie, au passage à niveau, à l'extrémité de la station de Niederwyl. (La hauteur des traverses au passage à niveau est de —0 ^m ,125 au-dessous de ⊙47).
⊙ 48 — ⊙ 47	1,149	— 2,0842	— 2,0870	— 2,0856	⊙ 48 r sur la pile du milieu du pont du chemin de fer sur la Pfäfern. (La hauteur des traverses sur le pont est de —0 ^m ,026 au-dessous de ⊙48).
⊙ 49 — ⊙ 48	0,397	+ 0,0250	+ 0,0279	+ 0,0264	⊙ 49 r sur la pile, rive gauche, du pont du chemin de fer sur la Wigger. (La hauteur des traverses sur le pont est de —0 ^m ,019 au-dessous de ⊙49).
⊙ 50 — ⊙ 49	1,560	+ 7,1628	+ 7,1601	+ 7,1615	⊙ 50 r sur le socle du premier pilier (côté gauche) soutenant l'avant-toit de la gare d'Aarburg. (La hauteur des traverses est de —0 ^m ,178 au-dessous de ⊙50.)
⊙ 50 — NF 29	16,645	— 68,6955	— 68,6942	— 68,6949	

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne Berne-Aarburg.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			DÉSIGNATION DES REPÈRES.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 29 à NF 50.</i>					
⊙ 36 _a - ⊙ 37	0,998 ^{km}		+ 8,3323 ^m		⊙ 36 _a <i>r</i> entre NF29 et ⊙37, sur une borne du chemin de fer, à gauche de la route, à 150 ^m en deçà de la première maison de garde.
⊙ 37 _a - ⊙ 38	0,344		+ 1,8605		⊙ 37 _a <i>r</i> entre ⊙37 et ⊙38, sur la borne n° 11, à gauche de la route, servant de délimitation entre les communes de Langenthal et de Roggwyl.
⊙ 44 _a - ⊙ 45	0,976		+ 1,7170		⊙ 44 _a <i>r</i> entre ⊙43 et ⊙45, sur une borne, à gauche de la route, à 100 ^m au delà de la maison de garde.— <i>NB.</i> Le repère ⊙44, posé par M. M. Schönholzer dans la première opération n'existe plus.
NF169 - ⊙ 50	0,849	-14,4892	-14,4891	-14,4892	NF169 <i>r</i> en bronze scellé sur un angle du rocher sur lequel l'église d'Aarburg est construite. Ce repère (v. 5 ^{me} liv. page 313) a été remplacé à la même place que l'ancien NF 30, qui avait été détruit, et la première opération indiquée ici est celle de M. Redard en 1874. Comme ce repère se trouve en dehors de la ligne de nivellement, c'est au ⊙50 que la section se termine.

Nivellement de la ligne Berne—Brienz—Brünig—Lucerne.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
1° De Berne NF 26 à Münsigen NF 181.			
NF 25—NF 26	0,447	+ 2,5883	NF 26 <i>r</i> en bronze, scellé sur le perron de la restauration de troisième classe, gare de Berne.
			NF 25 <i>r</i> en bronze scellé sur le socle du candélabre, au bas du perron de la grande entrée du Palais fédéral, côté ouest. — <i>NB.</i> La cote donnée pour cette section est la moyenne de trois opérations exécutées en 1866 par MM. Benz et Schönholzer (voir 2 ^{me} livraison, page 91) et s'accordant entre elles à une fraction de millimètre près; cette section n'a pas été nivelée en 1876, M. Steiger étant parti du repère NF 25.
NF179—NF 25	0,708	— 7,2275	NF179 <i>r</i> en bronze scellé sur l'angle nord-est du socle du monument d'Erlach, place de la cathédrale, à Berne. Cette section a été nivelée deux fois, les deux opérations s'accordant à 0 ^{mm} ,2 près.
NF180—NF179	0,693	—15,3780	NF180 <i>r</i> en bronze scellé sur l'extrémité du parapet du pont de la Nydeck, à Berne, près de la guérite, du côté de la fosse aux ours. Cette section a été nivelée deux fois, les deux opérations s'accordant à 1 ^{mm} près.
⊙ 1—NF180	0,402	+23,2574	⊙ 1 <i>r</i> sur une grande pierre de la bordure du trottoir du Muristalden, droit au-dessous de la campagne Liebegg.
⊙ 2—⊙ 1	0,950	+ 7,8763	⊙ 2 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, à 70 ^m environ au delà de la bifurcation du chemin de la Schlosshalden.
⊙ 3—⊙ 2	1,492	+ 5,7240	⊙ 3 <i>r</i> sur la pierre, à droite de l'entrée de l'avenue de la campagne De Muralt, à Muri, à droite de la route.
⊙ 4—⊙ 3	1,087	+ 7,1723	⊙ 4 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, à 160 ^m environ au delà de la pierre milliaire « 1 lieue de Berne. »
⊙ 5—⊙ 4	1,706	+19,3890	⊙ 5 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, à la sortie du chemin de la forêt « Hünliwald. »
⊙ 6—⊙ 5	0,957	+ 4,4986	⊙ 6 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, près de la croisée d'un chemin dans le village d'Allmendigen.
⊙ 7—⊙ 6	1,695	—41,6839	⊙ 7 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à 140 ^m environ en deçà de la première maison de Rubigen.
⊙ 8—⊙ 7	0,963	— 2,4136	⊙ 8 <i>r</i> sur la quatrième borne, à droite de la route, en face du mur du jardin de la campagne de Wattenwyl.
⊙ 9—⊙ 8	1,824	— 4,6027	⊙ 9 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, en face de l'intervalle entre les deux premières maisons de Münsigen.
NF181—⊙ 9	0,954	+ 1,7796	NF181 <i>r</i> en bronze scellé sur l'extrémité du parapet d'amont, rive droite, du pont dans le village de Münsigen.
NF181—NF26	13,878	+ 0,9798	
2° De Münsigen NF 181 à Kiesen NF 182.			
⊙ 10—NF181	1,798	—10,0541	⊙ 10 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, à 50 ^m au delà des trois maisons (Neuhäus), à moitié chemin entre Münsigen et Wichtrach.
⊙ 11—⊙ 10	0,908	+ 4,9570	⊙ 11 <i>r</i> sur le soubassement, à droite de la grande porte de la grange, à gauche de la route; cette grange est la première maison de Wichtrach.
⊙ 12—⊙ 11	2,311	— 0,0409	⊙ 12 <i>r</i> sur la première borne, à droite de la route, à 110 ^m environ au delà de la grande ferme isolée entre Wichtrach et Kiesen.
NF182—⊙ 12	1,603	+12,1183	NF182 <i>r</i> en bronze scellé sur la troisième marche, à partir d'en haut, de l'escalier de la cave de la dernière maison de Kiesen, appartenant à M. Rubin, à droite de la route.
NF182—NF181	6,620	+ 6,9803	

Nivellement de la ligne Berne—Brienz—Brünig—Lucerne.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
3° De Kiesen NF 182 à Thoune NF 183.			
⊙ 13—NF182	km 2,011	m +14,1569	⊙ 13 r sur une borne de délimitation communale, à gauche de la route, à l'angle d'un bois.
⊙ 14—⊙ 13	1,576	- 2,1245	⊙ 14 r sur une borne, à gauche de la route, au milieu de la descente dans le village de Heimberg.
⊙ 15—⊙ 14	0,790	- 7,8216	⊙ 15 r sur une borne, à droite de la route, près de la maison de M. F. Stegmann, à l'extrémité du village de Heimberg, en face de la petite forge.
⊙ 16—⊙ 15	1,942	+12,5105	⊙ 16 r sur l'extrémité d'amont, rive droite, du parapet d'un pont sur le canal alimentant la filature Knechtenhofer et la scierie.
⊙ 17—⊙ 16	1,396	- 2,3824	⊙ 17 r sur la deuxième marche de l'escalier du corps de garde devant la porte de la ville de Thoune, dans l'angle du côté de la ville.
NF183—⊙ 17	0,334	- 4,9045	NF183 r en bronze scellé sur la corniche, à l'angle (rive droite en amont) du pont sur l'Aar, près de la gare de Thoune.
NF183—NF182	8,049	+ 9,4344	
<i>Raccordement d'un repère dans la ville de Thoune.</i>			
NF184—NF183	km 0,522	m + 0,8387	NF184 r en bronze scellé sur la première marche de l'escalier sud-est, dans la cour de la caserne de Thoune.
De Thoune NF 183 à Leissigen NF 185.			
⊙ 18—NF183	km 0,508	m + 1,6085	⊙ 18 r au bas de la pierre d'angle du pont sur l'Aar, près de l'hôtel de la <i>Croix blanche</i> , à Thoune, à l'angle rive gauche en aval.
⊙ 19—⊙ 18	1,384	+ 0,4054	⊙ 19 r sur la première marche du perron de la maison de M. Denler, à 150 ^m en deçà de Dürrenast.
⊙ 20—⊙ 19	2,202	+ 0,1004	⊙ 20 r sur un petit piédestal, à l'angle du jardin de la campagne de Wattenwyl, au Gwatt, à droite de la route.
⊙ 21—⊙ 20	1,798	+ 9,5392	⊙ 21 r sur la corniche, à l'angle rive droite en amont, sous le parapet du pont sur la Kander.
⊙ 22—⊙ 21	2,094	+25,9315	⊙ 22 r sur une borne, à droite de la route, près de l'extrémité d'un mur de soutènement, à 120 ^m environ au delà de la bifurcation d'un chemin.
⊙ 23—⊙ 22	0,478	+13,3268	⊙ 23 r sur la troisième marche, à partir d'en haut, du perron à l'angle nord-ouest de la maison de M. Fréd. Ruof, à Spiezmoos, à gauche de la route.
⊙ 24—⊙ 23	2,031	- 3,0320	⊙ 24 r sur la première marche du perron, à l'angle de l'auberge Schären, dans le village de Spiez, à droite de la route.
⊙ 25—⊙ 24	1,124	- 4,9333	⊙ 25 r sur la première marche d'un escalier pratiqué dans le mur de soutènement, à gauche de la route, dans la descente entre Schönegg et Faulensee.
⊙ 26—⊙ 25	1,565	-40,3178	⊙ 26 r sur la tête d'amont d'une coulisse donnant passage à un ruisseau sous la route, près du débarcadère de Faulensee.
⊙ 27—⊙ 26	1,338	- 1,6791	⊙ 27 r sur la tête d'une coulisse, à droite de la route, à 500 ^m environ du moulin de Krattigen.
⊙ 28—⊙ 27	2,936	+ 0,9709	⊙ 28 r sur la dernière d'une rangée de bornes, un peu au delà du moulin à gypse appartenant à MM. Hartmann et König.
NF185—⊙ 28	2,054	+15,2217	NF185 r en bronze scellé sur la corniche du pont sur le Spissibach, au nord-est de Leissigen, à l'angle aval sur la rive gauche.
NF185—NF183	19,512	+17,1422	

Nivellement de la ligne Berne—Brienz—Brünig—Lucerne.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
5° De Leissigen NF 185 à Interlaken NF 186.			
⊙ 29—NF185	0,721	—12,5238	⊙ 29 r sur une borne, à gauche de la route, à 80 ^m au delà du pont en bois sur le Eybach.
⊙ 30—⊙ 29	1,936	— 3,3250	⊙ 30 r sur la première marche du perron de l'auberge du <i>Cerf</i> (bureau des postes), à Därligen.
⊙ 31—⊙ 30	1,210	+12,6776	⊙ 31 r sur une borne tronquée, à l'extrémité d'une rangée de bornes au sommet de la montée après la gare de Därligen.
⊙ 32—⊙ 31	1,707	—13,0720	⊙ 32 r sur l'angle de la culée de droite, en amont du pont sur un bras de l'Aar, au nord-est de la ruine de Weissenau.
⊙ 33—⊙ 32	2,218	+ 9,1593	⊙ 33 r sur la première marche, à l'angle gauche, de l'escalier conduisant au cimetière et à l'église de Unterseen.
⊙ 34—⊙ 33	1,165	— 0,2537	⊙ 34 r sur le pilastre, à gauche de la bifurcation du sentier de piétons, parallèle au Höhenweg, en face de l'hôtel du Casino, à Interlaken.
NF186—⊙ 34	0,403	+ 1,9506	NF186 r en bronze scellé sur le seuil, à gauche, de la grande porte de la nouvelle maison d'école, à Interlaken.
NF186—NF185	9,360	— 5,3870	
6° D'Interlaken NF 186 à Brienz NF 187.			
⊙ 34—NF186	0,403	— 1,9506	⊙ 34 r même repère que ci-dessus ; cette section a été nivelée à double, les deux opérations s'accordant à un dixième de millimètre près.
⊙ 35—⊙ 34	0,848	+13,4173	⊙ 35 r sur le rocher, à gauche de la route, à 7 ^m en deçà de l'extrémité du mur de soutènement, près de la pension Tiefenau.
⊙ 36—⊙ 35	0,575	+25,3559	⊙ 36 r à l'angle de la marche inférieure de l'escalier, à l'angle nord-est de la pension Schöneegg.
⊙ 37—⊙ 36	1,798	— 7,8576	⊙ 37 r sur la première marche du perron de l'église de Ringgenberg, à droite de la route.
⊙ 38—⊙ 37	1,220	— 9,1899	⊙ 38 r sur la marche inférieure, angle gauche, du perron de l'auberge <i>zur Freiburg</i> , entre Ringgenberg et Niederried.
⊙ 39—⊙ 38	2,065	+ 1,6949	⊙ 39 r sur la pierre d'angle du parapet, rive gauche en amont, sur le Brunngraben, au delà des premières maisons de Niederried.
⊙ 40—⊙ 39	1,130	+ 9,8959	⊙ 40 r sur une borne, à gauche de la route, un peu en deçà d'un petit mur de soutènement.
⊙ 41—⊙ 40	2,022	—16,6407	⊙ 41 r sur une grande pierre formant l'angle d'une niche pour un dépôt de gravier, pratiquée dans un mur de soutènement, à gauche de la route.
⊙ 42—⊙ 41	1,173	— 7,0636	⊙ 42 r sur un couvercle de coulisse, à gauche de la route, à 50 ^m environ en deçà du pont.
⊙ 43—⊙ 42	2,275	—10,4900	⊙ 43 r sur une marche, à l'extrémité d'un mur de soutènement devant la maison à 25 ^m en deçà de la scierie d'Ebligen.
⊙ 44—⊙ 43	1,119	— 0,6232	⊙ 44 r sur une borne, à gauche de la route.
⊙ 45—⊙ 44	2,042	+ 0,5480	⊙ 45 r sur la bordure du trottoir, à l'angle est du jardin devant la fabrique de MM. Jager et C ^{ie} , à Brienz.
NF187—⊙ 45	0,691	— 0,2947	NF187 r en bronze scellé sur la seconde marche de l'escalier, entre l'hôtel et les dépendances de la <i>Croix Blanche</i> , à Brienz.
NF187—NF186	17,361	— 3,1983	

Nivellement de la ligne Berne—Brienz—Brünig—Lucerne.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
7° De Brienz NF 187 à Lungern NF 188.			
⊙ 46—NF187	4,080 ^{km}	+ 6,5761 ^m	⊙ 46 r sur un bloc isolé, au bas du talus, à 15 ^m environ en deçà de l'extrémité d'une paroi de rochers qui se trouve à gauche de la route, à une distance de 40 ^m environ.
⊙ 47—⊙ 46	0,691	+ 0,9639	⊙ 47 r sur l'angle aval de la culée, rive droite, du pont sur l'Aar, près de la plaque en fonte sur laquelle repose la poutre.
⊙ 48—⊙ 47	0,800	+66,2058	⊙ 48 r sur un rocher, à droite de la route et à +0 ^m ,6 au-dessus de celle-ci, à une quinzaine de mètres en deçà du deuxième contour depuis le commencement de la montée.
⊙ 49—⊙ 48	0,970	+65,4727	⊙ 49 r sur la première marche d'un escalier pratiqué dans un mur de soutènement, à gauche de la route, un peu au delà de la dernière maison de Brienzwylter.
⊙ 50—⊙ 49	0,601	+38,3278	⊙ 50 r sur un rocher, à 3 ^m du bord gauche de la route, presque en face du Stand de Brienzwylter. La ligne qui joint le rocher au Stand passe par la cinquième borne sur le bord droit de la route.
⊙ 51—⊙ 50	0,848	+70,5507	⊙ 51 r sur un rocher, à droite de la route et à +0 ^m ,45 au-dessus de celle-ci, à 11 ^m au delà de l'extrémité du parapet en maçonnerie.
⊙ 52—⊙ 51	0,375	+35,5468	⊙ 52 r sur un rocher, à gauche de la route et à +0 ^m ,5 au-dessus de elle-ci, à 29 ^m au delà de l'extrémité d'un mur de soutènement.
⊙ 53—⊙ 52	0,864	+64,6968	⊙ 53 r sur un rocher, à droite de la route, à 29 ^m ,5 en deçà du poteau indicateur placé à la bifurcation de la route de Meiringen.
⊙ 54—⊙ 53	0,365	+30,1351	⊙ 54 r sur une grosse pierre dans la partie inférieure de la rampe pratiquée dans un mur de soutènement, à gauche de la route.
⊙ 55—⊙ 54	0,541	+50,5304	⊙ 55 r sur la bordure du mur de soutènement, à droite de la route, à 15 ^m en deçà de la pinte entre les deux hôtels du Brunig.
⊙ 56—⊙ 55	0,243	+11,7556	⊙ 56 r sur un rocher, à droite de la route, dans la tranchée au point culminant du col du Brünig. Le ⊙56 est de +0 ^m ,6 au-dessus du niveau de la route au sommet du col.
⊙ 57—⊙ 56	1,576	—41,9734	⊙ 57 r sur un rocher, à droite de la route, au pied de la paroi, à 28 ^m en deçà de l'extrémité inférieure du parapet.
⊙ 58—⊙ 57	0,727	—25,0539	⊙ 58 r sur le couvercle d'une coulisse, à gauche de la route, un peu au delà d'un fort contour.
⊙ 59—⊙ 58	0,739	—52,5454	⊙ 59 r sur un rocher, à droite de la route, et à + 0 ^m ,150 au-dessus de celle-ci, près d'un fort contour.
⊙ 60—⊙ 59	0,475	—34,1228	⊙ 60 r sur une borne, à gauche de la route, en face de la bifurcation d'un sentier.
⊙ 61—⊙ 60	0,793	—58,6322	⊙ 61 r sur une borne, à gauche de la route.
⊙ 62—⊙ 61	0,346	—27,6976	⊙ 62 r sur un rocher, à droite de la route, au même niveau que celle-ci.
⊙ 63—⊙ 62	1,024	—55,0353	⊙ 63 r sur la pierre d'angle, à gauche du perron devant l'auberge du <i>Cheval Blanc</i> , à Lungern.
NF188—⊙ 63	0,566	— 8,7339	NF188 r en bronze scellé sur une pierre du soubassement, à l'angle ouest de la tour de l'église de Lungern.
NF188—NF187	16,624	+136,9672	
8° De Lungern NF 188 à Sarnen NF 189.			
⊙ 64 —NF188	1,077 ^{km}	— 8,7171 ^m	⊙ 64 r sur l'une des deux bornes comprises dans l'espace entre deux parapets en maçonnerie.
⊙ 65—⊙ 64	2,313	+ 2,7352	⊙ 65 r sur la première marche du perron devant la façade nord de l'auberge du Kaiserstuhl.

Nivellement de la ligne Berne—Brienz—Brünig—Lucerne.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
8° De Lungern NF 188 à Sarnen NF 189 (suite).			
⊙ 66—⊙ 65	0,423	- 13,9351	⊙ 66 <i>r</i> sur un rocher, à droite de la route, et au même niveau.
⊙ 67—⊙ 66	0,549	-34,7042	⊙ 67 <i>r</i> sur un rocher, à gauche de la route et de +0 ^m ,9 au-dessus de celle-ci, à 6 ^m en
⊙ 68—⊙ 67	0,819	-65,3279	⊙ 68 <i>r</i> sur le couvercle d'une coulisse, à droite de la route, à une centaine de mètres
⊙ 69—⊙ 68	0,448	-37,2700	⊙ 69 <i>r</i> sur une borne, près de la sortie de la forêt, à 20 ^m au delà du ruisseau.
⊙ 70—⊙ 69	0,840	-57,1674	⊙ 70 <i>r</i> sur la première marche du perron, devant la façade nord de l'auberge de
⊙ 71—⊙ 70	1,031	+ 1,4469	⊙ 71 <i>r</i> sur l'angle aval de la culée, rive droite, du pont sur la Melch-Aa.
⊙ 72—⊙ 71	2,049	-15,2488	⊙ 72 <i>r</i> sur une borne enfoncée dans le terrain, un peu en deçà du sommet de la
⊙ 73—⊙ 72	1,255	+ 8,0840	⊙ 73 <i>r</i> au bas du perron de la première maison d'Etisried, au delà du Maienbach.
⊙ 74—⊙ 73	1,748	- 1,1637	⊙ 74 <i>r</i> sur l'angle ouest du bassin de la fontaine dans le village de Sachseln.
⊙ 75—⊙ 74	0,978	- 5,4266	⊙ 75 <i>r</i> sur la dalle d'une coulisse (gueule de loup), dans un petit mur de soutènement
NF189—⊙ 75	1,607	- 4,8119	NF189 <i>r</i> en bronze scellé sur la première marche, côté droit, du perron devant l'entrée
			principale du pensionnat <i>Nicolas von der Flüel</i> , à Sarnen.
NF189—NF188	15,137	-231,5066	
9° De Sarnen NF 189 à Stansstad NF 190.			
⊙ 76—NF189	0,642	- 1,4339	⊙ 76 <i>r</i> sur la seconde marche du perron devant la façade nord de l'hôtel de ville de
⊙ 77—⊙ 76	1,707	- 4,2184	⊙ 77 <i>r</i> sur le couvercle d'une coulisse, côté en aval, entre Sarnen et Kägiswyl.
⊙ 78—⊙ 77	1,206	+ 6,9115	⊙ 78 <i>r</i> sur une grande pierre, à côté de l'embouchure d'amont de la coulisse, près de
⊙ 79—⊙ 78	1,000	+21,5627	⊙ 79 <i>r</i> sur la corniche de la culée, rive droite en amont, du pont sur le Gross-Schlie-
⊙ 80—⊙ 79	0,392	- 4,0250	⊙ 80 <i>r</i> sur la dernière borne, à droite de la route.
⊙ 81—⊙ 80	1,342	-26,9065	⊙ 81 <i>r</i> sur l'angle d'amont de la culée, rive gauche, du pont sur le Klein-Schlie-
⊙ 82—⊙ 81	1,539	-29,7296	⊙ 82 <i>r</i> sur une grosse pierre de la jetée du débarcadère d'Alpnach, à gauche du
⊙ 83—⊙ 82	1,578	+ 1,8525	⊙ 83 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, en deçà du Nydenbach.
⊙ 84—⊙ 83	0,618	- 0,2189	⊙ 84 <i>r</i> sur une borne, un peu en deçà de la dernière maison, entre Alpnach et Stans-
NF190—⊙ 84	3,187	- 1,4413	NF190 <i>r</i> en bronze scellé sur le premier pilier, côté nord, de l'Acherbrücke, à Stans-
			stad.
NF190—NF189	13,211	-37,6469	

Nivellement de la ligne Berne—Brienz—Brünig—Lucerne.

REPÈRES.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	DÉSIGNATION DES REPÈRES.
10^e De Stansstad NF 190 à Lucerne NF 51.			
⊙ 85—NF190	1,721 ^{km}	+ 2,5232 ^m	⊙ 85 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à 30 ^m en deçà du Mühlebach, au sud d'Hergiswyl.
⊙ 86—⊙ 85	1,216	+ 3,9400	⊙ 86 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, à 30 ^m au delà du Steinibach, au nord d'Hergiswyl.
⊙ 87—⊙ 86	1,903	— 5,7973	⊙ 87 <i>r</i> sur le couvercle d'une coulisse, à droite de la route, à 250 ^m environ en deçà de Ennethorw.
⊙ 88—⊙ 87	1,144	+ 1,3291	⊙ 88 <i>r</i> sur la corniche, à l'angle nord-est du pont sur le Mühlebach, à Horw.
⊙ 89—⊙ 88	2,194	+ 14,7134	⊙ 89 <i>r</i> sur le couvercle d'une coulisse, à gauche de la route, à 370 ^m environ en deçà de la fabrique de clous, près de Lucerne.
⊙ 90—⊙ 89	1,016	— 4,7823	⊙ 90 <i>r</i> sur l'angle côté aval de la culée, rive droite, du pont sur le Kriensbach, en face du château de M. de Sonnenberg.
NF 50—⊙ 90	1,195	— 11,4814	NF 50 <i>r</i> en bronze scellé sur le soubassement, à gauche de la porte principale de l'église des Jésuites, à Lucerne.
NF 51—NF 50	1,029	+ 10,9525	NF 51 <i>r</i> en bronze scellé sur une pierre saillante du soubassement de la cathédrale de Lucerne, entre la tour méridionale et une porte latérale. — <i>NB.</i> La cote indiquée pour cette section NF 51—NF 50 est la moyenne de deux opérations exécutées par M. Benz et s'accordant à 1 ^{mm} ,9 près (v. la 5 ^{me} livrais., p. 316); M. Steiger a terminé son nivellement au repère NF 50.
NF 51—NF190	11,418	+ 11,3972	

§ XXVIII.

Recherches sur les erreurs de clôture des polygones.

La livraison précédente § XXIII renferme déjà des recherches sur les erreurs qui peuvent être commises dans les opérations de nivellement, et qui sont mises au jour, soit par la comparaison de deux opérations exécutées sur la même ligne entre deux points, soit par l'erreur de clôture d'un polygone, qui ramène au point de départ par une voie différente. Nous n'avions eu égard dans ces recherches qu'à deux causes d'erreur parfaitement distinctes et indépendantes l'une de l'autre, savoir : en premier lieu, les erreurs d'observation proprement dites, qui se présentent à chaque lecture, et qui, en raison de leur nature purement accidentelle, peuvent être mises sous la forme $\pm x\sqrt{k}$, k étant le nombre de kilomètres compris entre les deux points, et x l'erreur que l'on peut estimer être commise en moyenne sur un kilomètre, par suite des erreurs accidentelles. La seconde cause d'erreur provient de la variabilité dans la longueur des mires, et elle peut être mise sous la forme $\pm y\sqrt{\Sigma h^2}$, ou $\pm y \cdot H$, H étant la différence de hauteur entre les deux extrémités d'une section, dont la longueur varie considérablement d'une section à l'autre, ainsi que le temps employé pour la parcourir, Σh^2 étant la somme des carrés des dénivellations entre les sous-sections composant la section totale, et y le chiffre exprimant la variabilité moyenne pour un mètre de la mire.

Il est évident que la première forme doit être adoptée dans l'hypothèse où la longueur de la mire varierait d'un jour à l'autre, soit d'une sous-section à l'autre, dans les limites de la variabilité moyenne; la seconde forme, au contraire, devrait être adoptée si la mire avait conservé pendant tout le temps employé à niveler la section entière la même longueur, différant de $\pm y$, par mètre, de la longueur moyenne.

Il est bien difficile, sinon impossible, de décider *à priori* laquelle des deux hypothèses doit être regardée comme étant la plus probable dans chaque cas particulier, en l'absence de données permettant d'apprécier la constance plus ou moins prolongée des circonstances atmosphériques, telles que la température et l'humidité, pouvant influencer sur la longueur de la mire. De plus, les comparaisons des mires faites jusqu'ici, soit entre les deux repères devant l'Observatoire de Neuchâtel, soit avec l'étalon du bureau fédéral des poids et mesures à Berne, n'avaient pas pu être instituées de façon à déterminer exactement la corrélation entre la longueur de la mire et les circonstances telles que la température et l'humidité, de même que l'intervalle de temps nécessaire pour qu'un changement dans ces circonstances se fasse sentir sur la longueur de la mire. Une pareille détermination exigerait une série très-prolongée d'expériences systématiques faites dans ce but, dans lesquelles on ferait varier au bout d'intervalles plus ou moins longs, soit la température, soit l'humidité, dans des limites très-étendues, recherches qui auraient certainement de l'intérêt, mais que nous n'avons pas pu entreprendre encore.

Les comparaisons faites jusqu'à présent ont montré que, dans plusieurs cas, la variabilité des mires était à peu près aussi grande dans l'espace d'un petit nombre de jours, que dans un intervalle beaucoup plus long, ou d'une année à l'autre, sans qu'il soit cependant permis de l'établir comme une règle générale. En effet, lorsque les mires étaient comparées à Berne un premier jour, au moment où elles venaient d'y être expédiées, souvent par un très-mauvais temps en hiver, elles pouvaient se trouver encore dans des circonstances très différentes de celles où elles étaient au bout d'un séjour d'un jour ou deux dans le bureau fédéral. Il est certainement plus conforme à la probabilité de supposer que la variabilité des mires est moindre pendant la durée d'une série de jours, pendant lesquels les circonstances atmosphériques sont restées à peu près les mêmes, que s'il s'est produit un changement considérable dans le même intervalle de temps. Sur un terrain peu accidenté, sur lequel on rencontre seulement des pentes et des contre-pentes peu considérables, l'in-

certitude entre les deux formules $\pm y \sqrt{\Sigma h^2}$, ou $\pm y \cdot H$, a peu d'importance, parce que, dans les deux cas, l'erreur pouvant être attribuée à la variabilité des mires est très-faible. Il en est autrement, lorsque la ligne de nivellement suit une pente continue et prolongée, comme cela a lieu dans les passages des Alpes; si, comme cela s'est présenté souvent, l'ingénieur a pu opérer pendant une série de beaux jours consécutifs, en s'élevant ou en s'abaissant de 80 mètres par jour, la première formule donnerait au bout de 5 jours une incertitude de $\pm 14^{\text{mm}}$ seulement, avec une variabilité moyenne de $\pm 0^{\text{mm}},08$ par mètre, tandis que la deuxième formule donnerait une incertitude de $\pm 32^{\text{mm}}$.

C'est pour cette raison que nous avons renoncé au moyen par lequel nous avons essayé d'abord de déterminer expérimentalement l'incertitude moyenne par kilomètre, $\pm x$, due aux erreurs accidentelles, et la variabilité moyenne des mires, par mètre, $\pm y$, par la comparaison du double nivellement du Gothard, de Lucerne à Locarno. Dans cette recherche (voyez 4^{me} livraison, p. 271 et suiv.), la ligne entière avait été partagée en 28 sections, comprises d'un repère principal à l'autre, mais ces sections étaient excessivement inégales, soit au point de vue de leur longueur, qui variait de moins d'un kilomètre à près de 19 kilomètres, dont le nivellement avait été opéré tantôt dans un seul jour, tantôt dans plusieurs jours, ou semaines, et avec des accidents de terrain très-différents. Ainsi, entre les repères NF 69 et NF 94, sur une longueur de près de 12 kilomètres, H est de $0^{\text{m}},3$ seulement, tandis que $\sqrt{\Sigma h^2}$ est de plus de 100^{m} ; dans la section comprise entre les repères NF 56 et NF 57, au contraire, dont la longueur est à peu près la même $12^{\text{km}},7$, H est égal à 930^{m} , tandis que $\sqrt{\Sigma h^2}$ est égal à 250^{m} seulement. On comprend facilement, qu'avec de pareilles différences sur le coefficient de y pour une section, suivant que l'on adopte l'une ou l'autre des formules pour le calculer, la détermination simultanée des inconnues indépendantes x et y soit très-incertaine en la basant sur des sections aussi inégales, pour une partie desquelles la première formule s'approchait probablement plus de la vérité, tandis que pour une autre partie, c'était la seconde.

M. Helmert a examiné dans un remarquable mémoire, inséré dans les nos 2127. et 2128 des *Astronomische Nachrichten*, la question de la détermination des constantes x et y de deux causes d'erreur indépendantes l'une de l'autre, par des données expérimentales dans lesquelles les deux causes d'erreur sont combinées, et il en a fait l'application numérique pour les erreurs de nivellement sur la ligne du Gothard, dont il a pris les données dans cette même 4^{me} livraison. Il n'y a aucun doute que le procédé de M. Helmert ne donne, pour la détermination de x et de y , des valeurs beaucoup plus approchées que celui que nous avons suivi; nous n'hésiterions donc pas à l'adopter, s'il était possible de regarder la forme $\sqrt{\Sigma h^2}$ du coefficient de y , adoptée également par M. Helmert, comme étant celle qui se présente, sinon toujours, du moins dans la très-grande majorité des cas. Or, cela n'a certainement pas eu lieu dans un grand nombre de cas pour lesquels, d'après ce qui a été dit plus haut, il aurait été plus conforme à la vérité de prendre H pour le coefficient de $\pm y$.

Le procédé que nous avons suivi dans la 5^{me} livraison est différent: là, au lieu de comparer les résultats d'un double nivellement sur des sections comprises d'un repère principal à l'autre, nous avons établi la comparaison sur les sous-sections comprises d'un repère secondaire à l'autre. Comme la sous-section est parcourue dans l'espace d'un jour, quelquefois d'un demi-jour, et comme la 2^{me} opération n'a eu lieu qu'au bout de plusieurs mois, ou même après un intervalle de une ou plusieurs années, il est certain que l'on peut prendre $\sqrt{2h^2}$ pour le coefficient de y dans l'équation donnée par l'erreur de clôture de cette sous-section. De plus, nous avons fait entrer dans cette détermination non-seulement la ligne du Gothard, mais toutes les lignes nivelées à double, en comparant seulement celles des sous-sections, pour lesquelles la différence de niveau était, ou bien inférieure à 3 mètres, c'est-à-dire assez faible pour que l'influence de la variabilité des mires fût absolument insensible, ou bien supérieure à 60 mètres, c'est-à-dire assez forte pour que cette variabilité puisse donner une incertitude notablement plus forte que celle pouvant être attribuée aux erreurs d'observation proprement dites. De

L'ensemble des 158 sous-sections se trouvant dans ces limites, dont chacune donne une équation de la forme $d^2 = 2k \cdot x^2 + 2h^2 \cdot y^2$, nous avons déduit, par le procédé ordinaire, $x = \pm 2^{\text{mm}},391$ et $y = \pm 0^{\text{mm}},07283$. Nul doute, que la méthode indiquée par M. Helmert, et appliquée aux données renfermées pages 324-328 de la 5^{me} livraison, ne puisse amener à des valeurs plus probables de x et de y , tant que l'on se propose d'obtenir une détermination simultanée des deux constantes à l'aide de ces données.

Il nous paraît cependant préférable de déterminer séparément ces deux constantes des erreurs, auxquelles on est exposé dans le nivellement, et cela à l'aide de données dans lesquelles l'une ou l'autre des deux causes d'erreur soit alternativement nulle. C'est ainsi que la constante y de la variabilité des mires peut être déterminée plus sûrement par les comparaisons faites à Berne avec l'étalon du bureau fédéral des poids et mesures; l'incertitude du résultat de chaque comparaison, d'après l'accord des mesures entre elles, ne s'élève qu'à un petit nombre de millièmes de millimètre, ce qui donne un moyen très-sûr de déterminer les différences provenant de la variabilité. D'après les 13 comparaisons exécutées jusqu'à présent (voyez page 375), on a pour la variation moyenne de la mire I $\pm 0^{\text{mm}},074$ par mètre, et pour la mire II $\pm 0^{\text{mm}},082$. La différence entre la variabilité des deux mires est certainement appréciable, mais comme les nivellements ont été faits tantôt avec l'une des mires, tantôt avec l'autre, et pour les nivellements faits à double, tantôt avec la même mire pour les deux opérations, tantôt avec une mire différente, on est obligé d'adopter le chiffre moyen $\pm 0^{\text{mm}},078$ pour la constante y de l'erreur due à la variabilité des mires.

Quant à la constante x de l'incertitude due aux erreurs d'observations, par kilomètre, elle peut être déduite de l'ensemble des sous-sections pour lesquelles la différence de niveau entre les deux extrémités est inférieure à 3 mètres, et pour lesquelles l'influence de la variabilité des mires peut être considérée comme étant nulle. De l'ensemble des 85 sous-sections, pages 324 à 328, pour lesquelles $2h^2 = 0$, on déduit $x = \pm 2^{\text{mm}},776$, c'est-à-dire une valeur un peu plus forte que celle que

nous avons obtenue dans la détermination simultanée des deux constantes.

Mais il est évident que nous devons faire concourir à la détermination de x les sous-sections de la livraison actuelle, pour lesquelles la différence de niveau entre les deux extrémités est inférieure à 3 mètres; ces sous-sections sont au nombre de 62, et le tableau ci-dessous donne pour chacune d'elles la différence d entre les deux opérations, soit l'erreur de clôture de ce petit polygone partiel, et sa longueur $2k$, soit le double de la distance entre les deux extrémités.

6^{me} livraison.

LIGNE	SOUS-SECTION	$\pm d$		$2k$	LIGNE	SOUS-SECTION	$\pm d$		$2k$		
		mm	km				mm	km			
Pfäffikon à Sargans	⊙116—⊙117	10,0	2,69	Sargans à Steckborn (suite)	HM — ⊙ 62	1,5	2,41	Steckborn à Zurich	⊙ 58- NF140	0,3	1,93
	⊙115—⊙116	1,5	0,88		NF141— HM	2,4	0,29		⊙ 56—⊙ 57	6,2	3,43
	* ⊙106—⊙108	23,8	6,42		⊙ 51—⊙ 52	22,8	4,63		* ⊙ 50- NF138	1,6	1,77
	NF152—⊙106	0,6	1,50		* ⊙ 49—⊙ 50	10,8	2,32		* ⊙ 48—⊙ 49	16,1	4,57
	⊙105- NF152	5,0	2,41		* ⊙ 47—⊙ 48	1,7	3,10		NF137—⊙ 47	2,8	4,61
	⊙103—⊙104	0,6	2,27		⊙ 44—⊙ 45	1,5	2,23		⊙ 40—⊙ 41	7,1	4,84
	⊙102—⊙103	18,0	1,52		⊙ 36- NF134	1,9	6,72		⊙ 36- NF134	1,9	6,72
	NF150—⊙102	3,2	3,86		NF133—⊙ 35	0,8	3,22		NF126—⊙ 14	0,8	0,79
	⊙101- NF150	2,2	2,60		⊙ 6—⊙ 7	6,4	2,92		⊙ 5- NF121	2,4	0,81
	⊙100—⊙101	1,6	5,38		⊙ 3—⊙ 4	5,6	1,39		⊙ 2—⊙ 3	0,0	1,75
	⊙ 98—⊙ 99	6,3	1,53		⊙ 15—⊙ 2	16,4	1,42		* ⊙ 7—⊙ 6	23,2	2,84
	⊙ 97—⊙ 98	11,7	5,42		* ⊙ 21—⊙ 20	2,0	1,60		⊙ 22—⊙ 21	7,3	1,28
	NF148—⊙ 97	0,8	2,84		⊙ 26—⊙ 25	2,9	1,09		⊙ 26—⊙ 25	2,9	1,09
	⊙ 96- NF148	1,6	1,11		⊙ 32—⊙ 31	0,2	3,81		⊙ 32—⊙ 31	0,2	3,81
	Sargans à Steckborn	⊙ 89—⊙ 90	10,8		0,89	⊙ 33—⊙ 32	4,5		4,71	* ⊙ 33—⊙ 32	4,5
	⊙ 88—⊙ 89	1,7	6,49	⊙ 43—⊙ 42	18,0	1,17	⊙ 43—⊙ 42	18,0	1,17		
	⊙ 79—⊙ 80	6,8	4,60	⊙ 46—⊙ 45	14,7	3,79	⊙ 46—⊙ 45	14,7	3,79		
	⊙ 78—⊙ 79	1,2	1,81	⊙ 47—⊙ 46	1,8	1,30	⊙ 47—⊙ 46	1,8	1,30		
	⊙ 76—⊙ 77	10,0	2,05	⊙ 48—⊙ 47	2,8	2,30	⊙ 48—⊙ 47	2,8	2,30		
	⊙ 75- NF144	0,5	1,40	⊙ 49—⊙ 48	2,9	0,79	⊙ 49—⊙ 48	2,9	0,79		
	⊙ 74—⊙ 75	1,2	3,82								
	⊙ 72—⊙ 73	2,7	2,21								
	* ⊙ 70—⊙ 72	17,6	9,02								
	* ⊙ 67—⊙ 68	17,5	5,02								
	NF142—⊙ 66	0,6	5,94								
	⊙ 65- NF142	6,6	1,90								
	⊙ 60—⊙ 64	4,0	1,20								
	⊙ 59—⊙ 60	6,7	5,75								
	NF140—⊙ 59	6,4	3,00								
	⊙ 60- NF140	0,3	8,74								
	⊙ 62—⊙ 61	1,6	3,02								

On peut remarquer parmi les valeurs de d contenues dans ce tableau, quelques chiffres très-forts, et qui dépassent notablement les divergences que l'on rencontre sur un terrain plat, entre les résultats de deux opérations. Un examen attentif de ces divergences, et la comparaison avec la sous-section qui précède, ou qui suit immédiatement, montre qu'elles ne sont pas dues à des erreurs d'observation, mais à un déplacement du repère, qui a eu lieu entre les deux opérations. Les tableaux des observations signalent plusieurs cas analogues, dans lesquels le déplacement du repère était assez considérable pour avoir attiré l'attention de l'ingénieur. Toutes les fois que pour une sous-section le résultat brut des lectures de la mire, pour le fil du milieu, donnait d'un repère secondaire à l'autre une différence de 4 à 5 centimètres avec la première opération, et que la sous-section précédente ou suivante donnait une différence à peu près égale, mais en sens inverse, la somme des deux sous-sections s'accordant dans les deux opérations, l'ingénieur notait sur son carnet le déplacement du repère, qui devait avoir eu lieu sans aucun doute depuis la première opération, et, dans ce cas, la cote indiquée pour ce repère par le premier nivellement était laissée de côté. Lorsque la différence d'une opération à l'autre n'atteignait pas ce chiffre, il ne la mentionnait pas, et c'est ainsi que les tableaux publiés peuvent renfermer des divergences dues à cette cause, divergences qui n'ont aucune influence sur le résultat obtenu pour toute la section, puisqu'elles se compensent dans les deux sous-sections consécutives; dans le calcul définitif des cotes des repères secondaires, on aura naturellement égard à cette cause qui a pu, dans quelques cas, rendre fautive la cote déduite de la première opération.

Voici les cas qui se sont présentés dans les tableaux de cette livraison :

Sur la ligne Pfäffikon—Sargans—Steckborn—Zurich :

	1 ^{re} opération	2 ^{me} opération	d
⊙106—⊙108	— 2,5972 ^m	— 2,5734 ^m	+23,8 ^{mm}
⊙108—⊙109	— 6,8913	— 6,9155	—24,2
⊙106—⊙109	— 9,4885	— 9,4889	— 0,4 d'où déplacement de 2 ^{cm} du ⊙108

	1 ^{re} opération	2 ^{me} opération	<i>d</i>	
	^m	^m	^{mm}	
⊙ 70—⊙ 72	+ 2,8694	+ 2,8518	-17,6	
NF143—⊙ 70	+36,5792	+36,6018	+22,6	
NF143—⊙ 70	+39,4486	+39,4536	+ 5,0	d'où déplacement de 2 ^{cm} du ⊙ 70
⊙ 68—⊙ 69	- 8,4571	- 8,4704	-13,3	
⊙ 67—⊙ 68	- 0,8991	- 0,8816	+17,5	
⊙ 67—⊙ 69	- 9,3562	- 9,3520	+ 4,2	d'où déplacement de 1 ^{cm} ,5 du ⊙ 68
⊙ 51—⊙ 52	- 1,7799	- 1,8027	-22,8	
NF138—⊙ 51	+ 5,5032	+ 5,5323	+29,1	
NF138—⊙ 51	+ 3,7233	+ 3,7296	+ 6,3	d'où déplacement de 2 ^{cm} ,5 du ⊙ 51
⊙ 49—⊙ 50	- 2,3507	- 2,3615	-10,8	
⊙ 48—⊙ 49	+ 0,3293	+ 0,3454	+16,1	
⊙ 48—⊙ 50	- 2,0214	- 2,0161	+ 5,3	d'où déplacement de 1 ^{cm} ,5 du ⊙ 49

et sur la ligne Berne—Aarburg :

	1 ^{re} opération	2 ^{me} opération	<i>d</i>	
	^m	^m	^{mm}	
⊙ 15—⊙ 2	+ 1,8572	+ 1,8736	+16,4	
⊙ 4—⊙ 15	-27,2780	-27,2896	-11,6	
⊙ 4—⊙ 2	-25,4208	-25,4160	+ 4,8	d'où déplacement de 1 ^{cm} ,5 du ⊙ 15
⊙ 6—⊙ 4	+ 6,7828	+ 6,7468	-36,0	
⊙ 7—⊙ 6	+ 2,9593	+ 2,9825	+23,2	
⊙ 7—⊙ 4	+ 9,7421	+ 9,7293	-12,8	d'où déplacement de 3 ^{cm} du ⊙ 6
⊙ 42—⊙ 41	+ 5,1736	+ 5,1583	-15,3	
⊙ 43—⊙ 42	- 1,5942	- 1,5762	+18,0	
⊙ 43—⊙ 41	+ 3,5794	+ 3,5821	+ 2,7	d'où déplacement de 1 ^{cm} ,5 du ⊙ 42

En laissant de côté les 9 sous-sections pour lesquelles la différence est due, sans aucun doute, au déplacement d'un repère, et auxquelles on a ajouté un astérisque, on a par les 53 autres sous-sections contenues dans cette livraison :

$$149,71 x^2 = 1579,61$$

$$\text{d'où } x^2 = 10^{\text{mm}},5512$$

$$\text{et } x = \pm 3^{\text{mm}},248$$

Si la constante x de l'erreur moyenne par kilomètre, sur un terrain plat, est plus grande d'après les 53 sous-sections contenues dans cette livraison, que d'après les 85 sous-sections renfermées dans les livraisons précédentes, nous n'en attribuons pas la cause à la faute des ingénieurs, qui auraient apporté dans leurs opérations moins de soin et d'exactitude que les premières années, mais à une cause systématique d'erreur, qui, si elle est nulle ou insensible dans plusieurs cas, peut atteindre dans d'autres une certaine importance, pouvant être encore exagérée par la négligence du porte-mire. Cette cause d'erreur consiste dans un très-léger tassement du sol sur lequel on opère, sous le poids de la mire et de la plaque de fonte sur laquelle elle repose, tassement qui doit donner pour la lecture de la mire, faite en arrière, un chiffre un peu plus fort que celui que l'on aurait obtenu, si elle avait conservé exactement la même position que pour la lecture faite la mire en avant. Cette cause d'erreur avait été déjà signalée dans le nivellement du Chasseral (voyez 1^{re} livraison, page 59), parce que, à défaut même d'un sentier sur une partie du parcours, nous étions obligés d'opérer sur un pâturage, dont le sol moins résistant devait plus facilement se prêter à un tassement. Nous ne pensions pas que cette cause d'erreur pût exercer une influence sensible sur une route bien ferrée, comme le sont en général les routes en Suisse, et avec la précaution que la plaque en fonte soit enfoncée autant que possible à coups de talon, suivant l'instruction donnée au porte-mire. Il est probable que son influence n'est pas appréciable par un temps sec, lorsque le sol de la route est très-dur, mais lorsqu'on opère après de fortes pluies, qui ont détrempe le sol, un très-léger tassement est possible, comme le montrent les ornières creusées par les roues des voitures, ou même la trace du pied des passants. Le nombre de coups de niveau étant de dix environ, par kilomètre, sur un terrain plat, il suffirait d'un tassement de un ou deux dixièmes de millimètre par

coup de niveau, pour produire une erreur de un ou deux millimètres par kilomètre. Si dans un double nivellement exécuté entre deux points A et B, les deux opérations ont eu lieu dans le même sens, de A vers B, et que l'erreur due au tassement, qui est toujours positive sur la différence B—A, soit δ dans la première, et δ' dans la seconde, la moyenne des deux opérations sera entachée d'une erreur systématique $\frac{\delta+\delta'}{2}$, mais la différence d entre les deux opérations sera affectée seulement de la quantité $\delta'-\delta$, due à un tassement inégal dans les deux nivellements. Si, au contraire, la seconde opération a eu lieu en sens inverse de la première, c'est-à-dire de B vers A, l'erreur sur la moyenne, due au tassement, ne sera plus que $\frac{\delta-\delta'}{2}$, mais la différence entre les opérations sera $\delta+\delta'$. Il est donc très-préférable de faire en sens inverse l'une de l'autre les deux opérations de nivellement sur une même ligne, parce que si les erreurs systématiques dues au tassement ne se compensent pas exactement dans la moyenne, (il faudrait pour cela que les circonstances eussent été exactement les mêmes, de façon à ce que $\delta'=\delta$), elles sont du moins très-notablement diminuées. Nous n'avons peut-être pas attaché une importance suffisante à cette considération dans les nivellements antérieurs, dans la plupart desquels les deux opérations ont été faites dans le même sens, en partant de l'opinion énoncée un peu plus haut. Sur la ligne Pfäffikon—Sargans—Steckborn—Zurich, qui renferme 44 des 53 sous-sections données ci-dessus, les deux opérations ont été faites en sens inverse l'une de l'autre, ce qui a dû contribuer à augmenter le chiffre de la différence d , et ce qui peut expliquer le chiffre plus fort pour la valeur de x .

On trouve la confirmation la plus évidente de l'erreur systématique, qui peut être introduite dans un nivellement par cet effet de tassement, dans la comparaison des deux opérations qui ont été exécutées sur le polygone reliant les lacs de Zurich et de Constance. La première opération a été exécutée par M. Benz dans le sens Zurich-Steckborn-Sargans-Pfäffikon—Zurich, et la seconde trois ans plus tard par M. Redard, dans le sens inverse Zurich—Pfäffikon—Sargans—Steckborn—Zurich. Ce

polygone se prête très-bien à cette comparaison, parce que sur tout le parcours les accidents de terrain sont assez faibles, les dénivellations fort peu considérables, et par suite l'erreur provenant de la variabilité des mires insignifiante. On n'est ainsi exposé dans le nivellement de ce polygone qu'à l'influence des erreurs accidentelles d'observation, dans le cas où l'erreur systématique de tassement n'existerait pas; et comme des erreurs purement accidentelles se présentent tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre, la différence d entre les deux opérations sur les sections comprises d'un repère principal à l'autre, ou sur les sections plus grandes formant les quatre côtés du polygone, devrait avoir tantôt le signe +, tantôt le signe —. On ne peut certainement pas s'attendre à trouver une égalité complète dans le nombre des différences positives et négatives, mais, d'un autre côté, une disproportion très-forte entre les deux nombres doit faire supposer une erreur systématique. Le tableau suivant renferme cette comparaison, le sens dans lequel la différence de niveau entre deux repères de premier ordre est prise, étant celui suivant lequel la seconde opération exécutée par M. Redard a été faite, et le signe de la différence d entre les deux opérations se rapporte à la différence h de niveau dans la seconde opération, moins la différence h' dans la première. La seconde colonne donne la double longueur $2k$ de la distance entre deux repères consécutifs, soit le développement du petit polygone d'allée et de retour entre ces deux points, et la dernière colonne donne l'erreur probable de clôture d' de ce petit polygone, calculée par la formule $\pm 3^{\text{mm}},248 \sqrt{2k}$. Nous avons pris naturellement pour la constante de l'erreur par kilomètre celle qui a été obtenue ci-dessus, par la comparaison des sous-sections de ce polygone nivelées sur un terrain absolument plat. Si l'on voulait avoir égard à la variabilité des mires, l'erreur probable d' serait un peu augmentée pour quelques-unes des sections, mais la différence serait à peine sensible.

REPÈRES.	2 k	DIFFÉRENCE DE NIVEAU.			Différence 2 ^{me} — 1 ^{re} opération d	Différence probable d'
		1 ^{re} opération M. Benz	2 ^{me} opération M. Redard	Moyenne arithmétique		
	km	m	m	m	mm	mm
1^o De Zurich NF 109 à Pfäffikon NF 101.						
NF108—NF109	20,67	— 0,4854	— 0,4930	— 0,4902	— 9,6	±14,8
NF107—NF108	11,12	+12,8165	+12,8191	+12,8178	+ 2,6	10,8
NF106—NF107	14,51	+ 2,9527	+ 2,9575	+ 2,9551	+ 4,8	12,4
NF105—NF106	8,08	— 7,9636	— 7,9586	— 7,9611	+ 5,0	9,2
NF104—NF105	11,69	+ 0,2124	+ 0,2245	+ 0,2184	+ 12,1	11,1
NF104—NF109	66,07	+ 7,5326	+ 7,5475	+ 7,5400	+ 14,9	±26,4
2^o De Pfäffikon NF 101 à Sargans NF 147.						
NF155—NF104	12,23	— 7,3159	— 7,3013	— 7,3086	+ 14,6	±11,4
NF154—NF155	8,57	+39,3618	+39,3770	+39,3694	+ 15,2	9,5
NF153—NF154	5,31	—16,9874	—16,9926	—16,9900	— 5,2	7,5
NF152—NF153	24,12	— 7,0865	— 7,0734	— 7,0799	+ 13,1	16,0
NF151—NF152	5,34	+ 3,2978	+ 3,3028	+ 3,3003	+ 5,0	7,5
NF150—NF151	10,01	— 2,1850	— 2,1504	— 2,1677	+ 34,6	10,3
NF149—NF150	10,25	+ 3,7776	+ 3,7793	+ 3,7784	+ 1,7	10,4
NF148—NF149	13,80	— 4,7073	— 4,7035	— 4,7054	+ 3,8	12,1
NF147—NF148	28,17	+82,6788	+82,7138	+82,6963	+ 35,0	17,2
NF147—NF104	117,80	+90,8339	+90,9517	+90,8928	+117,8	±35,3
3^o De Sargans NF 147 à Steckborn NF 132.						
NF146—NF147	14,79	—39,3936	—39,4184	—39,4070	— 22,8	±12,5
NF145—NF146	19,58	— 5,8631	— 5,8463	— 5,8547	+ 16,8	14,4
NF144—NF145	30,05	—35,5051	—35,5247	—35,5149	— 19,6	17,8
NF143—NF144	23,44	+34,9286	+34,9264	+34,9275	— 2,2	15,5
NF142—NF143	21,30	—57,5251	—57,5291	—57,5271	— 4,0	15,0
NF140—NF142	16,06	— 3,6901	— 3,7039	— 3,6970	— 13,8	13,0
NF139—NF140	16,04	+ 2,6217	+ 2,6460	+ 2,6339	+ 24,3	13,0
NF138—NF139	14,60	+ 0,4329	+ 0,4466	+ 0,4397	+ 13,7	12,4
NF137—NF138	16,36	— 4,8010	— 4,7984	— 4,7997	+ 2,6	13,1
NF136—NF137	17,87	+33,0603	+33,0749	+33,0676	+ 14,6	13,7
NF135—NF136	20,12	— 9,2033	— 9,1928	— 9,1980	+ 10,5	14,6
NF134—NF135	5,11	—17,0790	—17,0754	—17,0772	+ 3,6	7,3
NF133—NF134	15,66	+ 3,8832	+ 3,8889	+ 3,8860	+ 5,7	12,9
NF132—NF133	16,10	— 5,9310	— 5,9310	— 5,9310	0,0	13,0
NF132—NF147	247,08	—104,0666	—104,0372	—104,0519	+ 29,4	±51,1
4^o De Steckborn NF 132 à Zurich NF 109.						
NF130—NF132	35,55	+14,4933	+14,5227	+14,5066	+ 29,4	±19,4
NF129—NF130	9,31	+ 2,5531	+ 2,5590	+ 2,5561	+ 5,9	9,9
NF128—NF129	11,51	+49,8898	+49,8854	+49,8876	— 4,4	11,0
NF127—NF128	5,68	+ 2,2074	+ 2,2200	+ 2,2137	+ 12,6	7,7
NF126—NF127	4,65	—28,2068	—28,2067	—28,2068	+ 0,1	7,0
NF125—NF126	5,42	— 8,9804	— 8,9753	— 8,9778	+ 5,1	7,6
NF124—NF125	8,40	+34,5768	+34,5846	+34,5807	+ 7,8	9,4
NF123—NF124	8,74	+49,8743	+49,8866	+49,8804	+ 12,3	9,6
NF122—NF123	15,16	—92,1394	—92,1288	—92,1341	+ 10,6	12,6
NF121—NF122	2,75	+10,6574	+10,6590	+10,6582	+ 1,6	5,4
NF111—NF121	9,94	+14,3133	+14,3180	+14,3157	+ 4,7	10,2
NF109—NF111	1,91	—43,7579	—43,7579	—43,7579	0,0	4,5
NF109—NF132	119,02	+ 5,4809	+ 5,5666	+ 5,5224	+ 85,7	±35,4
k Erreur de clôture du polygone.						
NF109—NF109	275,00	— 0,2192	+ 0,0286	— 0,0967	+247,8	±53,9

Ce tableau met en évidence la disproportion des signes + et — de la différence d ; car l'on a :

	d négatif	d positif	$d=0$
1 ^{er} côté	1	4	
2 ^{me} »	1	8	
3 ^{me} »	5	8	1
4 ^{me} »	1	10	1
Sur les 40 sections du polygone	8	30	2

En outre, pour les quatre côtés du polygone, le signe de la différence d est positif. La disproportion dans le nombre des signes + et — est assez forte, pour que l'on soit obligé de l'attribuer à une erreur systématique ayant exercé une influence opposée dans les deux opérations, et dont l'effet se serait ajouté sur leur différence. Tel serait l'effet du tassement, les deux opérations ayant été faites en sens inverse l'une de l'autre; cet effet doit produire une erreur de clôture positive pour un polygone, dont toutes les sections auraient été nivelées dans le sens suivant lequel on suppose le polygone parcouru pour obtenir l'erreur de clôture; tel est le cas pour la seconde opération, celle de M. Redard; cette erreur de clôture doit être, au contraire, négative, si les sections ont été nivelées en sens inverse, comme cela a eu lieu pour l'opération de M. Benz.

L'erreur positive de clôture du polygone entier, dont le développement est de 275 kilom., est beaucoup plus faible dans l'opération de M. Redard que l'erreur négative dans celle de M. Benz; comme nous n'avons aucune raison d'attribuer aux observations de M. Benz, qui avait une grande pratique de ces opérations, une exactitude moindre qu'à celles de M. Redard, il est permis de supposer que l'erreur systématique due au tassement a été en moyenne notablement plus forte pour la première opération, soit que le porte-mire ait été moins soigneux et consciencieux, soit surtout que, par suite des circonstances, l'état de la route ait été moins favorable sur une partie du parcours. Cette supposition est d'autant plus admissible, que le tassement est naturellement variable suivant les circonstances, et la comparaison des quatre côtés du poly-

gone montre qu'il n'a pas agi avec la même intensité sur les différents côtés.

Ainsi, pour le premier côté, Zurich—Pfäffikon, la différence d dépasse à peine la moitié de l'erreur probable $\pm d'$, calculée avec une constante qui renferme l'effet du tassement sur les sous-sections; la même chose a lieu pour le troisième côté, Sargans-Steckborn. Pour le deuxième côté, Pfäffikon—Sargans, et pour le quatrième, Steckborn—Zurich, au contraire, la différence d entre les deux opérations dépasse tellement l'erreur probable $\pm d'$, que l'on est autorisé à supposer que la première opération a été affectée d'une erreur systématique, ayant agi constamment dans le même sens, mais avec une intensité variable, sur toute la longueur du côté, qui est de 59 kilomètres environ pour les deux.

On arrive à cette conclusion, que, dans un double nivellement, l'une des opérations pouvant être affectée d'une erreur systématique de tassement dans une proportion beaucoup plus forte que l'autre, la moyenne arithmétique, qui attribue un poids égal à chacune d'elles, s'écarte plus ou moins de la moyenne probable que l'on obtiendrait, si l'on attribuait à chaque opération un poids dépendant de l'erreur introduite par le tassement. Il est malheureusement impossible d'évaluer cette erreur dans chaque cas, et toute introduction de poids inégaux pourrait être taxée d'arbitraire, comme cela a lieu dans tous les cas où elle ne repose pas sur une considération *à priori*, mais sur une considération *à posteriori*, telle que le désaccord d'une observation isolée avec la moyenne, ou l'erreur de clôture d'un polygone. Pour éviter autant que possible l'arbitraire, le procédé le plus rationnel semble être de ne pas introduire d'inégalité de poids, et de conserver la moyenne arithmétique dans les cas, dans lesquels la différence d entre les deux opérations est plus faible que la différence probable $\pm d'$, ou ne la dépasse que d'une petite quantité.

Dans les cas, au contraire, dans lesquels le chiffre très-élevé de la différence d montre que l'une ou l'autre des opérations a été entachée d'une erreur systématique considérable, l'on prendrait seulement le résultat donné par celle des deux opérations qui s'accorde le mieux avec

la condition géométrique du problème, c'est-à-dire celle qui donne pour le polygone l'erreur de clôture la plus faible, en laissant complètement de côté l'autre opération. Ce procédé donnerait pour le polygone dont nous nous occupons le résultat suivant :

Zurich—Pfäffikon	NF104—NF109	moyenne des deux opérations	+	7,5400 ^m
Pfäffikon—Sargans	NF147—NF104	la deuxième opération	+	90,9517
Sargans—Steckborn	NF132—NF147	moyenne des deux opérations	—	104,0519
Steckborn—Zurich	NF109—NF132	la deuxième opération	+	5,5666
NF109—NF109		Erreur de clôture	+	0,0064

Si nous voulons appliquer les considérations précédentes à l'examen des opérations contenues dans les livraisons précédentes, il est évident que la constante x de l'erreur moyenne, par kilomètre, doit être déterminée par l'ensemble de toutes les sous-sections nivelées sur un terrain à peu près plat, que les deux opérations aient été faites dans le même sens, ou en sens opposé. De ces 138 sous-sections, on déduit :

$$\begin{aligned} 401,01 x^2 &= 3516,60 \\ \text{d'où} \quad x^2 &= 8,7694 \\ \text{et} \quad x &= \pm 2^{\text{mm}},961 \end{aligned}$$

En adoptant cette valeur, et celle de $\pm 0^{\text{mm}},078$ pour y , d'après les comparaisons faites à Berne, l'on aurait pour l'erreur probable de la différence de niveau entre les deux extrémités d'un côté, pour une seule opération, $\pm \delta = \pm 2^{\text{mm}},961 \sqrt{k} \pm 0^{\text{mm}},078 \sqrt{\Sigma h^2}$. Nous conservons cette forme du coefficient de y , avec la réserve que dans plusieurs cas la forme $\pm 0^{\text{mm}},078$. Il aurait été probablement plus conforme à la vérité, sans qu'il soit possible de désigner spécialement les cas dans lesquels elle aurait dû être adoptée.

Nous ne regardons du reste point ces valeurs de x et de y comme étant définitives, aussi peu que celles que nous avons adoptées pour la correction des mires, et que nous avons conservées malgré une très-légère différence qui aurait été introduite par les dernières comparaisons. Ces

valeurs sont assez rapprochées de la vérité pour donner une évaluation suffisamment exacte de l'erreur, que l'on peut attribuer à la différence de niveau pour un côté; pour le but que nous nous proposons maintenant, cette évaluation suffit largement. Plus tard, lorsque notre réseau sera entièrement terminé, et qu'il s'agira d'établir le poids avec lequel chaque côté doit entrer dans la compensation du réseau, en raison de son erreur probable, il y aura lieu de procéder à une détermination définitive des constantes x et y , d'après l'ensemble de toutes les données. C'est alors que nous pourrons comparer la valeur de la constante y obtenue par les seules comparaisons des mires faites à Berne, avec celle déduite des observations faites sur les repères devant l'observatoire de Neuchâtel, enfin avec celle que l'on obtiendrait par la méthode de M. Helmert, d'après l'ensemble des sous-sections nivelées à double sur une forte pente, et sur une pente nulle.

On pourrait aussi faire des expériences spéciales dans le but d'obtenir une détermination de la constante x , due aux erreurs d'observation proprement dites et à l'effet du tassement; il faudrait placer deux repères sur un terrain parfaitement plat, de manière à éviter l'influence de la variabilité des mires, et à une distance de un kilomètre environ l'un de l'autre. La différence de niveau entre ces deux points serait mesurée un très-grand nombre de fois, dans les deux sens, dans les circonstances atmosphériques les plus différentes possibles pouvant influer sur la nature du sol de la route, enfin en procédant tantôt par longs coups de niveau, de 100 à 130 mètres, ou par courts coups de niveau, de 30 à 40 mètres, comme l'on en rencontre sur les fortes pentes. Il faudrait enfin faire coopérer à ces mesures des ingénieurs différents, et se servir alternativement de l'un ou de l'autre de nos deux instruments. La moyenne de toutes les mesures fera connaître la différence de niveau entre ces deux points avec une très-grande précision, et la comparaison de chaque mesure isolée avec la moyenne permettra de déterminer l'erreur qui aura été commise dans chaque cas, et suivant les circonstances.

Nous donnons dans le tableau suivant le résumé de tous les côtés de

notre réseau principal, dont le nivellement a été effectué jusqu'à présent. Afin de pouvoir examiner dans quel sens une erreur due au tassement aurait pu influencer sur la différence obtenue, le sens dans lequel l'opération a été faite est indiqué, c'est-à-dire, si l'opération a été exécutée de A vers B, le signe de la différence H de niveau, se rapporte toujours à B—A. La valeur de l'erreur probable $\pm \delta$, sur une opération, a été calculée avec les valeurs de x et de y données ci-dessus, et l'on a indiqué séparément la part qui revient à chacune des causes d'erreur. La dernière colonne, enfin, renferme pour les côtés nivelés à double la demi-différence $\frac{1}{2} d$ entre les deux opérations, prise toujours dans ce sens, que le résultat de la première opération (pris naturellement en signe contraire, si les deux opérations ont été faites en sens opposé,) a été retranché de celui de la seconde.

CÔTÉS	k	H	Σh^2	$\pm x\sqrt{k}$	$\pm y\sqrt{\Sigma h^2}$	$\pm \delta$	$\frac{1}{2} d$
	km	m		mm	mm	mm	
Neuchâtel NF 1—Morges NF 15.....	77,38	+ 58,9714	17179	$\pm 26,0$	$\pm 10,2$	$\pm 27,9$	
Fribourg NF 18—Neuchâtel NF 1.....	43,20	+153,6216	14976	19,5	9,5	21,7	
Morges NF 15—Fribourg NF 18.....	76,03	-212,6090	62328	25,8	19,5	32,3	
Bienne NF 21—Neuchâtel NF 1.....	30,93	+ 4,8344	143	16,5	0,9	16,5	0,0
Bienne NF 21—Neuchâtel NF 1.....		+ 4,8344					
Berne NF 26—Bienne NF 21.....	40,12	+101,4621	15973	18,7	9,9	21,2	+ 25,2
Berne NF 26—Bienne NF 21.....		+101,5125					
Berne NF 26—Fribourg NF 18.....	31,50	- 47,2809	3532	16,6	4,6	17,2	- 5,5
Berne NF 26—Fribourg NF 18.....		- 47,2919					
Aarburg \odot 50—Berne NF 26.....	65,32	-128,7662	10086	24,0	7,8	25,3	- 25,35
Aarburg \odot 50—Berne NF 26.....		-128,8169					
Brugg NF 35—Aarburg \odot 50.....	36,38	- 61,0577	1151	17,9	2,7	18,1	+ 3,4
Brugg NF 35—Aarburg \odot 50.....		- 61,0509					
Stein NF 37—Brugg NF 35.....	22,35	- 54,1428	21107	14,0	11,3	18,0	
Bâle NF 46—Stein NF 37.....	31,99	- 17,6222	6923	16,7	6,5	17,9	
Bâle NF 46—Bienne NF 21.....	88,98	-159,9906	33409	27,9	14,3	31,4	
Locarno NF 92—Hospenthal NF 54.....	100,57	-1262,2210	164250	29,7	31,6	43,4	- 73,2
Locarno NF 92—Hospenthal NF 54.....		-1262,3674					
Locarno NF 92—Domo-d'Ossola NF 90.....	62,70	- 79,1434	89818	23,4	23,4	33,1	+ 12,3
Domo-D'Ossola NF 90—Locarno NF 92.....		+ 79,1680					
Domo-d'Ossola NF 90—Brigue NF 84.....	63,32	-404,1255	168215	23,6	32,0	39,8	+ 22,4
Brigue NF 84—Domo-d'Ossola NF 90.....		+404,1703					
Brigue NF 84—Hospenthal NF 54.....	77,51	-778,8680	155820	26,1	30,8	40,4	
Brigue NF 84—Morges NF 15.....	164,04	+305,5045	20032	37,9	11,0	39,5	
Brienz NF 187—Berne NF 26.....	74,78	+ 25,9514	8740	25,6	7,3	26,6	
Lucerne NF 51—Brienz NF 187.....	56,39	-120,7891	51271	22,2	17,7	23,4	
Lucerne NF 51—Schwytz NF 95.....	48,94	- 67,8182	21050	20,7	11,3	23,6	- 15,6
Lucerne NF 51—Schwytz NF 95.....		- 67,8494					
Schwytz NF 95—Hospenthal NF 54.....	58,63	-945,8235	80448	22,7	22,1	31,7	- 25,8
Schwytz NF 95—Hospenthal NF 54.....		-945,8751					
Lucerne NF 51—Aarburg \odot 50.....	48,94	+ 33,9985	13977	20,7	9,2	22,7	+ 11,45
Lucerne NF 51—Aarburg \odot 50.....		+ 34,0214					
Pfäffikon NF 104—Schwytz NF 95.....	30,28	- 97,7319	58193	16,3	18,8	24,9	- 31,1
Pfäffikon NF 104—Schwytz NF 95.....		- 97,7941					
Zurich NF 109—Pfäffikon NF 104.....	33,03	- 7,5326	910	17,0	2,3	17,2	+ 7,45
Pfäffikon NF 104—Zurich NF 109.....		+ 7,5475					
Brugg NF 35—Zurich NF 109.....	33,03	- 57,4644	2346	17,0	3,8	17,4	- 19,4
Brugg NF 35—Zurich NF 109.....		- 57,5032					
Pfäffikon NF 104—Sargans NF 147.....	58,90	- 90,8339	4184	22,7	5,1	23,3	+ 58,9
Sargans NF 147—Pfäffikon NF 104.....		+ 90,9517					
Sargans NF 147—Steckborn NF 132.....	123,54	+104,0666	5776	32,9	5,9	33,4	+ 14,7
Steckborn NF 132—Sargans NF 147.....		-104,0372					
Steckborn NF 132—Zurich NF 109.....	59,51	- 5,4809	18758	22,8	10,2	25,0	+ 42,85
Zurich NF 109—Steckborn NF 132.....		+ 5,5666					
Stein NF 37—Steckborn NF 132.....	107,40	-106,0296	14160	30,7	9,3	32,1	

Sur les 28 côtés renfermés dans ce tableau, 11 ont été déterminés par une seule opération seulement; sur les 17 côtés nivelés à double, les deux opérations ont eu lieu dans le même sens pour 11 d'entre eux, et pour 6 seulement en sens opposé.

Nous avons déjà fait remarquer, qu'une erreur due au tassement, qui aurait pu introduire une incertitude un peu notable dans le nivellement d'un côté, est bien mieux mise en évidence si les deux opérations ont été faites en sens opposé, parce que les erreurs introduites par cette cause s'ajoutent dans la différence entre les deux nivellements; si, au contraire, les deux opérations ont été faites dans le même sens, la différence entre les deux nivellements n'est affectée que de la différence dans l'erreur introduite par cette cause dans chacune des opérations.

Pour les six côtés nivelés à double, mais en sens opposé, la demi-différence $\frac{1}{2} d$ entre les deux opérations est positive, ce qui est d'accord avec le signe de l'erreur, qui peut être produite par le tassement; pour quatre de ces côtés, savoir: Locarno—Domo d'Ossola, Domo d'Ossola—Brigue, Zurich—Pfäffikon, Steckborn—Sargans, la valeur numérique de $\frac{1}{2} d$ est très-faible, fort inférieure à l'erreur théorique $\pm \delta$ sur une opération. L'on est donc autorisé à attribuer à ces quatre côtés un poids considérable, $\frac{1}{2} d$ représentant très-largement l'incertitude sur la moyenne arithmétique des deux opérations, puisque $\frac{1}{2} d$ renferme, indépendamment des erreurs accidentelles, la demi-somme des erreurs systématiques qui pourraient provenir du tassement. Pour les deux côtés, Sargans—Pfäffikon, et Zurich—Steckborn, au contraire, la différence $\frac{1}{2} d$ surpasse tellement l'erreur probable, que l'on est autorisé à supposer dans l'une ou dans l'autre des opérations une erreur systématique très-forte, et comme nous l'avons déjà montré par l'erreur de clôture du polygone, dans lequel ces deux côtés entrent, c'est la première opération qui doit être regardée comme suspecte. Nous avons déjà indiqué qu'il serait préférable de ne tenir compte que de la deuxième opération, dans la compensation du réseau, en attribuant au résultat de cette deuxième opération un poids calculé par le chiffre obtenu pour son erreur probable.

Sur les onze côtés nivelés à double, mais dans le même sens, il y en a cinq pour lesquels $\frac{1}{2} d$ est assez notablement inférieur à l'erreur probable, savoir pour les côtés Neuchâtel—Bienne, Fribourg—Berne, Aarburg—Brugg, Schwytz—Lucerne, Aarburg—Lucerne. A moins d'admettre l'hypothèse très-improbable, qu'une erreur systématique considérable, due au tassement, se soit présentée, au même degré à peu près, sur deux opérations faites à des époques très-éloignées, et par suite dans des circonstances probablement très-différentes, l'on est autorisé à supposer que cette cause n'a pas pu exagérer notablement les erreurs ordinaires d'observation, ni pour l'une, ni pour l'autre des opérations.

Pour ces cinq côtés il y aurait également lieu de prendre la moyenne arithmétique des deux opérations, sans que l'on soit toutefois autorisé dans ce cas à regarder $\frac{1}{2} d$ comme représentant l'incertitude sur cette moyenne arithmétique, incertitude qui peut être en réalité plus grande que la demi-somme des erreurs qui auraient pu être introduites par le fait du tassement dans chacune des opérations.

Enfin pour les six côtés, Bienne—Berne, Berne—Aarburg, Hospenthal—Locarno, Hospenthal—Schwytz, Schwytz—Pfäffikon, Zurich—Brugg, nivelés à double dans le même sens, le chiffre de la différence $\frac{1}{2} d$ est assez élevé, pour que l'on puisse craindre que l'une ou l'autre des deux opérations ait été entachée d'une erreur systématique assez considérable due au tassement. Pour ces côtés, la comparaison de l'erreur de clôture des polygones, dans lesquels ils entrent, permettra de décider s'il est préférable de tenir compte des deux opérations, ou si l'une d'entre elles doit être rejetée comme douteuse.

Nous ajouterons encore quelques remarques sur deux de ces côtés, d'abord sur le côté Schwytz—Pfäffikon, pour lequel la première opération donne

$$\text{Pfäffikon NF 104} - \text{Schwytz NF 95} = - 97^m,7319$$

$$\text{et la deuxième} \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad \quad = - 97^m,7941$$

M. Benz avait, dès l'origine, émis des doutes sur l'exactitude du résultat de sa première opération, et il avait signalé comme motif l'état très-défa-

avorable de la route sur une partie du parcours. La route traverse sur le plateau du Sattel un terrain tourbeux et marécageux, et M. Benz faisait remarquer que le sol n'offrait pas une résistance suffisante comme sur les grandes routes ordinaires; il est donc à présumer que, pour la première opération du moins, un effet de tassement plus fort que de coutume a pu se présenter dans la traversée de ce plateau, et diminuer par conséquent le chiffre de la différence négative de niveau entre Pfäffikon et Schwytz.

La clôture du huitième polygone, que l'on trouvera plus loin, donne par la première opération sur ce côté, une erreur sensiblement plus forte que la deuxième, mais il faudra attendre la confirmation par la clôture d'un second polygone, dans lequel ce côté entre, et qui est actuellement en voie d'exécution.

Le côté Hospenthal—Locarno donne entre les deux opérations une différence très-considérable, dont on peut certainement attribuer une partie à la variabilité des mires et à l'incertitude sur la forme qui doit être adoptée pour le coefficient de γ . Nous avons déjà fait remarquer dans la livraison précédente, que ce n'est pas dans le passage du col du Gothard, d'Hospenthal à Airolo, que l'on a à craindre une incertitude considérable, la demi-différence entre les deux opérations sur cette section étant de $15^{\text{mm}},7$ seulement; c'est dans la vallée du Tessin, d'Airolo à Locarno, que se trouve l'incertitude. On peut même préciser encore plus la région de la vallée dans laquelle l'erreur la plus forte est à redouter; en effet, le côté Hospenthal—Locarno n'a pas été nivelé sur toute sa longueur, dans le même sens, dans les deux opérations; dans la partie comprise entre Giornico et Locarno, la première opération a eu lieu dans le sens Locarno—Giornico, et a donné

Giornico NF 63 — Locarno NF 92 = + 194^m,0950
 la seconde
 Locarno NF 92 — Giornico NF 63 = — 194 ,1232

La différence entre les deux opérations est, il est vrai, en sens contraire de celle qui pourrait être attribuée à un effet de tassement, mais

la demi-différence — 14^{mm} , est assez faible, eu égard au chiffre de l'incertitude pouvant être attribuée aux erreurs accidentelles, et qui s'élève à $\pm 21^{\text{mm}}$, la valeur de k étant de plus de 49^{km} , pour que l'on n'ait pas à redouter une erreur systématique sur cette section.

La section du côté Hospenthal-Locarno, de l'exactitude de laquelle il est le plus permis de douter, est celle comprise entre Airolo et Giornico, et qui a été nivelée dans le même sens dans les deux opérations. Voici pour les sections comprises d'un repère principal à l'autre, la différence entre les deux opérations, en indiquant aussi la longueur de la section et la différence de niveau en nombre rond de mètres.

		k	H	Différence 2 ^{me} —1 ^{re} opération
		km	m	mm
Piotta NF 58 —	Airolo NF 57	4,95	152	— 16,8
Fiesso NF 59 —	Piotta NF 58	6,07	63	— 23,0
Daziogrande NF 60 —	Fiesso NF 59	1,06	16	— 6,9
Faido NF 61 —	Daziogrande NF 60	4,59	216	— 10,0
Lavorgo NF 62 —	Faido NF 61	6,89	131	— 21,9
Giornico NF 63 —	Lavorgo NF 62	4,46	191	— 8,4
Giornico NF 63 —	Airolo NF 57	28,02	769	— 87,0

Le signe de la différence entre les deux opérations est négatif pour ces six sections, bien que le chiffre même de la différence n'atteigne pour aucune une valeur très-considérable; il est ainsi difficile d'attribuer aux erreurs ordinaires d'observation ces différences, se maintenant dans le même sens sur une longueur de 28 kilomètres. On est au contraire amené à supposer qu'elles ont dû être produites par une erreur systématique. Il n'est pas impossible que, vu la grande différence de niveau entre les deux extrémités, près de 770 mètres, une incertitude plus grande que de coutume ait pu être produite par la variabilité des mires; dans ce cas, la formule $\pm y \cdot H$ donnerait une incertitude notablement plus forte que $\pm y \sqrt{\Sigma h^2}$, en supposant que la mire ait conservé sensiblement la même longueur sur le parcours de ces 28 kilomètres. Si l'on voulait expliquer cette différence par un effet de tassement, c'est à la seconde opération qu'il faudrait donner la préférence, puisqu'un tassement plus

fort aurait donné une différence de niveau négative trop faible entre Giornico et Airolo; or la clôture du polygone, dans lequel ce côté entre, donne au contraire une erreur notablement plus forte pour le résultat de la deuxième opération. Quelle que soit la cause qui ait exagéré dans une proportion aussi considérable la différence entre les deux opérations, que l'on conserve leur moyenne arithmétique, ou que l'on tienne compte seulement de celle qui donne la plus faible erreur de clôture, il restera toujours une plus grande incertitude sur ce côté que pour la plupart des autres, et il ne pourra avoir droit qu'à un poids assez faible.

Quant aux onze côtés qui n'ont pas été contrôlés par une double opération, c'est seulement par l'erreur de clôture des polygones, dans lesquels ils entrent, que l'on peut reconnaître si une erreur systématique, telle que le tassement, a augmenté l'incertitude probable ordinaire, due aux erreurs accidentelles et à la variabilité des mires, ou non. De même que pour les côtés nivelés à double, cette erreur systématique peut être nulle, ou très-faible, de manière à se confondre avec les erreurs ordinaires, dans ce cas le polygone ferme dans les limites de l'incertitude théorique. Si au contraire elle s'est présentée sur le parcours de ce côté, ou d'une partie du moins, avec une certaine intensité, l'erreur de clôture sera augmentée, et elle sera positive, lorsque ce côté aura été nivelé dans le même sens que le parcours du polygone, négative dans le cas opposé.

Nous avons réuni dans le tableau suivant les résultats obtenus pour tous les polygones nivelés jusqu'à présent, en indiquant séparément le résultat de chaque opération, lorsqu'un côté a été nivelé à double, et de même l'erreur de clôture est donnée séparément, d'après l'une et d'après l'autre des deux opérations. De plus, afin de permettre d'apprécier la part qu'un effet de tassement peut avoir eu sur l'erreur de clôture, le chiffre de la différence de niveau H a été mis entre parenthèses, soit pour les côtés nivelés une seule fois, soit pour les côtés nivelés à double, lorsque l'opération a été faite en sens inverse de celui suivant lequel le polygone est censé parcouru, en d'autres termes, lorsque l'on a changé le

signe de la différence de niveau obtenue directement. L'effet du tassement sur un côté, dont la valeur de H est mise entre parenthèses, doit être de donner une erreur de clôture négative, et positive pour un côté dont la valeur de H est sans parenthèses. Nous avons enfin ajouté d'après le tableau précédent l'erreur théorique $\pm \delta$, et la demi-différence $\frac{1}{2} d$ entre les deux opérations. Ce tableau commence par le polygone 2, parce qu'il était inutile de reproduire le petit polygone 1, donné page 344 de la livraison précédente, qui sert seulement à raccorder les repères peu distants entre eux de Morges, Lausanne et Ouchy, pris alternativement comme points de départ dans différentes opérations. La compensation de ce petit polygone a été effectuée de manière à permettre de prendre le repère NF 15, à Morges, comme seul point de départ.

CÔTÉS	Longueur h	Différence de niveau II		$\pm \delta$	$\frac{1}{2} d$
		1 ^{re} opération	2 ^{me} opération		
	km	m	m	mm	mm
2^{me} polygone : Morges—Neuchâtel—Fribourg—Morges.					
Neuchâtel NF 1—Morges NF 15.....	77,38	+	58,9714	$\pm 27,9$	
Fribourg NF 18—Neuchâtel NF 1....	43,20	+	153,6216	21,7	
Morges NF 15—Fribourg NF 18.....	76,03	—	212,6090	32,3	
Morges NF 15—Morges NF 15.....	196,61	—	0,0160	$\pm 47,9$	
3^{me} polygone : Fribourg—Berne—Bienne—Neuchâtel—Fribourg.					
Berne NF 26—Fribourg NF 18.....	31,50	—	47,2809	$\pm 17,2$	— 5,5
Bienne NF 21—Berne NF 26.....	40,12	(—101,4621)	(—101,5125)	21,2	+25,2
Neuchâtel NF 1—Bienne NF 21.....	30,93	(— 4,8344)	(— 4,8344)	16,5	0,0
Fribourg NF 18—Neuchâtel NF 1....	43,20	+	153,6216	21,7	
Fribourg NF 18—Fribourg NF 18....	145,75	+	0,0442	$\pm 38,6$	
4^{me} polygone : Berne—Aarburg—Brugg—Stein—Bâle—Bienne—Berne.					
Aarburg \odot 50—Berne NF 26.....	65,82	—128,7662	—128,8169	$\pm 25,3$	—25,35
Brugg NF 35—Aarburg \odot 50.....	36,38	— 61,0577	— 61,0509	18,1	+ 3,4
Stein NF 37—Brugg NF 35.....	22,35	— 54,1428		18,0	
Bâle NF 46—Stein NF 37.....	31,99	— 17,6222		17,9	
Bienne NF 21—Bâle NF 46.....	88,98	(+ 159,9906)		31,4	
Berne NF 26—Bienne NF 21.....	40,12	+101,4621	+101,5125	21,2	+25,2
Berne NF 26—Berne NF 26.....	285,64	— 0,1362	— 0,1297	$\pm 55,2$	

CÔTÉS	Longueur % km	Différence de niveau H		± δ	1/2 d mm
		1 ^{re} opération m	2 ^{me} opération m		
5^{me} polygone : Hospenthal—Locarno—Domo d'Ossola—Brigue—Hospenthal.					
Locarno NF 92—Hospenthal NF 54 ...	100,57	-1262,2210	-1262,3674	±43,4	-73,2
Domo d'Ossola NF 90—Locarno NF 92.	62,70	(+ 79,1434)	+ 79,1680	33,1	+12,3
Brigue NF 84—Domo d'Ossola NF 90.	63,32	(+404,1255)	+404,1703	39,8	+22,4
Hospenthal NF 54—Brigue NF 84.....	77,51	(+ 778,8680)		40,4	
Hospenthal NF 54—Hospenthal NF 54.	304,10	- 0,0841	- 0,1611	±78,7	
6^{me} polygone : Hospenthal—Brigue—Morges—Fribourg—Berne—Brienz—Lucerne—Schwytz—Hospenthal.					
Brigue NF 84—Hospenthal NF 54	77,51	- 778,8680		±40,4	
Morges NF 15—Brigue NF 84	164,04	(- 305,5045)		39,5	
Fribourg NF 18—Morges NF 15.....	76,03	(+ 212,6090)		32,3	
Berne NF 26—Fribourg NF 18	31,50	- 47,2809	- 47,2919	17,2	- 5,5
Brienz NF 187—Berne NF 26	74,78	+ 25,9514		26,6	
Lucerne NF 51—Brienz NF 187.....	56,39	- 120,7891		28,4	
Schwytz NF 95—Lucerne NF 51	48,94	(+ 67,8182)	(+ 67,8494)	23,6	-15,6
Hospenthal NF 54—Schwytz NF 95....	58,63	(+945,8235)	(+945,8751)	31,7	-25,8
Hospenthal NF 54—Hospenthal NF 54.	587,82	- 0,2404	- 0,1686	±87,2	
7^{me} polygone : Berne—Aarburg—Lucerne—Brienz—Berne.					
Aarburg ⊙ 50—Berne NF 26.....	65,82	-128,7662	-128,8169	±25,3	-25,35
Lucerne NF 51—Aarburg ⊙ 50.....	48,94	+ 33,9985	+ 34,0214	22,7	+11,45
Brienz NF 187—Lucerne NF 51.....	56,39	(+ 120,7891)		28,4	
Berne NF 26—Brienz NF 187.....	74,78	(- 25,9514)		26,6	
Berne NF 26—Berne NF 26	245,93	+ 0,0700	+ 0,0422	±51,7	
8^{me} polygone : Aarburg—Lucerne—Schwytz—Pfäffikon—Zurich—Brugg—Aarburg.					
Lucerne NF 51—Aarburg ⊙ 50.	48,94	+ 33,9985	+ 34,0214	±22,7	+11,45
Schwytz NF 95—Lucerne NF 51.....	48,94	(+ 67,8182)	(+ 67,8494)	23,6	-15,6
Pfäffikon NF 104—Schwytz NF 95.	30,28	- 97,7319	- 97,7941	24,9	-31,1
Zurich NF 109—Pfäffikon NF 104	33,03	- 7,5326	(- 7,5475)	17,2	+ 7,45
Brugg NF 35—Zurich NF 109	33,03	- 57,4644	- 57,5032	17,4	-19,4
Aarburg ⊙ 50—Brugg NF 35.....	36,38	(+ 61,0577)	(+ 61,0509)	18,1	+ 3,4
Aarburg ⊙ 50—Aarburg ⊙ 50.....	230,60	+ 0,1455	+ 0,0769	±51,2	
9^{me} polygone : Zurich—Pfäffikon—Sargans—Steckborn—Zurich.					
Pfäffikon NF 104—Zurich NF 109	33,03	(+ 7,5326)	+ 7,5475	±17,2	+ 7,45
Sargans NF 147—Pfäffikon NF 104...	58,90	(+ 90,8339)	+ 90,9517	23,3	+58,9
Steckborn NF 132—Sargans NF 147..	123,54	(-104,0666)	-104,0372	33,4	+14,7
Zurich NF 109—Steckborn NF 132 ...	59,51	(+ 5,4809)	+ 5,5666	25,0	+42,85
Zurich NF 109—Zurich NF 109	274,98	- 0,2192	+ 0,0286	±50,8	
10^{me} polygone : Steckborn—Zurich—Brugg—Stein—Steckborn.					
Zurich NF 109—Steckborn NF 132 ...	59,51	(+ 5,4809)	+ 5,5666	±25,0	+42,85
Brugg NF 35—Zurich NF 109.....	33,03	- 57,4644	- 57,5032	17,4	-19,4
Stein NF 37—Brugg NF 35.....	22,35	- 54,1428		18,0	
Steckborn NF 132—Stein NF 37.....	107,40	(+ 106,0296)		32,1	
Steckborn NF 132—Steckborn NF 132.	222,29	- 0,0967	- 0,0498	±47,8	

Si nous examinons successivement ces polygones, afin de juger de l'exactitude relative de l'une ou de l'autre des deux opérations, pour les côtés nivelés à double, et de la possibilité de l'introduction d'une erreur systématique due au tassement dans les côtés nivelés une seule fois, nous trouvons pour le polygone n° 2 une erreur négative, bien que, pour les trois côtés nivelés une seule fois, l'opération ait été faite dans le même sens que le parcours du polygone. Mais l'erreur de clôture de ce polygone est si faible, le tiers seulement de l'erreur théorique, que l'on peut en conclure qu'aucun des côtés n'a pu être affecté d'une erreur systématique appréciable.

Dans le polygone n° 3, le seul côté nivelé une seule fois, Neuchâtel—Fribourg, est contrôlé par le polygone précédent, l'une des deux opérations donne pour le polygone une erreur positive, l'autre une erreur négative plus faible, la différence étant principalement due au côté Bienne—Berne. Bien que le désaccord entre les deux opérations laisse quelque incertitude sur ce côté, l'on est d'autant plus fondé à conserver la moyenne arithmétique, que c'est la première opération, d'après laquelle la différence de niveau Berne—Bienne est la plus faible, qui donne l'erreur de clôture la plus forte dans ce polygone, de même que dans le suivant. En adoptant pour ce côté, de même que pour le côté Fribourg—Berne la moyenne arithmétique des deux opérations, l'erreur de clôture du polygone 3 est réduite à une très-faible quantité, savoir $+ 13^{\text{mm}},5$.

Dans le polygone suivant, le n° 4, on trouve une erreur de clôture négative assez considérable, et peu différente d'après les résultats de la première et de la deuxième opération, pour les côtés nivelés à double. Cette erreur ne peut être attribuée à aucun des côtés nivelés à double, ni au côté Bienne—Berne, pour la raison indiquée ci-dessus, ni pour une raison analogue, au côté Berne—Aarburg; en effet, malgré la différence assez forte entre les deux opérations, dont la première tendrait à donner une erreur de clôture plus faible pour ce polygone, tandis que dans le polygone n° 7 elle donne au contraire une erreur plus forte, c'est encore à la moyenne arithmétique qu'il faut s'arrêter. L'erreur du polygone ne

peut pas non plus être attribuée au côté Brugg-Aarburg, pour lequel les deux opérations s'accordent très-bien entre elles, ni aux deux côtés Brugg—Stein et Stein—Bâle, nivelés une seule fois; car si l'on voulait admettre sur ces deux côtés une erreur systématique due au tassement, on augmenterait encore l'erreur négative dans la clôture du polygone, puisque la différence de niveau entre Bâle et Brugg aurait été trouvée trop faible. Il reste donc comme seul côté, sur lequel l'incertitude puisse porter, le côté Bâle—Bienne, d'une longueur assez considérable, 89 kilomètres, et qui a été nivelé dans le sens opposé à celui du parcours du polygone. Si, par suite des circonstances pendant une partie de cette longue opération, l'effet du tassement s'est produit d'une manière appréciable, il a dû diminuer la différence négative entre les repères Bâle-Bienne, et par suite donner aussi une différence positive trop faible, Bienne—Bâle, ce qui est d'accord avec l'erreur de clôture. Nous remarquons seulement que, sur le côté bien moins long, Pfäffikon—Sargans, de 59 kilomètres seulement, M. Benz avait trouvé

Pfäffikon—Sargans = $- 90^m,8339$

tandis que M. Redard avait trouvé

Sargans—Pfäffikon = $+ 90^m,9517$

la possibilité d'une erreur systématique sur le côté Bâle—Bienne, s'élevant à cette quantité environ, qui suffirait pour expliquer l'erreur de clôture du polygone, ne peut pas être révoquée en doute.

Le polygone n° 5 renferme le côté Hospenthal—Locarno, sur l'incertitude duquel il a été déjà donné des explications. Les deux côtés Locarno—Domo d'Ossola, et Domo d'Ossola—Brigue, pour lesquels les deux opérations faites en sens inverse s'accordent très-bien; doivent être mis hors de cause, comme pouvant avoir contribué à l'erreur de clôture. Quant au côté Hospenthal—Brigue, nivelé dans le sens de Hospenthal vers Brigue, c'est-à-dire en descendant, si la différence négative de niveau Brigue — Hospenthal avait été trouvée trop faible, par suite d'un effet de tassement, ce qui serait d'accord avec l'erreur de

clôture négative de ce polygone, il aurait dû en résulter une erreur de clôture positive pour le polygone suivant. En supposant que la différence de niveau entre Hospenthal et Brigue doive être augmentée, pour tenir compte de l'effet de tassement, on diminue, il est vrai, l'erreur de clôture du polygone n° 5, mais on augmente celle du polygone n° 6. C'est donc à l'incertitude sur le côté Hospenthal-Locarno que l'on doit attribuer l'erreur de clôture du polygone; du reste, en prenant pour ce côté le résultat de la première opération, et pour les deux côtés nivelés à double et en sens inverse, la moyenne arithmétique, on arrive à l'erreur de clôture très-admissible — $49^{\text{mm}},4$.

Le polygone suivant, n° 6, dont le développement est très-considérable, près de 600 kilomètres, donne une erreur de clôture négative assez forte, et supérieure à l'erreur théorique. Il est difficile d'attribuer aux côtés suivants une part un peu considérable à cette erreur : au côté Hospenthal—Brigue pour la raison qui vient d'être indiquée, au côté Morges—Fribourg, contrôlé par le polygone n° 2, au côté Fribourg—Berne pour lequel les deux opérations, faites dans le même sens il est vrai, s'accordent très-bien; aux deux côtés Berne—Brienz et Brienz—Lucerne, parce que l'effet de tassement, s'il avait été appréciable sur ces deux côtés, aurait au contraire tendu à diminuer l'erreur de clôture de ce polygone, aussi bien que celle du suivant. Restent donc comme pouvant être mis en cause les côtés, Lucerne—Schwytz, Hospenthal—Schwytz, nivelés à double, et le côté Brigue—Morges nivelé une seule fois. Pour les deux premiers, les deux opérations ont été faites dans le même sens, c'est-à-dire en descendant; et lors même qu'elles s'accordent dans les limites de l'erreur probable, il est très-possible que la différence de niveau donnée par leur moyenne soit un peu trop faible, par suite de l'effet de tassement, qui est bien moins mis en évidence dans la différence entre deux opérations faites dans le même sens. Toutefois, il est peu probable, d'après l'erreur de clôture du polygone n° 8, que la différence de niveau Schwytz—Lucerne puisse être augmentée d'une quantité un peu notable, parce que l'erreur de clôture de ce polygone serait augmentée d'autant.

Mais il revient peut-être la plus grande part d'incertitude au côté Brigue—Morges; tout effet de tassement qui se serait produit sur une, ou plusieurs sections, de ce très-long parcours de 164 kilomètres, nivelé en montant de Morges à Brigue, a dû contribuer à augmenter la différence positive de niveau Brigue—Morges, et par suite l'erreur de clôture négative du polygone.

Le polygone suivant, n° 7, donne une erreur de clôture qui ne dépasse guère l'erreur théorique, si l'on prend la moyenne arithmétique pour les côtés nivelés à double; dans tous les cas, la compensation de l'erreur de clôture pourrait avoir lieu en appliquant à chaque côté une correction, qui serait seulement la moitié environ de l'erreur théorique pour les côtés nivelés une seule fois, et inférieure à la demi-différence des deux opérations pour les côtés nivelés à double.

L'erreur de clôture du polygone n° 8, dont tous les côtés ont été nivelés à double, est à peu près deux fois plus forte dans la première opération que dans la seconde, et elle doit être attribuée essentiellement aux deux côtés Schwytz-Pfäffikon, et Zurich-Brugg. Nous avons déjà indiqué la raison pour laquelle le résultat de la première opération entre Schwytz et Pfäffikon a pu être rendu incertain par l'effet du tassement; il est possible que la même cause ait agi sur le côté Zurich—Brugg. En supposant que la deuxième opération sur ces deux côtés doive être adoptée de préférence à la première, et en prenant pour les autres côtés la moyenne arithmétique, l'erreur de clôture est réduite à $+60^{\text{mm}},7$, c'est-à-dire à une quantité très-admissible, dépassant de fort peu l'erreur théorique.

La question du polygone n° 9 a déjà été longuement discutée; enfin, pour le polygone n° 10, l'adoption de la seconde opération pour le côté Steckborn—Zurich, et pour le côté Zurich—Brugg, d'après les considérations développées pour les deux polygones précédents, réduit l'erreur de clôture à un chiffre très-admissible, et l'on trouve ainsi la confirmation des raisons qui font attribuer la préférence à la deuxième opération.

- Le côté Steckborn—Stein nivelé dans le sens Steckborn vers Stein, a pu aussi être affecté d'une erreur de tassement, qui aurait fait trouver la différence de niveau Steckborn—Stein trop faible, et une augmentation de cette différence amènerait une réduction dans l'erreur de clôture. Toutefois, l'erreur pouvant être attribuée à ce côté pour cette cause, ne peut pas avoir été considérable, de manière à augmenter sensiblement l'erreur théorique probable $\pm \delta$, pour ce côté, puisque l'application d'une correction positive dans les limites de $\pm \delta$, suffirait à elle seule pour amener la compensation presque complète du polygone.

Cette discussion des erreurs de clôture des dix polygones, pour lesquels les résultats du nivellement sont donnés dans les tableaux précédents, permettra d'apprécier jusqu'à quel point nous sommes fondés à admettre que, dans quelques cas, et sur un certain nombre de côtés, l'état de la route ait été rendu assez défavorable, par suite des circonstances atmosphériques, pour exagérer considérablement l'erreur systématique due au tassement, tandis que, pour un grand nombre d'autres côtés, l'effet du tassement pouvait être réduit à une quantité pour ainsi dire insensible.

Supplément au §. XXV.

Au moment où l'impression de cette livraison allait être terminée, nous avons reçu du bureau fédéral d'état-major la communication des opérations faites par ses soins en 1877, en vue de la conservation des repères secondaires (⊙) de notre nivellement. A la page 287 de la 5^{me} livraison, il avait été rendu compte des opérations analogues faites dans les années 1873 et 1874; cette liste doit être rectifiée en ce sens, que deux des repères, qui avaient été indiqués comme n'ayant pas été retrouvés,

l'ont été plus tard. On aurait ainsi, pour le nombre des repères secondaires, gravés et assurés en 1873 et 1874 :

Par les soins des cantons	201
Par le bureau fédéral d'état-major	114
Total	315

21 repères secondaires sont perdus et, en outre, deux repères de premier ordre en bronze, le NF 30, qui a été remplacé par le NF169, et le NF 166, à Kupferboden dans le Haut-Valais.

En 1877, le bureau fédéral d'état-major a fait graver et assurer :

Sur la ligne Steckborn—Stein	65 repères	7 n'ont pas été retrouvés.
» Berne—Brünig—Lucerne	88	2 »
» Berne—Aarburg (2 ^{me} opération)	10	1 »
» Pfäffikon—Steckborn—Zurich (2 ^{me} opér.)	48	7 »
Total	211	17 n'ont pas été retrouvés

Le résumé général des repères secondaires gravés et assurés est :

Jusqu'à la fin de 1871	696
De 1871 à 1874	315
De 1874 à 1877	211
Total	1222

Nous devons ajouter que le repère de premier ordre en bronze NF149, à Murg, sur la ligne Wesen—Wallenstadt, a disparu, probablement enlevé ou détruit par malveillance.

NOTE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE

La description de nos instruments de nivellement, que nous avons donnée pages 16 à 23 de la première livraison, n'était pas accompagnée de dessins destinés à les représenter. Tout dernièrement, à l'occasion d'une notice sur le nivellement de précision de la Suisse, insérée dans une revue technique, notre ingénieur, M. Steiger, a fait des dessins très-bien réussis de ces instruments, et nous avons accepté avec empressement la proposition obligeante qu'il nous faisait, de les reproduire dans la livraison en voie d'impression.

Les figures 1 et 2 de la planche représentent, à l'échelle de $\frac{1}{4}$, l'instrument vu de face et de profil, la partie supérieure du trépied, système Wild, étant reproduite dans la figure 3. La mire est représentée à l'échelle de $\frac{1}{4}$ dans la figure 4, et à l'échelle de $\frac{1}{20}$ dans la figure 7, où elle est fixée dans son trépied, ainsi que cela a lieu pour la détermination des erreurs instrumentales et pour la rectification du niveau à boîte. Celui-ci est dessiné à part dans la figure 6; la figure 8 reproduit un de nos repères de premier ordre en bronze, et la manière dont il est scellé dans la pierre. Enfin la figure 5 représente la plaque en fonte, sur laquelle la mire repose pendant l'opération, l'éperon de la mire entrant dans l'excavation conique pratiquée dans la plaque.





Fig. 5.

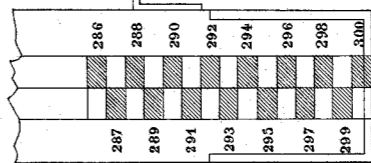
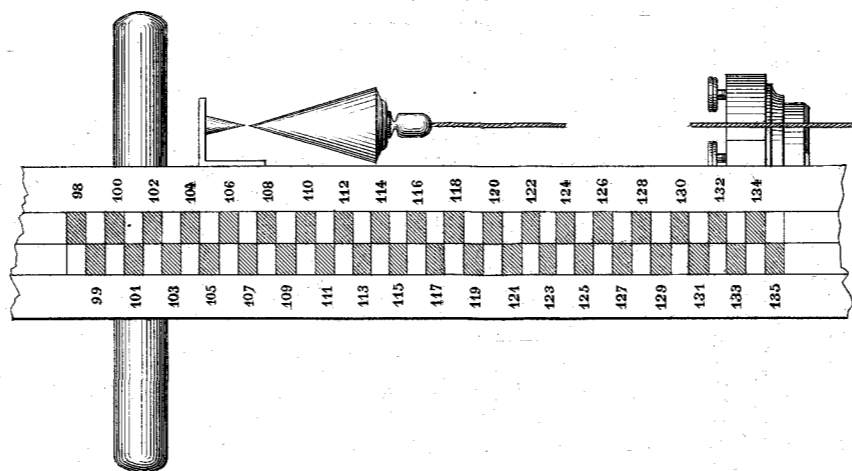
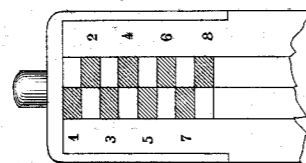
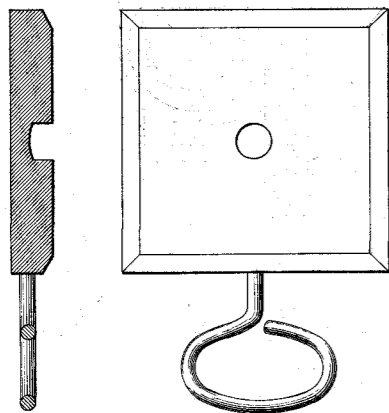


Fig. 4.

Fig. 6.

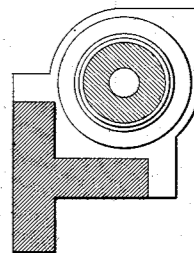


Fig. 1.

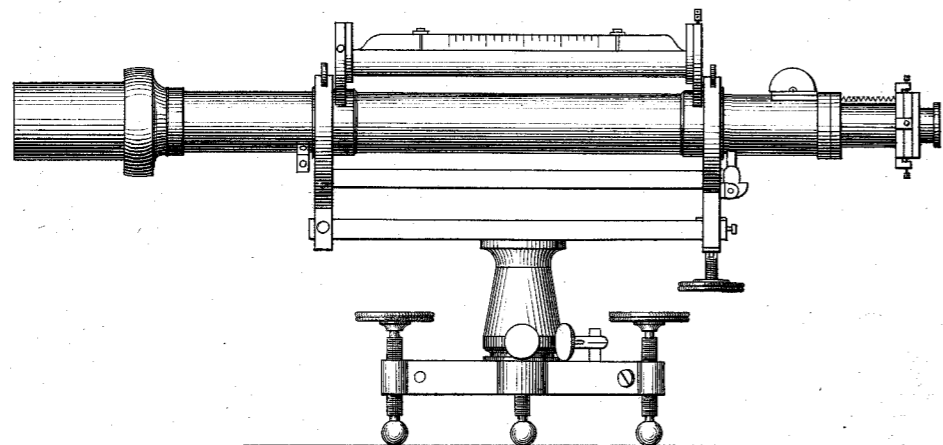
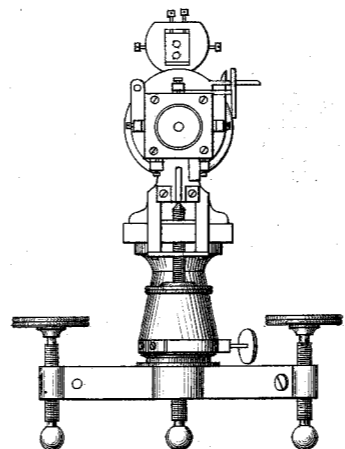


Fig. 2.



Echelle-1: 4

Fig. 3.

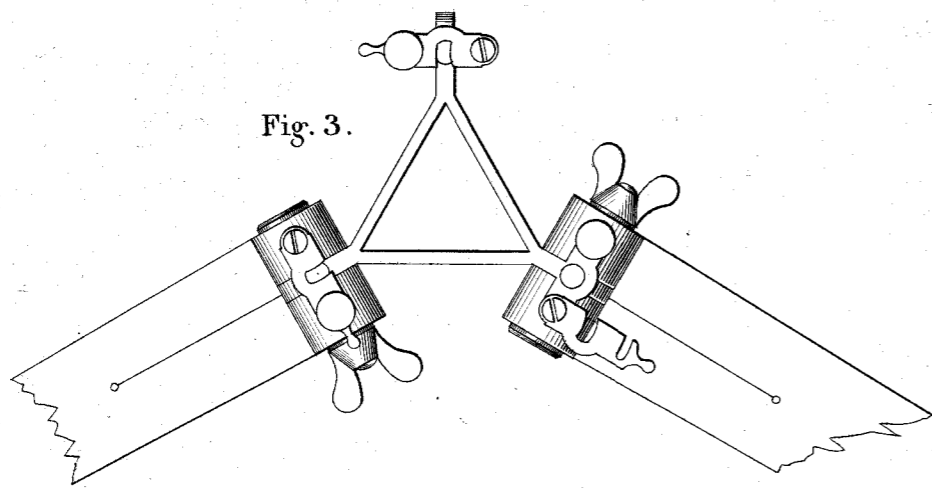


Fig. 8.

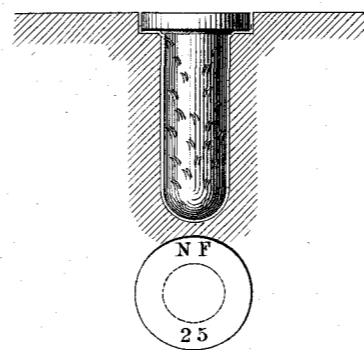
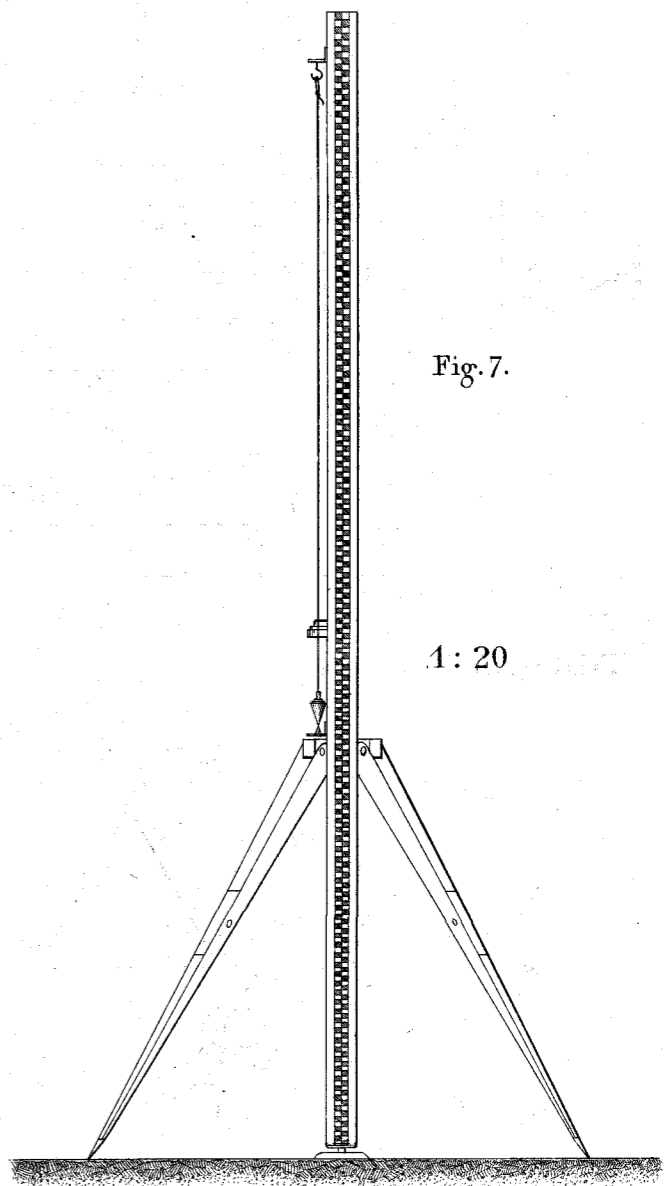


Fig. 7.

1: 20





H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR, GENÈVE, BALE, LYON

Publications de la Commission géodésique suisse:

Détermination télégraphique de la différence de longitude entre les observatoires de Genève et de Neuchâtel, par E. Plantamour et A. Hirsch, 1864, in-4 avec 4 planches Fr. 7 50

Expériences faites à Genève avec le pendule à réversion, par E. Plantamour, 1866, in-4 avec 3 planches Fr. 7 50

(Ces deux mémoires ont paru dans les *Mémoires de la Société de Physique et d'histoire naturelle de Genève.*)

Nouvelles expériences faites avec le pendule à réversion, et détermination de la pesanteur à Genève et au Righi-Kulm, par E. Plantamour, 1872, in-4 Fr. 7 50

Nivellement de précision de la Suisse, exécuté sous la direction de A. Hirsch et E. Plantamour. Livraisons I, II, III, IV, V et VI. — 1867-1877, in-4.
Prix de chaque livraison à partir de juillet 1875. Fr. 3 —

Détermination télégraphique de la différence de longitude entre la station astronomique du Righi-Kulm et les observatoires de Zurich et de Neuchâtel, par E. Plantamour, R. Wolf et A. Hirsch, 1871, in-4 avec 3 planches Fr. 8 —

Détermination télégraphique de la différence de longitude entre des stations suisses: 1. Entre la station astronomique du Weissenstein et l'observatoire de Neuchâtel en 1868. — 2. Entre l'observatoire de Berne et celui de Neuchâtel en 1869, par E. Plantamour et A. Hirsch, 1872, in-4 avec 1 planche Fr. 8 —

Observations faites dans les stations astronomiques du Righi-Kulm, du Weissenstein et de l'observatoire de Berne, par E. Plantamour, 1873, in-4 Fr. 8 —

Détermination télégraphique de la différence de longitude entre la station astronomique du Simplon et les observatoires de Milan et de Neuchâtel, par E. Plantamour et A. Hirsch, 1875, in-4 Fr. 8 —

Détermination télégraphique de la différence de longitude entre l'observatoire de Zurich et les stations astronomiques du Pfänder et du Gæbris, par E. Plantamour et R. Wolf, 1877, in-4. Fr. 8 —