



NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

EXÉCUTÉ

PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE

A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

DEUXIÈME LIVRAISON

GENÈVE ET BALE

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR, 10, CORRATERIE

—
1868



NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

EXÉCUTÉ

PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE

A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

DEUXIÈME LIVRAISON

GENÈVE ET BALE

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR, 10, CORRATERIE

—
1868

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT.

NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

§ VI.

Introduction à la deuxième livraison.

Les opérations de nivellement ont été continuées en 1867 par les mêmes observateurs, avec les mêmes instruments et de la même manière que pour les observations contenues dans la première livraison; les calculs de réduction ont été également poursuivis d'après la méthode que nous y avons indiquée. Nous pouvons donc nous référer aux explications détaillées déjà publiées, et relatives aux instruments et aux méthodes d'observation et de réduction, employés dans le nivellement de précision de la Suisse. Nous nous bornerons à indiquer l'historique des opérations de l'année dernière, à rendre compte des recherches que nous avons faites sur les constantes des instruments, et spécialement sur la vraie longueur des mires et leur variabilité, enfin à communiquer les résultats obtenus ainsi en 1867. Ensuite, comme le nivellement de toute la Suisse occidentale, de Genève à Bâle, est terminé actuellement et forme un réseau assez complet et étendu, nous avons pensé qu'il serait utile de faire les calculs de compensation des erreurs sur cette partie du réseau, afin de pouvoir donner dès à présent les cotes de tous nos repères au-dessus de la Pierre du Niton. Tout en admettant la possibilité que les opérations futures puissent introduire de légères modifications sur quelques cotes, faisant partie du réseau actuel

et des nouveaux polygones du réseau oriental, nous sommes assurés, par la clôture satisfaisante des polygones terminés, que ces modifications seront presque insignifiantes, et il sera facile d'en tenir compte dans le recueil des altitudes absolues de la Suisse, qui formera la clôture et la conclusion pour ainsi dire de tout notre travail.

Nous rendrons donc compte des calculs de compensation, et nous établirons le tableau des cotes des repères de la Suisse occidentale au-dessus de la Pierre du Niton; tout en donnant ainsi satisfaction aux vœux souvent exprimés par des ingénieurs et par des administrations, qui désiraient trouver dans notre ouvrage des cotes déjà calculées, sans qu'il fût nécessaire d'avoir recours à des additions et des calculs pour les obtenir, nous nous réservons expressément, dans l'intérêt de l'exactitude scientifique de notre entreprise, d'apporter plus tard à ces cotes les très-légères corrections qui résulteraient de l'ensemble du réseau suisse. Ces corrections sont, du reste, complètement insensibles pour tous les besoins pratiques.

VII.

Travaux exécutés en 1867.

Après avoir remis au mois de mai les instruments entre les mains de leur constructeur, M. Kern, d'Aarau, pour les nettoyer et y faire en même temps quelques légères réparations, les ingénieurs, retenus par d'autres travaux, sont entrés en campagne un peu tard, M. Schönholzer le 30 juin et M. Benz le 21 juillet. Quelques séries d'observations furent d'abord faites par eux à Neuchâtel, en vue de contrôler les distances des fils des lunettes, puis ils furent occupés avant tout à refaire une seconde fois le nivellement des sections sur lesquelles il était resté quelques doutes, parce que les polygones, dont elles faisaient partie, ne se fermaient pas suffisamment bien. Ainsi, M. Schönholzer nivela une seconde fois la ligne de Fribourg à Berne, dont il retrouva la différence de niveau

la même à 11^{mm} près. De même M. Benz, après avoir aidé d'abord à retrouver les repères secondaires de ses anciens nivellements, dont la position exacte fut marquée d'une manière plus permanente par des marques gravées au ciseau, refit l'opération entre Saint-Imier et Bienne. Le résultat de cette seconde opération ne diffère de la première que de 7^{mm},5. Entre Berne et Aarberg également, le nivellement de contrôle ne diffère du premier que de 2^{cm}, et entre Aarberg et Bienne, où les deux opérations s'écartent le plus, leur différence cependant n'est que de 3^{cm} sur 29 kilomètres. Bien qu'on n'ait ainsi découvert nulle part une erreur considérable, la moyenne des opérations permet cependant, comme on le verra, de clore les différents polygones d'une manière satisfaisante.

Après avoir achevé ces opérations de contrôle, les ingénieurs entreprirent, suivant la décision de la Commission, le grand polygone de Bâle; M. Schönholzer en partant de Berne, et suivant la route par Herzogenbuchsée, Aarburg, Olten, Aarau, Brugg et Rheinfelden; et M. Benz en partant de Sonceboz et se dirigeant par le Val-de-Moutier, Delémont et Laufen sur Bâle.

Près de Bâle, M. Schönholzer a rattaché par un double nivellement, dont l'allée et le retour s'accordent à 7^{mm} près, notre réseau à celui de la France, en établissant un repère fédéral à St.-Louis; d'après une entente avec M. Breton de Champ, qui dirige ce service en France, les ingénieurs français auront, depuis lors, rattaché ce repère à leur réseau de premier ordre; nous attendons sur cette opération une communication de M. Breton de Champ. M. Benz de son côté a relié notre repère principal de Bâle à l'échelle du Rhin, et après avoir passé ce fleuve au petit Bâle, il a établi un repère fédéral à la gare badoise. Tous ces points dans la ville de Bâle forment un polygone qui se ferme très-bien.

D'après les renseignements que nous avons reçus, on peut espérer que le gouvernement du Grand-Duché satisfera au vœu exprimé par la conférence internationale de Berlin, et prolongera l'année prochaine nos lignes de nivellement à travers son territoire; ses ingénieurs pourront alors se rattacher au repère que nous venons d'établir au petit Bâle.

Nous résumons dans le tableau suivant les lignes nivelées par nos ingénieurs en 1867, en indiquant leur longueur et le temps qui y a été consacré.

Nivellement de M. Schönholzer.

A. Nivellement de contrôle.

			Kilom.
I. Du 6 juillet	au 16 juillet.	Fribourg-Berne	31,502

B. Nivellement de la ligne Berne-Bâle.

II. Du 16 juillet	au 27 juillet.	Berne-Berthoud.	21,669
III. Du 27 juillet	au 5 août.	Berthoud-Herzogenbuchsée. . .	18,805
IV. Du 5 août	au 8 août.	Herzogenbuchsée-Langenthal. .	8,951
V. Du 8 août	au 16 août.	Langenthal-Aarburg	17,581
VI. Du 16 août	au 17 août.	Aarburg-Olten	3,766
VII. Du 17 août	au 23 août.	Olten-Aarau	12,914
VIII. Du 23 août	au 31 août.	Aarau-Brugg.	19,399
IX. Du 2 septemb.	au 10 septemb.	Brugg-Frick	15,627
X. Du 11 septemb.	au 13 septemb.	Frick-Stein.	6,722
XI. Du 13 septemb.	au 19 septemb.	Stein-Rheinfelden.	12,597
XII. Du 19 septemb.	au 1 octobre.	Rheinfelden-Bâle	19,959
XIII. Du 1 octobre	au 8 octobre.	Bâle-Saint-Louis et retour . . .	11,340
Total			<u>200,832</u>

Nivellement de M. Benz.

A. Nivellement de contrôle.

			Kilom.
I. Du 27 juillet	au 8 août.	Saint-Imier-Bienne	28,785
II. Du 9 août	au 22 août.	Berne-Aarberg-Bienne	40,175

B. Nivellement de la ligne Sonceboz-Bâle.

III. Du 23 août	au 27 août.	Sonceboz-Tavannes.	3,623
IV. Du 29 août	au 5 septemb.	Tavannes-Moutier.	18,197
V. Du 6 septemb.	au 12 septemb.	Moutier-Delémont	13,336
VI. Du 12 septemb.	au 19 septemb.	Delémont-Laufen.	17,251
VII. Du 19 septemb.	au 2 octobre.	Laufen-Bâle	23,227
VIII. Du 3 octobre	au 4 octobre.	Bâle (gare suisse), Bâle (Rhin).	2,080
IX. Du 4 octobre	au 8 octobre.	Bâle (Rhin), Bâle (gare badoise).	3,182
Total			<u>149,856</u>

En résumé, les opérations de contrôle se sont étendues sur une longueur de 100 kilomètres, et le polygone de Bâle a ajouté 250 kilomètres de lignes nouvelles au réseau existant.

Comme nos ingénieurs ont été ensemble en campagne pendant 181 jours, pendant lesquels ils ont nivelé 350,7 kil., on voit que dans cette campagne on a nivelé 1,958 kilom. par jour, c'est-à-dire à très-peu près autant que les années précédentes.

Nous avons fait placer sur les nouvelles lignes 18 repères en bronze, de premier ordre, savoir :

- NF₂₇ à Berthoud (Maison des orphelins).
- NF₂₈ à Herzogenbuchsée (Église).
- NF₂₉ à Langenthal (Église).
- NF₃₀ à Aarburg (Rocher sous l'église).
- NF₃₁ à Olten (Bâtiment de la gare).
- NF₃₂ à Aarau (Bâtiment cantonal).
- NF₃₃ à Brugg (Caserne).
- NF₃₆ à Frick (Maison d'école).
- NF₃₇ à Stein (Hôtel de l'Aigle).
- NF₃₈ à Rheinfelden (Église).
- NF₃₉ à Bâle (à l'embouchure de la Birsig dans le Rhin).
- NF₄₀ à Bâle (Gare badoise).
- NF₄₆ à Bâle (Gare du Central).
- NF₄₁ à Saint-Louis (Église).
- NF₄₂ à Tavannes (Hôtel de la Couronne).
- NF₄₃ à Moutier (Maison Girod, vis-à-vis de l'hôtel du Cerf).
- NF₄₄ à Delémont (Église réformée).
- NF₄₅ à Laufen (Maison d'école).

En sus de ces 18 repères de premier ordre, il y a 177 repères de second ordre, marqués à l'huile et décrits de façon qu'il sera facile aux autorités cantonales de les faire marquer au ciseau pour les conserver; nous ne manquerons pas de prêter dans ce but le concours de nos ingénieurs. En somme, le nivellement de 1867 a laissé 195 points fixes sur une

longueur de 250 kilomètres, ce qui fait en moyenne un repère par 1,5 kil.

Entre ces 195 repères les instruments ont stationné 2839 fois, ce qui donne en moyenne 14 à 15 stations, soit 29 coups de niveau, entre deux repères consécutifs; et comme tout le parcours des nouvelles lignes de 1867 comprend 250 kilomètres, la distance entre deux stations est en moyenne de 88^m, ou bien la portée moyenne d'un coup de niveau de 44^m; c'est un peu plus que les années précédentes, parce que dans la région nivelée en 1867 les pentes sont en moyenne moins fortes.

En résumant tout le nivellement de la Suisse occidentale, le réseau comprend actuellement des lignes d'une étendue de 910 kilomètres, sur lesquelles se trouvent distribués 44 repères fondamentaux et 605 repères secondaires, en tout 649 points fixes, placés à la distance moyenne de 1400 mètres.

VIII.

Nouvelle détermination des constantes instrumentales.

Bien que les soins apportés à la construction des instruments leur assurent une grande stabilité, on ne peut pas supposer leurs constantes absolument invariables, et il s'ensuit l'obligation de les examiner au moins chaque année, pour s'assurer qu'elles n'ont pas varié au delà des limites qui permettent de faire usage des anciennes tables de réduction. C'est ce que nous avons fait, et l'expérience a justifié notre précaution; car, pour les deux instruments, les constantes ont varié en effet dans une proportion peu considérable, il est vrai, mais suffisante cependant pour nécessiter la reconstruction de quelques-unes des tables de réduction. En ce qui concerne d'abord le niveau d'Ertel, N° 9084, qui appartient à l'instrument désigné par le N° 1, et dont nous avons trouvé en 1866 la valeur d'une partie = 2'', 801 ± 0'', 009, il a changé

assez sensiblement; car une nouvelle détermination, exécutée le 11 novembre 1867 avec le cercle méridien de Neuchâtel et comprenant 36 mesures, a donné pour ce niveau la nouvelle valeur $1^p = 5'',026 \pm 0'',010$, qui diffère par conséquent de $\frac{1}{10}$ de l'ancienne. Le changement étant 20 fois plus fort que l'incertitude de chaque détermination, il n'y a pas de doute sur sa réalité; du reste, de pareils changements dans la courbure des niveaux sont assez fréquents et se présentent surtout pendant les premières années; ils s'expliquent, de même que le déplacement du point zéro des thermomètres, par des tensions plus ou moins fortes qui sont restées dans les tubes en verre et qui ne disparaissent qu'après un certain temps, lorsque l'équilibre moléculaire stable s'est établi définitivement. Dans le cas actuel, le changement est un peu fort, il est vrai, ce qui provient peut-être de ce que la première détermination a eu lieu sur un niveau sorti tout récemment de l'atelier du fabricant.

L'autre niveau, par contre, le N° 8762, est resté complètement invariable; car tandis que, en 1865, une de ses parties équivalait à $5'',387 \pm 0,006$, une nouvelle détermination, résultant de 45 mesures exécutées en novembre 1867, a donné $1^p = 5'',388 \pm 0'',017$.

Quant aux distances des fils, que nous avons déterminées en 1867 avant et après la campagne, d'après la méthode que nous avons expliquée dans la première livraison, nous avons trouvé également de légers changements, assez forts cependant pour nécessiter la modification de quelques-unes des tables de réduction. Ainsi, en rappelant que nous avons désigné par A la distance des fils extrêmes, et R la réduction de la moyenne des trois fils au fil du milieu, nous avons trouvé pour l'instrument I :

	En 1866.	En 1867
A=	$408'',973 \pm 0'',118$	$408'',228 \pm 0'',332$
R=	$+ 4'',188 \pm 0'',069$	$+ 3'',075 \pm 0'',093$

et pour l'instrument II :

	En 1865	En 1867
A=	$415'',153 \pm 0'',083$	$413'',517 \pm 0'',197$
R=	$+ 3'',710 \pm 0'',060$	$+ 4'',090 \pm 0'',043$

On reconnaît de suite, par les erreurs dont les déterminations faites aux différentes époques sont affectées, que la position des fils a subi en effet de légères modifications, parfaitement compréhensibles du reste pour des petits instruments portatifs de ce genre, qui sont exposés à des secousses assez fortes et à des changements de température très-fréquents et très-brusques.

Comme nous l'avons dit, ces changements des constantes, tout petits qu'ils soient, atteignent cependant la limite d'exactitude qu'on a voulu obtenir dans la réduction des observations, de sorte que nous avons recalculé plusieurs des tables. Ainsi, pour l'instrument I, en ce qui concerne d'abord la première table, laquelle donne la distance de la mire au moyen du nombre de centimètres embrassés sur la mire par les fils extrêmes, d'après la formule $D = C \cotang. A$, nous avons en 1866 $D = C \times 5^m,0455$, et nous trouvons en 1867 $D = C \times 5^m,0527$, de sorte qu'il faudrait multiplier les nombres de l'ancienne table par le facteur 1,0018; or, comme pour nos coups de niveau de 40^m environ, où $C = 8$, cette correction reste insensible, nous avons simplement employé l'ancienne table. La correction à apporter aux distances de la table de l'instrument II est un peu plus forte; car on avait anciennement $D = C \times 4^m,9684$, et pour 1867 $D = C \times 4^m,9994$, ce qui donne pour coefficient de correction 1,0062; mais encore ici la correction n'atteint la valeur de 1^m qu'à partir d'une distance de 160 mètres; on a donc également conservé l'ancienne table.

Il n'en est plus de même pour la seconde table, qui donne la réduction de la moyenne des fils au fil du milieu, d'après la formule :

$$R = C \cotang. A. \text{ tang. } \frac{A_2 - A_1}{3};$$

car ici on a :

	En 1866	En 1867
pour l'instrument I	$R = C \times 0,01023^{\text{cm}}$	$R = C \times 0,00751^{\text{cm}}$
pour l'instrument II	$R = C \times 0,00894$	$R = C \times 0,00987$

Au lieu d'apporter des corrections aux anciennes tables, on a donc préféré d'en calculer de nouvelles, d'autant plus qu'elles sont de faible étendue. Quant à la troisième table enfin, qui donne la correction à apporter aux lectures des mires pour l'inclinaison et pour erreurs instrumentales d'après la formule

$$X = I \times C \times \cotang. A \times \text{tang. } 1'',$$

ce n'est guère que pour l'instrument I qu'il a fallu la reconstruire. Car nous trouvons :

	En 1866	En 1867
pour l'instrument I	$X = C \times P \times 0,006848^{\text{cm}}$	$X = C \times P \times 0,007397^{\text{cm}}$
pour l'instrument II	$X = C \times P \times 0,008159$	$X = C \times P \times 0,008203$

de sorte que pour l'instrument I les corrections sont de $\frac{1}{100}$ plus fortes en 1867, tandis que pour l'autre instrument elles ne changent que de $\frac{1}{10000}$.

§ IX.

Recherches sur la vraie longueur des mires et leur variabilité.

Nous avons décrit dans la première livraison les moyens par lesquels nous avons déterminé la longueur absolue et relative de nos mires. L'accord presque complet que nous avons trouvé entre l'équation des mires résultant de leur comparaison directe sur le terrain, et entre la différence de leurs corrections obtenues au comparateur de Berne, nous avait servi de garantie pour l'exactitude des résultats obtenus. Cependant des doutes surgirent sur l'invariabilité complète de cet élément, l'expérience montrant que l'erreur de clôture d'un polygone était toujours plus grande lorsque les deux mires avaient concouru au nivellement de ce polygone,

et surtout lorsque les différences de niveau qui se rencontraient dans le parcours étaient considérables. Ce doute fut confirmé par des comparaisons faites sur le terrain dans l'été 1867, avant le commencement des opérations, comparaisons qui avaient donné une équation des deux mires plus faible d'un dixième que l'ancienne valeur trouvée en hiver. Toutes ces circonstances devaient nous engager à rechercher si peut-être les corrections absolues des mires n'avaient pas également changé un peu. Nous avons donc renvoyé, au printemps de 1868, nos mires au Bureau fédéral des poids et mesures, dont le directeur, M. le professeur Wild, les a comparées à plusieurs reprises au moyen d'un nouveau comparateur, construit exprès pour la vérification des longues règles, ou lattes, et qui permet de mesurer toute la longueur à la fois, tandis que dans le comparateur destiné aux comparaisons des étalons, on ne pouvait mesurer nos mires que de mètre en mètre. Ces nouvelles comparaisons de Berne ont montré en effet un faible raccourcissement des deux mires de 1 à 2 dixièmes de millimètre par mètre, et elles donnaient pour leur équation une valeur qui était d'accord avec celle que nous avons trouvée à Neuchâtel dans l'été 1867. Nous avons désiré nous éclairer davantage sur les causes et les limites de ces changements qui, tout petits qu'ils soient, dépassent cependant la limite d'exactitude des moyens dont nous disposons pour la comparaison des mires, et qui en même temps deviennent sensibles dans la réduction des nivellements, surtout lorsqu'il s'agit de fortes différences de niveau; dans ce but nous avons répété encore aux mois de mai et de juin 1868 des séries de comparaisons sur le terrain, et cela dans des conditions atmosphériques aussi différentes que possible.

Nous donnons dans les tableaux suivants les résultats de toutes ces comparaisons des mires, faites soit à Berne avec l'étalon fédéral, soit à Neuchâtel entre elles.

Voici d'abord les comparaisons faites au printemps 1868 à Berne :

TABLEAU I. — LONGUEUR RELATIVEMENT A 2^m,90000 DE L'ÉTALON NORMAL.

Dates.	Mire I.	Températ.	Mire II.	Températ.	Remarques.
1868. 20 Avril.	2,90143 ^m	9,9 ^o	2,90038 ^m	10,1 ^o	Comparé entre le 5 ^{me} et le 295 ^{me} trait de cm. Résultat de 5 comparaisons dont l'écart moyen est = $\pm 0,01$ mm.
1868. 7 Mai.	2,90163	17,8	2,90052	17,9	Id. Id. Id.
1868. 15 Mai.	2,90172	19,1	2,90065	20,5	Comparé entre les traits 4 et 294, 5 fois, écart moyen $\pm 0,01$ mm.
	78	19,2	64	20,4	Comparé entre les traits 3 et 293, 5 fois, écart moyen $\pm 0,01$ mm.
	78	19,1	57	20,3	Comparé entre les traits 2 et 292, 5 fois, écart moyen $\pm 0,01$ mm.

Comme nous avons comparé l'année précédente nos mires, mètre par mètre, en pointant chaque fois 3 à 4 traits de centimètres, nous avons tenu à faire intervenir également plusieurs traits dans les nouvelles comparaisons, afin d'éliminer le soupçon que les différences provenaient d'erreurs de division des mires, ce qui n'est pas le cas, comme on le voit.

Si maintenant on calcule, d'après ces comparaisons, la longueur moyenne d'un mètre de nos mires, et qu'on y ajoute le résultat des mesures de 1867, en corrigeant ces dernières d'une erreur, qui avait été commise dans le temps, dans la réduction de la longueur de l'étalon normal à 0° pour l'effet de la dilatation, on trouve :

TABLEAU II.

Dates.	Longueur d'un mètre de la Mire I.		Longueur d'un mètre de la Mire II.		Équation des mires I-II.	
	^m	^{Températ.} ^o	^m	^{Températ.} ^o	Par mètre. ^{mm}	Par mire. ^{mm}
1867. 18 Mars . .	1,000 706	14,1	1,000 302	15,0	+ 0,404	1,212
1868. 20 Avril . .	1.000 493	9,9	1,000 131	10,1	+ 0,362	1,086
1868. 7 Mai . . .	1,000 562	17,8	1,000 179	17,9	+ 0,383	1,149
1868. 15 et 20 Mai	1,000 607	19,1	1,000 214	20,4	+ 0,393	1,179
Moyenne des 4 dé- terminations . .	^m 1,000 592 ± 0,045	^{mm}	^m 1,000 2065 ± 0,036	^{mm}	+ 0,3855	+ 1,1565 ± 0,027

Nous y ajoutons encore le tableau des comparaisons des deux mires entre elles, faites à Neuchâtel d'après la méthode expliquée dans la première livraison :

TABLEAU III.

Dates.	Différence des deux repères, mesurée par		Nombre des comparaisons.	Équation des Mires I-II.	Température.	Humidité.	État du ciel.
	Mire I.	Mire II.					
1867. 28 Février. .	^{cm} 290,282 ± 0,011	^{cm} 290,409 ± 0,012	15	+ 1,312 ± 0,16	^o 9,5	0,78	Clair.
1867. 4 Juillet . .	290,337 ± 0,006	290,446 ± 0,005	9	+ 1,127 ± 0,08	20,0	0,56	Clair.
1868. 23 et 25 Mai .	290,348 ± 0,004	290,454 ± 0,005	12	+ 1,097 ± 0,06	22,9	0,57	Nuageux; soleil par intervalles.
1868. 4 Juin . . .	290,347 ± 0,006	290,469 ± 0,007	18	+ 1,262 ± 0,09	16,6	0,57	Couvert; après la pluie.
1868. 9 Juin . . .	290,361 ± 0,008	290,452 ± 0,013	6	+ 0,941 ± 0,15	9,7	0,93	Pendant la pluie.
1868. 10 Juin . . .	290,346 ± 0,011	290,438 ± 0,003	12	+ 0,951 ± 0,11	11,8	0,83	Ciel couvert.
		Moyenne probable. . .		+ 1,120 ± 0,045			

En examinant d'abord les comparaisons faites au comparateur de Berne, on s'aperçoit que, pour chacune des deux mires, les valeurs obtenues à différentes époques pour la longueur d'un mètre diffèrent bien au delà de l'incertitude des déterminations, et prouvent ainsi une vraie variabilité des mires, dans les limites de $0^{\text{mm}},215$ pour la I^{re} et de $0^{\text{mm}},171$ pour la II^{me}. Il est difficile de dire quelles sont les causes auxquelles cette variation de la longueur des mires doit être attribuée; ce n'est d'abord pas la température seule qui peut en rendre compte, puisque les valeurs extrêmes ne correspondent pas aux températures maxima et minima. Du reste, si l'on réduit les différentes valeurs à la même température, par exemple à 15° , en prenant pour le coefficient de dilatation du bois de sapin d'après Kater $0,000005$, on trouve :

	Mire I.	Mire II.
1867 mars,	1,000710	1,000302
1868 20 avril,	1,000518	1,000156
7 mai,	1,000548	1,000164
15 mai,	1,000586	1,000187

et l'on voit que les écarts sont ainsi diminués dans une mesure peu considérable; car tandis que l'écart moyen est pour les valeurs non réduites $\pm 0^{\text{mm}},064$ et $\pm 0^{\text{mm}},052$, il devient pour les longueurs réduites à la même température $\pm 0^{\text{mm}},060$ et $\pm 0^{\text{mm}},050$.

Il est, à priori, assez probable que l'humidité est une circonstance dont l'influence sur la longueur de pareilles mires en bois doit être très-considérable; aussi avons-nous essayé d'étudier cette influence en faisant les comparaisons sur le terrain pendant la pluie, et après avoir exposé les mires quelques jours à l'humidité. Mais nos expériences ne suffisent pas encore pour établir d'une manière claire le rapport qui existe entre la longueur des mires et l'humidité de l'air; car tandis que pour la mire I nous avons trouvé la plus faible longueur pour le jour de pluie, il n'en est pas de même pour la mire II, pour laquelle on a trouvé

au contraire la plus petite valeur avec une fraction de saturation de 0,57. Du reste, on ne peut pas, lorsqu'il s'agit de mires recouvertes d'une couche assez épaisse de couleur à l'huile, prendre sans autre l'humidité de l'air pour mesure de celle du bois.

Enfin, on ne peut pas non plus expliquer les variations observées par la supposition d'une courbure des mires, car, pour rendre compte des différences observées, la courbure aurait dû atteindre une valeur telle, que l'œil en aurait été frappé immédiatement. En effet, un raccourcissement d'un demi-millimètre sur une mire de 5 mètres de longueur correspond à un rayon de courbure de $47^m,4$; l'angle sous-tendu par la mire est alors de $5^{\circ}57',5$ et la flèche de $23,7^{mm}$. Une pareille déformation ne serait pas restée inaperçue par nous, lorsque nous faisons les comparaisons, ni par les ingénieurs, pendant le cours de leurs opérations.

Mais si nous ne parvenons pas, avec les données que nous possédons jusqu'à présent, à établir une relation directe entre les différences observées et l'une ou l'autre des causes mentionnées, on est obligé d'admettre que l'effet de toutes ces causes réunies peut produire des variations de 1 à 2 dixièmes de millimètre, c'est-à-dire, de 1 à 2 dix-millièmes de la longueur d'une perche en bois.

Une pareille variabilité des mires, dans les limites de $\pm 0,0001$ de leur longueur, qui est sans aucune influence pour des nivellements exécutés dans la plaine, devient sensible sur notre sol accidenté et sur les différences d'altitude considérables qui se rencontrent dans notre nivellement. Si l'on suppose, par exemple, que la montée d'un col de 2 à 300 mètres ait lieu par un jour très-sec et par un soleil ardent, où la mire non abritée peut bien atteindre une température de 40° , et que la descente de ce col, au contraire, se fasse quelques jours après par un temps couvert, pluvieux, ou dans le brouillard, on doit s'attendre à une incertitude sensible sur la différence de niveau entre deux points placés de chaque côté du col; car la seule différence de température de 20° , par exemple, produirait déjà par la dilatation des mires une différence de 2 à 3 centimètres sur la différence de niveau; et l'effet de l'humidité est

probablement plus fort encore, lorsque les nivellements sont exécutés dans des conditions hygrométriques très-différentes.

Il résulte, selon nous, de ces considérations deux conséquences : en premier lieu qu'il est utile, sinon nécessaire, de constater la correction des mires assez souvent, avant, ou après chaque campagne, par exemple, afin de s'assurer que leur longueur n'a pas changé en dehors des limites admissibles, et afin de multiplier les déterminations pour connaître leur longueur moyenne avec une grande exactitude. Ensuite, comme il est impossible de tenir compte par le calcul des variations des mires, en notant par exemple, la température, l'humidité, etc., dans le cours des opérations, il faut admettre que cette variabilité des mires constitue une des causes principales des erreurs du nivellement géométrique, cause qui égale au moins, si elle ne dépasse pas en importance, les erreurs d'observation. Pour cette raison, nous avons décidé de tenir compte de cet élément dans la compensation du réseau, en supposant l'erreur d'une ligne de nivellement proportionnelle à la somme des différences de niveau qui se rencontrent dans chaque côté d'un polygone; c'est ce qui sera expliqué plus en détail, lorsque nous traiterons de la compensation des erreurs.

Nous avons dû, en attendant, nous poser cette question importante : quelles sont les valeurs de la longueur des mires qu'il faut employer pour la réduction des observations? Faut-il prendre la moyenne des quatre déterminations pour la réduction de toutes les observations, ou bien seulement pour celles de 1867, qui sont comprises entre les époques des comparaisons des mires, et faut-il dans ce cas faire usage pour les anciens nivellements des valeurs obtenues au printemps de 1867? Car il est évident que les deux mires ont subi un raccourcissement sensible entre la première détermination en mars 1867, et les suivantes faites en 1868; en effet, les premières mesures de Berne donnent, pour la mire I, $0^{\text{mm}},152$ de plus que la moyenne des mesures de 1868, et pour la mire II, cette différence est de $0^{\text{mm}},127$. Si l'on était tenté d'attribuer cette différence à la manière différente, suivant laquelle la première com-

paraison a été faite (elle avait été faite mètre par mètre, tandis que les mesures de 1868 ont été exécutées sur la longueur totale des mires avec un comparateur *ad hoc*), cette supposition doit être écartée, non-seulement parce que les dernières valeurs du 15 et 20 mai 1868 se rapprochent de nouveau des premières de 1867, mais surtout devant le fait, que les comparaisons exécutées à Neuchâtel montrent également une différence entre la première observation et toutes les autres; ces différences sont même un peu plus fortes, de 0^{mm},229 pour la mire I, et de 0^m,149 pour la mire II. Enfin l'équation des deux mires, d'après les mesures de Berne, aussi bien que d'après les comparaisons de Neuchâtel, est également autre au printemps de 1867 que plus tard; et comme elle est indépendante du comparateur aussi bien que de la distance des repères employés, elle confirme le changement réel, qui a eu lieu dans les mires entre le 23 février et le 4 juillet 1867, changement plus fort pour la mire I que pour la mire II. Faut-il pour cette raison adopter pour les nivellements de 1867 la correction des mires résultant des trois dernières mesures, à l'exclusion de la première faite au printemps 1867, et adopter au contraire la correction résultant de celle-ci pour les nivellements antérieurs à 1867, comme étant la plus rapprochée en temps?

Nous ne le pensons pas; d'abord, parce que nous ignorons l'époque précise à laquelle ce changement aurait eu lieu, puis principalement par la raison, qu'aucun accident particulier n'étant arrivé aux mires entre le 23 février et le 4 juillet 1867, il est probable que des variations semblables se produisent de temps à autre, surtout lorsque les mires sont exposées, dans le cours des opérations, à des changements très-brusques de circonstances atmosphériques. Il nous a semblé, d'après ces considérations, que dans l'état actuel de nos connaissances sur ce sujet, le meilleur parti à prendre, celui qui permet de se rapprocher le plus de la vérité, consiste à réunir les quatre mesures de Berne, pour calculer la longueur moyenne de chaque mire, et de réduire avec ces valeurs toutes les opérations faites jusqu'à présent. C'est ce que nous avons fait, en

§ X.

**Résultats des opérations de nivellement exécutées
dans les années 1866 et 1867.**

Les premiers tableaux renferment les opérations exécutées en 1866, sur les lignes pour lesquelles un nivellement de contrôle a été fait en 1867, et les suivants donnent la suite des opérations de la dernière campagne. La disposition de ces tableaux est la même que pour ceux de la première livraison; lorsque le nivellement entre deux repères a été fait à double, le résultat de chaque opération est indiqué, ainsi que leur moyenne. Tous les calculs de réduction ont été faits en tenant compte des fractions de millimètre, ces fractions ont été supprimées dans les tableaux suivants, en arrondissant au millimètre le plus rapproché le chiffre obtenu directement par le calcul. Nous rappelons enfin que, dans les tableaux suivants, les différences de niveau sont exprimées en unités métriques, et que les corrections des mires indiquées à la page 87 ont été partout appliquées aux chiffres obtenus par la lecture directe de l'échelle.

Nivellement de Bienne à Sonceboz et St.-Imier, par M. Benz.

1^{re} opération, Août et Septembre 1866 ; 2^{me} opération, Juillet 1867.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Designation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
De Bienne à Sonceboz.					
⊙12 — NF21	km 0,509	m — 2,514	m — 2,514	m — 2,514	NF N°21 r en bronze scellé sur le socle à droite de la porte de l'hôtel de ville de Bienne.
⊙13 — ⊙12	1,241	+ 42,172	+ 42,172	+ 42,172	⊙12 r sur une coulisse à droite de la route, un peu au delà de l'hôtel du Jura à Bienne.
⊙14 — ⊙13	1,341	+ 64,207	+ 64,207	+ 64,207	⊙13 r sur le parapet à droite de la route, un peu au delà de la bifurcation de la route qui mène à Bözigen.
⊙15 — ⊙14	1,848	+ 38,204	+ 38,205	+ 38,205	⊙14 r sur le parapet gauche (rive gauche) du pont sur la Suze.
⊙16 — ⊙15	2,180	+ 12,521	+ 12,521	+ 12,521	⊙15 r sur une borne, à gauche de la route, près du coude au-dessous de la cascade.
⊙17 — ⊙16	1,918	+ 17,716	+ 17,717	+ 17,717	⊙16 r sur le seuil de la porte de l'hôtel de Reuchenette.
⊙18 — ⊙17	1,916	+ 14,082	+ 14,076	+ 14,079	⊙17 r sur l'extrémité Ouest du mur, à gauche de la route, près de la maison d'école à La Hutte.
⊙19 — ⊙18	1,578	+ 15,415	+ 15,413	+ 15,414	⊙18 r sur un rocher à gauche de la route.
NF22 — ⊙19	0,816	+ 11,521	+ 11,522	+ 11,521	⊙19 r sur un rocher, à gauche de la route, au 2 ^{me} coude au-dessous de la fabrique Rosselet.
					NF N°22 r en bronze scellé sur un pilier, à l'Ouest de la maison de M. Rosselet à Sonceboz.
NF22 — NF21	13,347	+213,324	+213,319	+213,322	
De Sonceboz à St.-Imier.					
⊙20 — NF22	km 1,282	m + 7,579	m + 7,574	m + 7,577	⊙20 r sur une borne, à gauche de la route, à 60 mètres en deçà de l'église de Sombeval.
⊙21 — ⊙20	1,831	+ 3,233	+ 3,233	+ 3,233	⊙21 r sur un rocher, près d'une maison de Corgémont (la 2 ^{me} à partir de la croix) à droite de la route.
⊙22 — ⊙21	0,863	+ 6,057	+ 6,058	+ 6,058	⊙22 r sur une borne, à droite de la route, à 15 mètres au delà de la maison « Zumbach » entre Corgémont et Cortébert.
⊙23 — ⊙22	2,531	+ 12,717	+ 12,724	+ 12,720	⊙23 r sur une borne, à gauche de la route, un peu au delà du village de Cortébert.
⊙24 — ⊙23	2,999	+ 19,002	+ 19,006	+ 19,004	⊙24 r sur la 1 ^{re} borne, à gauche de la route, avant d'arriver à la tuilerie de Cormoret.
⊙25 — ⊙24	1,498	+ 13,934	+ 13,940	+ 13,937	⊙25 r sur une coulisse, à droite de la route, près de la machine à battre, en dehors de Cormoret.
⊙26 — ⊙25	2,472	+ 24,319	+ 24,317	+ 24,318	⊙26 r sur le seuil de la porte d'une maison, à gauche de la route, à l'entrée de Villeret.
⊙27 — ⊙26	0,580	+ 14,419	+ 14,422	+ 14,420	⊙27 r sur une borne, à droite de la route, au-dessus du cimetière de Villeret.
NF 6 — ⊙27	1,375	+ 57,188	+ 57,187	+ 57,187	NF N°6 r en bronze scellé sur le cordon de la maison n° 14, à l'angle de la grande rue et de la rue du collège à Saint-Imier.
NF 6 — NF22	15,431	+158,448	+158,461	+158,454	
NF 6 — NF21	28,778	+371,772	+371,780	+371,776	

Nivellement de Bienne à Aarberg et Berne, par M. Benz.

1^{re} opération, Septembre 1866; 2^{me} opération, Août 1867..

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.	
De Bienne à Aarberg.					
⊙1 — NF21	3,044	— 1,886	— 1,880	— 1,883	NF N° 21 r en bronze scellé sur le socle, à droite de la porte de l'hôtel de ville à Bienne.
⊙2 — ⊙1	0,211	+ 10,879	+ 10,882	+ 10,880	⊙1 r sur le seuil du perron de l'auberge, en dehors de Nidau.
⊙3 — ⊙2	2,989	+ 76,367	+ 76,367	+ 76,367	⊙2 r sur l'extrémité sud du mur de clôture du cimetière de Nidau.
⊙4 — ⊙3	2,151	— 66,371	— 66,369	— 66,370	⊙3 r sur le seuil de la porte de cave de la dernière maison de St-Niklaus, à gauche de la route.
⊙5 — ⊙4	1,466	+ 9,895	+ 9,891	+ 9,893	⊙4 r sur l'angle du mur de jardin de la 2 ^{me} maison de Bühl, à droite de la route.
b13(base) — ⊙5	0,996	— 25,801	— 25,796	— 25,798	⊙5 r sur une borne à gauche de la route, à 200 ^m en deçà de Walperswyl.
⊙6 — b13(base)	1,273	+ 1,700	+ 1,704	+ 1,702	b13 (base) sommet du cylindre de bronze qui marque l'extrémité nord de la base géodésique à Walperswyl.
⊙7 — ⊙6	2,199	+ 4,993	+ 5,007	+ 5,000	⊙6 r sur une borne de délimitation de communes, à droite de la route, entre Walperswyl et Aarberg.
NF24 — ⊙7	0,263	+ 6,044	+ 6,044	+ 6,044	⊙7 r sur le mur de soutènement à gauche d'une entrée de grange, en deçà du pont d'Aarberg.
					NF N° 24 r en bronze scellé sur le cordon à l'angle nord de l'hôtel de la Couronne à Aarberg.
NF24 — NF21	14,592	+ 15,820	+ 15,850	+ 15,835	
D'Aarberg à Berne.					
⊙8 — NF24	2,412	— 9,657	— 9,660	— 9,659	⊙8 r sur une borne trigonométrique, à droite de la route, entre Aarberg et Lyss.
⊙9 — ⊙8	1,657	+ 3,047	+ 3,050	+ 3,049	⊙9 r sur le parapet, côté droit du pont sur le Lyss-Bach, au-dessus de la pile du milieu.
⊙10 — ⊙9	2,535	+ 20,821	+ 20,824	+ 20,822	⊙10 r sur une borne, à droite de la route, près de l'entrée du moulin de Suberg.
⊙11 — ⊙10	1,735	+ 21,731	+ 21,738	+ 21,734	⊙11 r sur une borne à gauche de la route, entre les pierres kilom. n° 14 et 13 du chemin de fer.
⊙12 — ⊙11	3,973	+ 36,468	+ 36,482	+ 36,475	⊙12 r sur la première marche du perron de l'hôtel du « Rössli », à Schwanden.
⊙13 — ⊙12	2,098	+ 1,829	+ 1,833	+ 1,831	⊙13 r sur la borne sud de l'indicateur des routes, à l'embranchement de Schönbrunnen.
⊙14 — ⊙13	2,228	+ 26,902	+ 26,903	+ 26,903	⊙14 r sur la marche du milieu du perron de l'hôtel de l'Ours à Münchenbuchsee.
⊙15 — ⊙14	2,268	+ 1,466	+ 1,460	+ 1,463	⊙15 r sur le banc de pierre à l'indicateur des routes de Soleure et de Berne, avant la station de Zollikofen.
⊙17 — ⊙15	2,938	— 37,462	— 37,464	— 37,463	⊙17 r sur le parapet gauche (pile de la rive droite) du pont sur l'Aar de la Tiefenau.

Nivellement de Bienne à Aarberg et Berne, par M. Benz.

1^{re} opération, Septembre 1866 ; 2^{me} opération, Août 1867.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Designation des repères.	
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.		
D'Aarberg à Berne (suite).						
⊙18 — ⊙17	3,213 ^{km}	+ 17,483 ^m	+ 17,479 ^m	+ 17,481 ^m	⊙18 r sur une coulisse à droite de la route, à l'extrémité de la gare de Berne vers l'Enge. NF N° 26 r en bronze scellé sur le perron de l'entrée extérieure de la restauration 3 ^{me} classe, gare de Berne.	
NF26 — ⊙18	0,473	+ 3,005	+ 3,007	+ 3,006		
NF26 — NF24	25,530	+ 85,633	+ 85,652	+ 85,642		
NF26 — NF21	40,122	+101,453	+101,502	+101,477		
Nivellement de raccordement de quelques repères dans la ville de Berne.						
A. De la gare au Palais fédéral 1 ^{re} opération par M. Schönholzer ; 2 ^{me} et 3 ^{me} opérations par M. Benz, Septembre 1866.						
Repères.	Distance.	1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	3 ^{me} opération.	Moyenne.	
NF25 — NF26	0,447 ^{km}	+ 2,588 ^m	+ 2,588 ^m	+ 2,588 ^m	+ 2,588 ^m	NF N° 26 r en bronze scellé sur le perron de la restauration 3 ^{me} classe, gare de Berne. NF N° 25 r en bronze scellé sur le socle du candélabre au bas du perron de la grande entrée du Palais fédéral, côté ouest.
B. De la gare à l'Observatoire. 1 ^{re} opération par M. Schönholzer ; 2 ^{me} opération par M. Benz, Septembre 1866.						
Repères.	Distance.	1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.		
⊙19 — NF26	0,765 ^{km}	+ 18,260 ^m	+ 18,259 ^m	+ 18,259 ^m	⊙19 r sur le couvercle d'une coulisse, au bas de la butte de l'Observatoire, à la croisée des deux chemins qui y conduisent. ⊙20 r sur un pilier placé au nord de la façade de l'Observatoire, devant la fente méridienne.	
⊙20 — ⊙19	0,102	+ 12,502	+ 12,500	+ 12,501		
⊙20 — NF26	0,867	+ 30,762	+ 30,759	+ 30,760		
Un trait tracé sur la paroi de l'Observatoire, à la hauteur du niveau du mercure dans la cuvette du baromètre, est élevé de +0 ^m ,549 au-dessus du repère ⊙20 (mesure faite par M. Schönholzer).						

Nivellement de Fribourg à Berne, par M. Schönholzer.

1^{re} opération, Septembre 1866; 2^{me} opération, Juillet 1867.

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.	
⊙33 — NF18	km 0,750	m — 3,745	m — 3,744	m — 3,744	NF N° 18 r en bronze scellé sur la marche supérieure du perron de l'entrée principale de la cathédrale de Fribourg.
⊙2 — ⊙33	1,331	+ 19,093	+ 19,095	+ 19,094	⊙33 r sur la ligne de Morat à Fribourg. (Voyez 1 ^{re} livraison, page 52.)
⊙3 — ⊙2	1,308	— 6,273	— 6,270	— 6,271	⊙2 r sur une coulisse à droite de la voie, au dernier passage à niveau avant le viaduc de Grandfey.
⊙4 — ⊙3	1,513	— 1,728	— 1,730	— 1,729	⊙3 r sur une coulisse à gauche de la voie, au premier passage après le viaduc.
⊙5 — ⊙4	2,122	+ 2,399	+ 2,407	+ 2,403	⊙4 r sur le socle du poteau du télégraphe, à côté de la borne kilométrique n° 71.
⊙6 — ⊙5	2,042	+ 6,772	+ 6,774	+ 6,773	⊙5 r sur le 2 ^{me} pilier, à droite de la voie, au passage de la route sous la voie, près de la borne kilométrique n° 73.
⊙7 — ⊙6	1,919	— 3,720	— 3,724	— 3,722	⊙6 r sur le socle du 2 ^{me} poteau du télégraphe, après la borne kilométrique n° 75.
⊙10 ¹ — ⊙7	3,990	— 34,395	— 34,407	— 34,401	⊙7 r sur le socle du 4 ^{me} poteau du télégraphe, après la borne kilométrique n° 77.
⊙11 — ⊙10	2,084	— 24,950	— 24,947	— 24,949	⊙10 r sur une borne, à droite de la route Fribourg-Berne, à la croisée du sentier qui conduit à Blumisberg.
⊙12 — ⊙11	1,323	+ 10,523	+ 10,525	+ 10,524	⊙11 r sur le couvercle du canal pour le passage du ruisseau Tafferna sous la voie.
⊙13 — ⊙12	2,280	+ 17,076	+ 17,076	+ 17,076	⊙12 r sur la dernière niche dans le mur de soutènement à droite de la voie, station de Flamatt. A partir de ⊙12, la ligne de nivellement suit de nouveau le chemin de fer.
<p>¹ Entre les repères ⊙7 et ⊙10, la ligne suivie dans les deux opérations, celle de 1866 et celle de 1867, a été différente, le nivellement le long du chemin de fer étant impossible à cause du tunnel, qui se trouve à peu de distance du repère ⊙7; en 1866 l'ingénieur a pris à gauche du chemin de fer, en passant par les repères suivants :</p>					
⊙8 — ⊙7	km 0,782	m + 26,398	⊙8 r sur une borne à gauche de la route.		
⊙9 — ⊙8	1,878	— 6,273	⊙9 r sur le cordon d'une grange, à gauche de la route, appartenant à M. Wildholz, à Wünnenwyl.		
⊙10 — ⊙9	1,186	— 54,520			
⊙10 — ⊙7	3,846	— 34,395			
<p>En 1867, l'ingénieur a pris à droite du chemin de fer en passant par les repères suivants :</p>					
⊙D — ⊙7	km 1,264	m + 4,933	⊙D r sur le 2 ^{me} pilier, à droite du passage, immédiatement avant le tunnel; c'est à partir de ⊙D que l'on quitte le chemin de fer.		
⊙E — ⊙D	0,671	— 15,882	⊙E r sur le couvercle d'une rigole, à la croisée de routes à Mühlethal.		
⊙10 — ⊙E	2,199	— 23,458			
⊙10 — ⊙7	4,134	— 34,407			

Nivellement de Fribourg à Berne, par M. Schönholzer.

1^{re} opération, Septembre 1866; 2^{me} opération, Juillet 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Designation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
⊙14 — ⊙13	1,871 ^{km}	+ 16,916 ^m	+ 16,905 ^m	+ 16,910 ^m	⊙13 <i>r</i> sur le pilier, côté droit, du pont du chemin de fer sur la Singine, rive droite.
⊙15 — ⊙14	2,774	— 18,187	— 18,187	— 18,187	⊙14 <i>r</i> à l'extrémité du parapet du perron, à la station de Thörishaus.
⊙16 — ⊙15	2,036	— 6,299	— 6,300	— 6,299	⊙15 <i>r</i> sur un cordon de soutènement de la voie, au passage 30 ^m avant la borne kilométrique n° 91.
⊙17 — ⊙16	1,035	— 5,699	— 5,700	— 5,699	⊙16 <i>r</i> sur une borne à droite de la voie, au passage à l'extrémité de la station de Bümplitz.
⊙18 — ⊙17	0,942	— 2,752	— 2,755	— 2,754	⊙17 <i>r</i> sur un cordon de soutènement de la voie, au passage 60 ^m après la borne kilométrique n° 94.
NF26 — ⊙18	2,179	— 12,307	— 12,305	— 12,306	⊙18 <i>r</i> sur une borne à gauche de la voie, près de la maison de garde n° 189, au passage à niveau de la route de Morat. NFN° 26 <i>r</i> en bronze scellé sur le perron de la restauration 3 ^{me} classe, gare de Berne.
NF26 — NF18	31,499	— 47,276	— 47,287	— 47,281	

Nivellement de Sonceboz à Bâle (gare du Central) par Tavannes, Moutier, Délémont.

Exécuté par M. Benz, du 24 Août au 2 Octobre 1867.

Repères,	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Designation des repères.
De Sonceboz au sommet du Col de Pierre-Pertuis.			
⊙1 — NF22	0,686 ^{km}	+ 47,528 ^m	NFN° 22 <i>r</i> en bronze scellé sur un pilier à l'Ouest de la maison de M. Rosselet à Sonceboz.
⊙2 — ⊙1	0,533	+ 59,857	⊙1 <i>r</i> sur un rocher à droite de la route, à 36 ^m au delà de la pierre kilométrique: 10 lieues de Berne.
⊙3 — ⊙2	0,860	+ 67,243	⊙2 <i>r</i> sur un rocher à gauche de la route, près d'une carrière de gravier, entre les poteaux télégraphiques n° 350 et 351. ⊙3 <i>r</i> sur un rocher, à gauche de la route, au point le plus élevé du col.
⊙3 — NF22	2,079	+ 174,628	
Du sommet du Col de Pierre-Pertuis à Tavannes.			
⊙4 — ⊙3	0,899 ^{km}	— 66,437 ^m	⊙4 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à 10 ^m en deçà du sentier qui conduit au moulin près de la source de la Birse.
NF42 — ⊙4	0,645	— 3,418	NFN° 42 <i>r</i> en bronze scellé sur le seuil de la porte de l'hôtel de la Couronne, à Tavannes.
NF42 — ⊙3	1,544	— 69,855	

Nivellement de Sonceboz à Bâle (gare du Central) par Tavannes, Moutier, Délémont.

Exécuté par M. Benz, du 24 Août au 2 Octobre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Tavannes à Moutier.			
⊙5 — NF42	0,908	9,555	⊙5 r sur le parapet de gauche du pont sur un ruisseau, à 200 ^m au delà de l'église de Tavannes.
⊙6 — ⊙5	0,709	7,365	⊙6 r sur le parapet de gauche du pont sur la Birse entre Tavannes et Reconvilier.
⊙7 — ⊙6	1,277	11,720	⊙7 r sur le parapet de gauche du pont sur la Birse, à la sortie de Reconvilier.
⊙8 — ⊙7	1,916	11,879	⊙8 r sur le parapet de droite du pont sur la Birse, un peu en deçà de Pontenet.
⊙9 — ⊙8	1,702	14,670	⊙9 r sur le trottoir à l'angle Sud-Ouest de l'hôtel de la Croix à Malleray.
⊙10 — ⊙9	1,406	12,765	⊙10 r sur une borne à droite de la route, à 20 ^m au delà de la dernière maison de Bévillard.
⊙11 — ⊙10	1,781	8,092	⊙11 r sur une borne à gauche de la route, près du mur de jardin de la dernière maison de Sorvilier.
⊙12 — ⊙11	2,253	13,731	⊙12 r sur la marche du milieu du perron devant la maison d'école à Court.
⊙13 — ⊙12	1,957	28,631	⊙13 r sur un rocher, à 5 ^m à gauche de la route, entre les poteaux télégraphiques n ^{os} 175 et 174.
⊙14 — ⊙13	1,541	47,572	⊙14 r sur une borne, à gauche de la route, à 25 ^m de l'ancien pont sur la Birse.
⊙15 — ⊙14	1,146	42,594	⊙15 r sur le seuil de la porte d'un bâtiment au-dessous de la verrerie, près de Moutier, en face de l'extrémité nord d'un jardin.
NF43 — ⊙15	1,601	17,776	NFN ^o 43 r en bronze scellé sur le rocher servant de fondation à la maison de M. Girod, en face de l'hôtel du Cerf à Moutier
NF43 — NF42	18,197	—226,350	
De Moutier à Délémont.			
⊙16 — NF43	1,957	24,313	⊙16 r sur le parapet de droite, extrémité nord du pont sur la Birse, au-dessous de Moutier.
⊙17 — ⊙16	1,682	22,600	⊙17 r sur la 3 ^{me} borne, en aval du pont en bois sur la Birse, à 140 ^m au delà du moulin et de la scierie à Roche.
⊙18 — ⊙17	1,566	7,672	⊙18 r sur un rocher à droite de la route, à 200 ^m au delà de la verrerie.
⊙19 — ⊙18	1,096	12,347	⊙19 r sur un pilier en pierre, formant l'extrémité d'un mur à gauche de la route, à 8 ^m au delà de la dernière maison près de la fonderie « Schwendi. »
⊙20 — ⊙19	2,199	25,809	⊙20 r sur la 2 ^{me} marche du perron de l'hôtel du Cerf, à Courrendlin.
⊙21 — ⊙20	0,775	4,997	⊙21 r sur l'avant-dernière de la 2 ^{me} rangée de bornes, à droite de la route, à 300 ^m au delà de Courrendlin.
⊙22 — ⊙21	2,123	19,730	⊙22 r sur une borne, à droite de la route, à 10 ^m en deçà de la croisée des routes qui mènent à Délémont et à Bâle.
⊙23 — ⊙22	0,939	5,033	⊙23 r sur le parapet de gauche du pont sur la Sorne.
NF44 — ⊙23	0,999	+ 19,291	NFN ^o 44 r en bronze scellé sur le socle à gauche de la porte de l'église réformée à Délémont.
NF44 — NF43	13,336	—103,210	

Nivellement de Sonceboz à Bâle (gare du Central), par Tavannes, Moutier, Délémont.

Exécuté par M. Benz, du 24 Août au 2 Octobre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Délémont à Laufen.			
⊙23 — NF44	0,999 km	— 19,291 m	⊙23 même repère que ci-dessus ; le nivellement de ⊙23 à NF n° 44 a été fait à double, le résultat des deux opérations diffère de 2 ^{mm} , c'est la moyenne des deux opérations que l'on a prise dans les deux sections.
⊙24 — ⊙23	1,828	— 8,993	⊙24 r sur le couvercle d'une coulisse, à gauche de la route, à 50 ^m en deçà de l'hôtel et du bain de Bellerive avant Soyhière.
⊙25 — ⊙24	1,474	— 1,281	⊙25 r sur une pierre à droite de la route, près d'une grille, à 80 ^m au delà de la dernière maison de Soyhière.
⊙26 — ⊙25	3,713	— 13,267	⊙26 r sur une borne, à gauche de la route, à 150 ^m du sentier qui conduit à Liesberg, près de maisons sur la rive gauche de la Birse.
⊙27 — ⊙26	1,497	— 4,72	⊙27 r sur la bordure du trottoir devant la maison d'habitation au moulin sous Liesberg.
⊙28 — ⊙27	1,776	— 3,826	⊙28 r sur une borne à gauche de la route, entre les poteaux télégraphiques n° 357 et 356.
⊙29 — ⊙28	2,356	— 11,031	⊙29 r sur une borne à droite de la route, à 5 ^m en deçà du pont en bois sur la Birse près de la verrerie.
⊙30 — ⊙29	0,894	— 1,140	⊙30 r sur une borne, à gauche de la route, au delà de la verrerie.
⊙31 — ⊙30	1,424	— 7,39	⊙31 r sur une borne à droite de la route, un peu au delà du coude de la route sous un rocher.
⊙32 — ⊙31	0,933	— 4,716	⊙32 r sur le cordon de la maison du notaire Scholler, dans la rue de Roschenz, à Laufen.
NF45 — ⊙32	0,357	+ 3,839	NF n° 45 r en bronze scellé sur le sommet du perron de la maison d'école à Laufen, à gauche de l'entrée. Il se trouve sur le cordon, à gauche de l'entrée de la maison d'école, un repère gravé dans la pierre, dont la hauteur est exactement la même que celle de NF n° 45.
NF45 — NF44	17,251	— 71,771	
De Laufen à Bâle (gare du Central).			
⊙33 — NF45	0,424 km	— 5,157 m	⊙33 r sur une borne à gauche de la route, près du coude que fait la rivière pour s'éloigner de la route.
⊙34 — ⊙33	1,547	— 4,166	⊙34 r sur une borne, à gauche de la route, à 100 ^m en deçà de la 1 ^{re} maison de Zwingen.
⊙35 — ⊙34	1,790	— 5,988	⊙35 r sur une borne, à gauche de la route, près d'un dépôt de gravier.
⊙36 — ⊙35	0,838	— 5,958	⊙36 r sur une borne, à gauche de la route, à la croisée d'un sentier.
⊙37 — ⊙36	3,133	— 1,429	⊙37 r sur une borne de la compagnie des eaux de Bâle, la 2 ^{me} en deçà de la pierre kilométrique, 23 lieues de Berne.
⊙38 — ⊙37	1,405	— 10,481	⊙38 r sur une borne de la compagnie des eaux de Bâle, un peu au delà de Grellingen.
⊙39 — ⊙38	1,340	— 13,690	⊙39 r sur une borne, à gauche de la route, en face du clocher de Duggingen.
⊙40 — ⊙39	1,114	— 1,653	⊙40 r sur une pierre taillée du gouffre, à gauche de la route, à 150 ^m en deçà de la frontière entre Berne et Bâle.
⊙41 — ⊙40	1,267	+ 7,232	⊙41 r sur le piédestal d'une croix en pierre, près de la petite chapelle, au delà d'Aesch.
⊙42 — ⊙41	1,303	— 6,236	⊙42 r sur une borne, à gauche de la route, à 200 ^m en deçà du « Neuenhof », entre Aesch et Reinach.
⊙43 — ⊙42	1,078	— 3,187	⊙43 r sur le parapet de droite du pont sur le ruisseau dans le village de Reinach.

Nivellement de Sonceboz à Bâle (gare du Central), par Tavannes, Moutier, Délémont.

Exécuté par M. Benz, du 24 Août au 2 Octobre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Laufen à Bâle (gare du Central) (suite).			
⊙44 — ⊙43	1,804	— 8,083	⊙44 r sur le piédestal d'une croix en pierre, à droite de la route.
⊙45 — ⊙44	1,208	— 5,396	⊙45 r sur une borne de la compagnie des eaux de Bâle, à 150 ^m au delà d'un cabaret, à droite de la route.
⊙46 — ⊙45	1,610	— 5,345	⊙46 r sur une borne, à gauche de la route, près d'un dépôt de gravier, en face de Mönchenstein.
⊙47 — ⊙46	2,323	— 4,382	⊙47 r sur le couronnement de la pile nord, côté gauche du pont sur le chemin de fer, à l'entrée de Bâle.
NF46 — ⊙47	1,042	— 2,817	NF N° 46 r en bronze scellé sur le socle à droite au-dessous de la 1 ^{re} fenêtre, à côté de l'horloge donnant l'heure de Paris dans la gare du central à Bâle.
NF46 — NF45	23,226	— 76,738	
NF46 — NF22	75,633	— 373,296	

Nivellement de Berne à Bâle par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867.

De Berne à Berthoud.			
Repères.	km	m	Désignation des repères.
⊙18 ¹ — NF26	0,477	— 3,009	NF N° 26 r en bronze scellé sur le perron de la restauration 3 ^{me} classe, gare de Berne.
⊙1 — ⊙18	2,313	— 5,096	⊙18 r sur une coulisse, à gauche de la route, à l'extrémité de la gare de Berne, vers l'Enge.
⊙17 — ⊙1	0,941	— 12,382	⊙1 r sur un mur de jardin, à droite de la route, près de la maison n° 252 ^d , Aareggi.
⊙2 — ⊙17	2,211	+ 35,607	⊙17 r sur le parapet de droite (pile de la rive droite) du pont sur l'Aar de la Tiefenau.
⊙5 — ⊙2	0,709	+ 1,857	⊙2 r sur une borne, à gauche de la route, à 15 ^m de l'auberge de la croix à Zollikofen, croisée de la route de Kirchlindach.

¹ Les repères ⊙18, ⊙17 et ⊙15, près de Berne, sont les mêmes que ceux que M. Benz avait déterminés sur la ligne d'Aarberg à Berne, (voyez page 90 et 91) par une double opération. La comparaison des trois opérations donne :

Repères.	M. Benz.		M. Schönholzer.	Moyenne des 3 opérations.
	1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.		
⊙18 — NF26	— 3,005	— 3,007	— 3,009	— 3,007
⊙17 — ⊙18	— 17,483	— 17,479	— 17,478	— 17,480
⊙15 — ⊙17	+ 37,462	+ 37,464	+ 37,464	+ 37,463
⊙15 — NF26	+ 16,974	+ 16,978	+ 16,977	+ 16,976

D'après la moyenne des deux opérations de M. Benz, la distance de NF26 à ⊙15 est de 6,624^k
D'après celle de M. Schönholzer. , 6,651

Nivellement de Berne à Bâle par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Berne à Berthoud (suite).			
⊙3 — ⊙15	1,699 ^{km} — 18,497 ^m		⊙15 <i>r</i> sur le banc de pierre, près de l'indicateur des routes de Bienne et de Soleure.
⊙4 — ⊙3	0,505 — 8,778		⊙3 <i>r</i> sur le mur qui entoure un dépôt de gravier, à gauche de la route, près de la 1 ^{re} maison de Moos-Seedorf.
⊙5 — ⊙4	1,394 — 2,501		⊙4 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à la croisée des routes d'Hindelbank et de Münchenbuchsee.»
⊙6 — ⊙5	2,021 + 9,283		⊙5 <i>r</i> sur la pierre kilométrique du chemin de fer, portant les nos IX et XI, à la croisée de la route de Hindelbank avec le chemin de fer.
⊙7 — ⊙6	1,419 + 2,959		⊙6 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, 35 ^m au delà de la maison neuve « Neuhaus-Bäriswyl. »
⊙8 — ⊙7	1,065 — 15,163		⊙7 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à la croisée du chemin qui mène au château d'Hindelbank.
⊙9 — ⊙8	1,508 + 9,241		⊙8 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, en face de l'hôtel du lion à Hindelbank.
⊙10 — ⊙9	1,246 + 12,749		⊙9 <i>r</i> sur une borne portant le n° 28, à droite de la route, entre Hindelbank et Möttschwyl.
⊙11 — ⊙10	0,799 + 11,393		⊙10 <i>r</i> sur une borne portant le n° 51, à droite de la route, à 60 ^m de la dernière maison de Möttschwyl.
⊙12 — ⊙11	1,395 + 22,131		⊙11 <i>r</i> sur une borne portant le n° 68, à gauche de la route, au-dessus du hameau Kreuzweg.
⊙13 — ⊙12	0,215 — 11,971		⊙12 <i>r</i> sur une borne portant le n° 95, à gauche de la route, près de la dernière maison du hameau Rohrmoos.
⊙14 — ⊙13	1,349 — 25,511		⊙13 <i>r</i> sur une borne portant le n° 98, à gauche de la route, à 20 ^m de la bifurcation de la route qui mène à Krauchthal.
NF27 — ⊙14	0,403 + 3,438		⊙14 <i>r</i> sur la dernière borne, à gauche de la route, en face du portail près des premières maisons de Berthoud. NF n° 27 <i>r</i> en bronze scellé sur la 2 ^{me} marche à gauche du perron de l'hospice des orphelins à Berthoud.
NF27 — NF26	21,669 + 5,750		
De Berthoud à Herzogenbuchsee.			
⊙15 — NF27	1,011 ^{km} — 13,945 ^m		⊙15 <i>r</i> sur le couvercle à l'extrémité du canal qui passe sous la gare de Berthoud.
⊙16 — ⊙15	0,753 + 5,060		⊙16 <i>r</i> sur la pile, côté droit, du pont du chemin de fer sur l'Emme (de ⊙15 jusques un peu au delà de ⊙16, à l'entrée du tunnel, on a suivi le chemin de fer).
⊙17 — ⊙16	0,835 + 25,797		⊙17 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, en face de l'embranchement du chemin qui mène au bain Sommerhaus.
⊙18 — ⊙17	1,677 — 25,272		⊙18 <i>r</i> 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 — 3,219		⊙19 <i>r</i> 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.

Nivellement de Berne à Bâle par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Berthoud à Herzogenbuchsee (suite).			
⊙20 — ⊙19	1,138 km	7,482 m	⊙20 r sur le couvercle d'une coulisse, à droite de la route, à 150 ^m en deçà de la dernière maison de garde du chemin de fer, avant la station de Wynigen.
⊙21 — ⊙20	0,804	0,095	⊙21 r sur la pile du canal qui donne passage au ruisseau sous le chemin de fer à la station de Wynigen.
⊙22 — ⊙21	0,750	0,887	⊙22 r sur la pile du pont du chemin de fer sur le Wynigerbach, à l'extrémité du village de Wynigen.
⊙23 — ⊙22	0,601	7,116	⊙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	2,020	16,824	⊙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	1,256	6,277	⊙25 r sur un couvercle de coulisse sous le chemin de fer, à 150 ^m de la gare de Riedwyl (⊙25 donne la hauteur des traverses de la voie à la gare de Riedwyl).
⊙26 — ⊙25	0,544 +	1,958	⊙26 r sur l'extrémité du parapet (côté droit) du pont en pierre dans le village de Riedwyl.
⊙27 — ⊙26	1,393	11,406	⊙27 r sur le bord de la coulisse sous le chemin de fer, près la maison de garde de Hermyswyl (de ⊙27 à ⊙30, le nivellement a été fait le long du chemin de fer).
⊙28 — ⊙27	0,867	6,111	⊙28 r sur la pile du pont du chemin de fer sur le Oenzbach, au delà d'Hermyswyl.
⊙29 — ⊙28	1,727	11,199	⊙29 r sur le socle du poteau du télégraphe, au passage de la route Ober-Oenz à Bollodigen au-dessus du chemin de fer.
⊙30 — ⊙29	1,172	5,298	⊙30 r sur le socle du réservoir d'eau dans la gare de Herzogenbuchsee, côté tourné vers la ville (la hauteur des traverses, gare de Herzogenbuchsee, est de 8 ^{mm} au-dessous de ⊙30).
⊙31 — ⊙30	0,535 +	11,852	⊙31 r sur la pierre d'angle, près de l'escalier de la terrasse de la maison en face de l'hôtel du soleil, à Herzogenbuchsee.
NF28 — ⊙31	0,207 +	15,841	NF N° 28 r en bronze scellé sur le seuil à gauche de la porte principale de l'église de Herzogenbuchsee.
NF28 — NF27	18,805	54,593	
De Herzogenbuchsee à Langenthal.			
⊙31 — NF28	0,200 km	15,861 m	⊙31 même repère que ci-dessus, le nivellement ⊙31 à NF n° 28 a été fait à double, et le résultat est identique (de ⊙31 la ligne de nivellement suit la grande route).
⊙32 — ⊙31	1,891 +	1,987	⊙32 r sur la 2 ^{me} borne, à gauche de la route, après la maison « zum Bad. »
⊙33 — ⊙32	2,352 +	1,609	⊙33 r sur la pierre d'angle du trottoir devant l'auberge de Guillaume Tell à Bützberg, embranchement de la route de Thunstetten.
⊙34 — ⊙33	1,726	16,063	⊙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.

Nivellement de Berne à Bâle par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Herzogenbuchsee à Langenthal (suite).			
⊙35 — ⊙34	1,657 ^{km}	+ 8,281 ^m	⊙35 r sur la pile du ponceau du chemin de fer au-dessus du sentier de piétons, sous la gare de Langenthal (depuis le passage à niveau un peu avant ⊙35, jusqu'à ce repère, la ligne de nivellement a suivi le chemin de fer; ⊙35 donne la hauteur des traverses à la gare de Langenthal).
⊙36 — ⊙35	0,396	+ 0,846	⊙36 r sur le banc en pierre à la bifurcation des routes qui conduisent à Aarau, au village de Langenthal et à la gare.
NF29 — ⊙36	0,729	+ 7,980	NF N°29 r en bronze scellé sur le mur du perron de l'église de Langenthal, à l'extrémité inférieure, côté droit.
NF29 — NF28	8,951	— 11,221	
De Langenthal à Aarburg.			
⊙36 — NF29	0,729 ^{km}	— 7,982 ^m	⊙36 r même repère que ci-dessus; le nivellement ⊙36 à NF n° 29 a été fait à double, la différence entre les 2 opérations est de 2 ^{mm} . A partir de ⊙36, la ligne de nivellement suit la grande route d'Aarburg.
⊙37 — ⊙36	1,862	— 17,499	⊙37 r sur le couvercle d'une coulisse, à gauche de la route, à l'extrémité d'une rangée de peupliers.
⊙38 — ⊙37	1,948	— 3,454	⊙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	0,883	— 20,568	⊙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	0,312	+ 17,748	⊙40 r sur une borne, à droite de la route, à 20 ^m du cabaret d'Ægerten.
⊙41 — ⊙40	1,320	— 40,612	⊙41 r sur le parapet de gauche du pont sur le Murgbach, près de l'écusson bernois au milieu du pont à Morgenthal.
⊙42 — ⊙41	0,438	+ 5,173	⊙42 r sur le cordon du trottoir, près de l'aiguille, à la gare de Morgenthal. (Le r ⊙42 est de 0 ^m , 149 plus élevé que les traverses de l'aiguille.)
⊙43 — ⊙42	0,600	— 1,594	⊙43 r sur la pile d'une écluse, à gauche de la route, après la dernière maison de Matteli-Morgenthal.
⊙44 — ⊙43	1,045	— 4,063	⊙44 r sur une grosse pierre, à droite de la route, à la bifurcation du chemin qui mène à Ryken.
⊙45 — ⊙44	1,889	— 1,532	⊙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	1,895	+ 2,780	⊙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 ^e après la dernière maison de garde avant la station de Niederwyl.
⊙47 — ⊙46	0,651	— 2,188	⊙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; de ⊙47 à ⊙50 la ligne de nivellement suit le chemin de fer.
⊙48 — ⊙47	1,146	— 2,084	⊙48 r sur la pile du milieu du pont du chemin de fer sur la Pfäfnern. (La hauteur des traverses sur le pont est de 0 ^m , 026 au dessous de ⊙48.)

Nivellement de Berne à Bâle par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Langenthal à Aarburg (suite).			
⊙49 — ⊙48	0,397 ^{km}	+ 0,025 ^m	⊙49 <i>r</i> 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	+ 7,162	⊙50 <i>r</i> sur le socle du 1 ^{er} 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.)
NF30 — ⊙50	0,907	— 14,491	NF N° 30 <i>r</i> en bronze scellé sur un angle du rocher, sur lequel l'église est bâtie, angle du rocher, à droite de la route, vers la ville.
NF30 — NF29	17,581	— 83,179	
D'Aarburg à Olten.			
⊙51 — NF30	2,156 ^{km}	+ 0,210 ^m	⊙51 <i>r</i> sur une borne du chemin de fer, à droite de la route, au pied du mur de soutènement du chemin de fer.
⊙52 — ⊙51	1,261	— 1,563	⊙52 <i>r</i> à l'extrémité de la bordure du trottoir devant la maison n° 581, à droite de la route, près du passage à niveau, un peu avant la gare d'Olten.
NF3 — ⊙52	0,349	+ 0,570	NF N° 31 <i>r</i> en bronze scellé sur la marche supérieure du perron de la gare d'Olten, façade Ouest, à gauche de la porte du milieu de la restauration 1 ^{re} et 2 ^{me} classes. (La hauteur des traverses de la voie la plus occidentale, gare d'Olten, est de 0 ^m ,637 au-dessous de NF N° 31.)
NF31 — NF30	3,766	— 0,783	
D'Olten à Aarau.			
⊙52 — NF31	0,349 ^{km}	— 0,570 ^m	⊙52 <i>r</i> même repère que ci-dessus; le nivellement de ⊙52 à NF n° 31 a été fait à double; le résultat des deux opérations est identique. A partir de ⊙52, la ligne de nivellement suit la grande route d'Aarau.
⊙54 — ⊙52	1,581	+ 22,824	⊙54 <i>r</i> sur une grosse pierre, à droite de la route, à la croisée de routes en face de la maison n° 55, village de Starkirch.
⊙55 — ⊙54	1,516	— 24,994	⊙55 <i>r</i> sur une borne du chemin de fer, à gauche de la route, à la première maison de garde entre Starkirch et Däniken.
⊙56 — ⊙55	1,370	— 6,388	⊙56 <i>r</i> sur la 1 ^{re} borne du chemin de fer, à gauche de la route, après le passage de la route sur le chemin de fer à Neu-Däniken.
⊙57 — ⊙56	1,450	— 5,494	⊙57 <i>r</i> sur la base du parapet de droite du pont sur le Däniker-Bach, à l'extrémité du village de Däniken.
⊙58 — ⊙57	0,995	+ 0,713	⊙58 <i>r</i> sur l'extrémité du parapet de droite du pont sur le ruisseau de Grezenbach.
⊙59 — ⊙58	1,250	+ 5,209	⊙59 <i>r</i> sur un couvercle de coulisse, à droite de la route, en face de la fontaine à l'entrée du village de Schönenwerd.
⊙60 — ⊙59	1,432	— 9,667	⊙60 <i>r</i> sur la 2 ^{me} borne, devant la dernière maison de Schönenwerd, à gauche de la route.

Nivellement de Berne à Bâle, par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
D'Olten à Aarau (suite).			
⊙61 — ⊙60	km 1,628	+ m 0,319	⊙61 <i>r</i> sur la borne de délimitation des cantons de Soleure et d'Argovie, à gauche de la route, près du moulin de Wöschnau.
⊙62 — ⊙61	1,188	+ 9,218	⊙62 <i>r</i> sur le mur de clôture de la fontaine, à droite de la route, à l'entrée de la ville d'Aarau.
NF32 — ⊙62	0,155	+ 0,931	NF N° 32 <i>r</i> en bronze scellé sur le socle en pierre du candélabre à droite de l'entrée principale de l'hôtel de ville, à Aarau.
NF32 — NF31	12,914	— 7,899	
D'Aarau à Brugg.			
⊙63 — NF32	km 0,572	— m 5,773	⊙63 <i>r</i> sur la bordure du quai, à la gare d'Aarau, extrémité gauche du côté de Zurich. (La hauteur des traverses devant le quai est de 0 ^m ,117 au-dessous de ⊙63; la ligne de nivellement continué à suivre la grande route.)
⊙64 — ⊙63	1,749	— 11,633	⊙64 <i>r</i> sur la pierre d'angle du pont sur la Suhr, près du dernier balustre en fer, côté gauche, rive droite.
⊙65 — ⊙64	1,369	+ 3,269	⊙65 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, devant le milieu de la maison n° 15, village de Rohr.
⊙66 — ⊙65	2,320	— 0,098	⊙66 <i>r</i> sur la borne de délimitation de forêt, portant le n° 26, à gauche de la route.
⊙67 — ⊙66	1,148	— 6,451	⊙67 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, presque à l'extrémité du village de Ruppertschwyl.
⊙68 — ⊙67	1,857	— 8,481	⊙68 <i>r</i> sur une borne, près de l'indicateur des routes, à la croisée de celles qui mènent à Hunzenschwyl, Brugg et Aarau.
⊙69 — ⊙68	1,095	— 6,125	⊙69 <i>r</i> sur la pierre de couronnement de la pile, côté gauche, rive gauche, du pont du chemin de fer sur l'Aa-Bach, un peu après la station de Wildegg; la hauteur de la traverse, à côté de ⊙69, est de 0 ^m ,016 au-dessous de ce repère.
⊙70 — ⊙69	0,767	— 0,007	⊙70 <i>r</i> sur le banc en pierre, à droite de la route, au point le plus bas entre Wildegg et Holderbank.
⊙71 — ⊙70	0,987	+ 11,073	⊙71 <i>r</i> sur le bassin en pierre de la fontaine devant l'église de Holderbank.
⊙72 — ⊙71	1,065	— 12,691	⊙72 <i>r</i> sur la couverture d'une coulisse sous le chemin de fer, à 9 ^m du bord gauche de la route, et à 350 ^m en deçà du hameau de Birrenlauf.
⊙73 — ⊙72	2,231	+ 1,994	⊙73 <i>r</i> sur la borne portant le n° 42, à droite de la route, en face de la croisée de la route qui conduit aux bains de Schinznach, en venant de Brugg.
⊙74 — ⊙73	1,550	— 9,501	⊙74 <i>r</i> sur une borne à droite de la route, et à gauche du chemin de fer, immédiatement après le croisement des deux.
⊙75 — ⊙74	1,947	+ 7,470	⊙75 <i>r</i> sur la pierre de voûte, à gauche de la voie, du canal sous le chemin de fer, avant la station de Brugg. (La hauteur de la traverse à côté du repère ⊙75 est de 0 ^m ,031 au-dessus de ce repère.)
NF35 — ⊙75	0,739	— 0,924	NF N° 35 <i>r</i> en bronze scellé sur le socle du pilier de droite de la porte d'entrée de la caserne de Brugg.
NF35 — NF32	19,399	— 37,878	

Nivellement de Berne à Bâle, par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Brugg au point culminant de la route sur le Bötzenberg.			
⊙76 — NF35	1,159 km	+ 6,234 m	⊙76 r sur la 29 ^m e borne, à gauche de la route, à l'entrée du village d'Umiken.
⊙77 — ⊙76	0,923	+ 34,329	⊙77 r sur une grosse pierre, à gauche de la route, à 80 ^m au delà de la dernière maison du hameau de Tiefengrub.
⊙78 — ⊙77	0,989	+ 65,406	⊙78 r sur une borne à droite de la route, à 300 ^m en deçà du hameau de Sinnel.
⊙79 — ⊙78	0,765	+ 56,358	⊙79 r sur le banc en pierre, à droite de la route, à l'endroit dit « aux quatre Tilleuls, » près de l'auberge à cette enseigne.
⊙80 — ⊙79	1,661	+ 56,842	⊙80 r sur le bassin en pierre de la fontaine, à droite de la route, devant l'hôtel de l'Ours à Stalden. Le repère ⊙80 donne la hauteur du point culminant de la route sur le Bötzenberg.
⊙80 — NF35	5,497	+219,169	
Du sommet du Bötzenberg à Frick.			
⊙81 — ⊙80	0,338 km	— 18,139 m	⊙81 r sur l'extrémité droite du parapet du pont, un peu au delà de la dernière maison de Stalden.
⊙82 — ⊙81	1,437	— 46,720	⊙82 r sur une borne, à droite de la route, entre les poteaux n ^{os} 126 et 127 du télégraphe.
⊙83 — ⊙82	0,872	— 61,576	⊙83 r sur une borne, à gauche de la route, près du dépôt de gravier, à 30 ^m en deçà de la 1 ^{re} maison du village d'Effingen.
⊙84 — ⊙83	0,326	— 12,417	⊙84 r sur la base du parapet de droite du pont sur le Siselenbach dans le village d'Effingen.
⊙85 — ⊙84	1,665	— 25,505	⊙85 r sur le parapet de gauche du pont sur le Elfingerbach, dans le village de Bötzen.
⊙86 — ⊙85	1,630	— 22,167	⊙86 r sur le parapet de droite du pont sur le Siselenbach dans le village de Hornussen.
⊙87 — ⊙86	2,254	— 20,411	⊙87 r sur le banc en pierre, près de l'indicateur, à la croisée des routes de Frick, Aarau et Brugg.
NF36 — ⊙87	1,608	— 18,503	NF N ^o 36 r en bronze scellé sur le soubassement à l'angle Nord-Ouest du bâtiment de l'école de district à Frick.
NF36 — ⊙80	10,130	—225,438	
De Frick à Stein.			
⊙88 — NF36	1,846 km	— 8,771 m	⊙88 r sur le parapet de droite du pont sur un ruisseau, entre Eschgen et Eiken.
⊙89 — ⊙88	1,725	— 9,166	⊙89 r sur le socle de l'indicateur, dans le village d'Eiken, à la croisée de la route qui mène à Lauffenbourg.
⊙90 — ⊙89	1,243	— 0,957	⊙90 r sur une borne, à gauche de la route, près du passage d'un petit ruisseau sous la route.
⊙91 — ⊙90	1,351	— 26,251	⊙91 r sur une borne, à gauche de la route, à 130 ^m en deçà de la 1 ^{re} maison du village de Stein.
NF37 — ⊙91	0,557	— 2,722	NF N ^o 37 r en bronze scellé sur le socle du pilier, à gauche de la porte d'entrée des dépendances de l'hôtel de l'Aigle à Stein.
NF37 — NF36	6,722	— 47,867	

Nivellement de Berne à Bâle, par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Stein à Rheinfelden.			
⊙92—NF37	0,973 ^{km} + 4,634 ^m		⊙92 r sur la dernière d'une rangée de bornes, à droite de la route, entre Stein et Nieder-Mumpf.
⊙93—⊙92	1,800 — 11,148		⊙93 r sur le piédestal d'une croix en pierre, à la bifurcation de la route qui mène à Wallbach.
⊙94—⊙93	1,188 + 23,090		⊙94 r sur une borne à droite de la route, au sommet de la 1 ^{re} forte pente.
⊙95—⊙94	1,509 + 46,634		⊙95 r sur le socle en fer de l'indicateur, à la croisée de la route qui mène à Zeiningen.
⊙96—⊙95	1,931 — 30,808		⊙96 r sur une borne, à la bifurcation de l'ancienne et de la nouvelle route, devant l'hôtel de la Couronne, à l'entrée du village de Möhlin.
⊙97—⊙96	0,245 — 10,880		⊙97 r sur le couronnement de la pile au milieu du pont sur le Möhlin-Bach, dans le village de Möhlin.
⊙98—⊙97	0,886 + 9,241		⊙98 r sur le piédestal d'une croix en pierre, à droite de la route, au delà de Möhlin.
⊙99—⊙98	1,182 — 23,426		⊙99 r sur une borne de délimitation des communes de Möhlin et Rheinfelden, située à 4 ^m du bord droit de la route.
⊙100—⊙99	2,132 — 14,713		⊙100 r sur le parapet, de gauche, du pont près de la chapelle à l'entrée de Rheinfelden.
⊙101—⊙100	0,529 — 11,046		⊙101 r sur une borne, à gauche de la route, à une croisée de routes, à 60 ^m en deçà de l'établissement de bains, portant l'enseigne « Zum Schützen, » à Rheinfelden.
NF38—⊙101	0,222 — 5,285		NF N° 38 r en bronze scellé à l'angle droit du seuil de la porte principale de l'église à Rheinfelden.
NF38—NF37	12,597 — 23,707		
De Rheinfelden à Bâle.			
⊙101—NF38	0,222 + 5,285		⊙101 même repère que ci-dessus; le nivellement de ⊙101 à NF N° 38 a été fait à double; le résultat des deux opérations est identique.
⊙102—⊙101	2,235 — 0,316		⊙102 r sur une borne, à droite de la route, à 550 ^m au delà d'une croix en pierre, en face du village badois Warmbach de l'autre côté du Rhin.
⊙103—⊙102	1,143 + 16,794		⊙103 r sur le piédestal d'une croix en pierre, à droite de la route, au point culminant de la route entre Rheinfelden et Kaiser-Augst.
⊙104—⊙103	1,800 — 2,410		⊙104 sur une borne, à gauche de la route, à l'origine de la forte pente vers Basel-Augst.
⊙105—⊙104	0,983 — 20,455		⊙105 r sur le parapet de droite du pont sur le canal, près de l'hôtel de la Couronne, à Basel-Augst.
⊙106—⊙105	2,248 — 2,952		⊙106 r sur une pierre taillée, près de l'indicateur à la bifurcation de la route qui mène à Liestal.
⊙107—⊙106	0,915 + 1,348		⊙107 r sur l'extrémité de la bordure du trottoir devant les salines « zur Schweizerhalle. » (La section ⊙106 à ⊙107 a été nivelée à double, la 1 ^{re} opération ayant été faite par un vent violent qui pouvait nuire à l'exactitude; les deux opérations s'accordent à un dixième de millimètre près.)
⊙108—⊙107	0,321 — 1,215		⊙108 r sur une grosse pierre taillée, à gauche de la route, en face du « Rothhaus. »

Nivellement de Berne à Bâle, par Herzogenbuchsee, Olten, Aarau, Brugg, Frick, Rheinfelden.

Exécuté par M. Schönholzer, Juillet à Septembre 1867 (suite).

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.		
De Rheinfelden à Bâle (suite).					
⊙109—⊙108	2,419 ^{km} +	4,044 ^m	⊙109 r sur une borne, bord droit de la route, à 120 ^m en deçà de l'ancien poste de gendarmerie dans le Hardtwald.		
⊙110—⊙109	1,511 —	8,746	⊙110 r sur une borne, à droite de la route, au commencement du trottoir en deçà de Birsfeld.		
⊙111—⊙110	1,492 —	6,989	⊙111 r sur le couronnement de la voûte, au-dessus du canal de la Birse, près de l'extrémité droite.		
⊙112—⊙111	0,426 +	12,416	⊙112 r sur une grosse borne, à gauche de la route, devant la porte St-Alban à Bâle; cette borne porte sur la face antérieure l'écusson bâlois, et sur la face postérieure la date 1736. De ⊙112 la ligne de nivellement a suivi le faubourg St-Alban, la Rittergasse, le Münsterplatz, Augustiner-gasse, Rheinsprung, jusqu'au pont sur le Rhin.		
⊙1 — ⊙112	0,484 —	0 710	⊙1 r municipal bâlois sur une marche à gauche de la maison n° 58, à la croisée de la Malzgasse.		
⊙2 — ⊙1	0,585 +	0,289	⊙2 r municipal bâlois, à l'angle droit du seuil de la porte principale de la cathédrale de Bâle.		
NF39 — ⊙2	0,529 —	20,383	NF N° 39 r en bronze scellé sur le couronnement de la voûte, sous laquelle la Birsig débouche dans le Rhin, à 50 ^m en aval du pont, rive gauche.		
NF39—NF38	17,316 —	23,700			
Nivellement de raccordement de quelques repères dans la ville de Bâle.					
A. De la gare du Central à la porte St.-Alban.					
Exécuté par M. Schönholzer, Octobre 1867.					
⊙3 — NF46	0,566 ^{km} —	8,087 ^m	NF N° 46 r en bronze dans la gare du Central (voyez plus haut page 96). NB. La ligne de nivellement a suivi depuis la place devant la gare les fossés d'Aeschen et de la porte St-Alban.		
⊙112—⊙3	0,679 —	0,893	⊙3 r municipal bâlois, sur le socle de la balustrade en fer qui entoure le jardin de la maison n° 2 sur le « Aeschengraben. »		
⊙112—NF46	1,245 —	8,980	⊙112 r de la porte St-Alban (voyez ci-dessus même page).		
B. De la gare du Central au pont sur le Rhin. Nivellement exécuté à double par M. Benz, Octobre 1867.					
Repères.	Distance.	Différence de niveau.		Moyenne.	Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.		
⊙48 — NF46	1,009 ^{km} —	5,300 ^m	5,298 ^m	5,299 ^m	NF N° 46 r en bronze dans la gare du Central. ⊙48 r sur le mur de soutènement d'un escalier dans le « Steinengraben, » à 40 ^m au delà de la place d'Holbein.
⊙4 — ⊙48	0,219 —	1,006	1,006	1,006	⊙4 r municipal bâlois, à l'entrée du magasin à blé.
NF39 — ⊙4	0,852 —	23,480	23,482	23,481	NF N° 39 r en bronze près du pont sur le Rhin (voyez ci-dessus même page).
NF39—NF46	2,080 —	29,786	29,786	29,786	

Résumé du polygone dans la ville de Bâle.

		Distance.	Différence de niveau.	
		km	m	
NF39 (Pont sur le Rhin)	— NF46 (Gare du Central)	2,080	—	29,786
⊙112 (Porte St.-Alban)	— NF39 (Pont sur le Rhin)	1,598	+	20 804
NF46 (Gare du Central)	— ⊙112 (Porte St.-Alban)	1,245	+	8,980
NF46	— NF46	4,923	—	0,002 (erreur de clôture).

C. Détermination du zéro des échelles du Rhin.

Les échelles près du pont du Rhin, rive gauche, sont au nombre de 4; dont 3 sont des échelles bâloises et la 4^{me} une échelle badoise. Les trois premières désignées par p¹, p², p³, ont le zéro en bas, et les divisions, en pouces fédéraux de 3 centimètres, vont de bas en haut; pour l'échelle p¹ le sommet correspond à la division 60^o.

p ²	»	»	»	90
p ³	»	»	»	230

Le sommet de ces trois échelles a été rattaché au repère près du pont NF39, par deux opérations exécutées par M. Benz, le 4 et le 7 Octobre, et dont voici le résultat :

	1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.
	m		
Sommet échelle p ¹ (division 60 ^o) — NF39 =	— 3,915	— 3,915	— 3,915
Sommet échelle p ² (division 90 ^o) — NF39 =	— 3,001	— 2,999	— 3,000
Sommet échelle p ³ (division 230 ^o) — NF39 =	+ 1,201	+ 1,201	+ 1,201

En admettant, ce qu'il nous était impossible de vérifier, que la division des échelles soit exacte, on aura :

Zéro échelle p ¹ — NF39 =	— 5,715
Zéro échelle p ² — NF39 =	— 5,700
Zéro échelle p ³ — NF39 =	— 5,699

Le zéro de l'échelle badoise désignée par p⁴ est en haut, et les divisions, également en pouces fédéraux de 3 centimètres, vont de haut en bas; pour les mêmes jours M. Benz a trouvé :

	1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.
	m		
Zéro échelle p ⁴ — NF39 =	+ 0,992	+ 0,993	+ 0,992. 5

Nivellement de raccordement de quelques repères dans le voisinage de Bâle.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau entre deux repères consécutifs.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
A. De la gare du Central à St.-Louis (Raccordement avec le réseau français).					
Exécuté par M. Schönholzer, Octobre 1867.					
⊙113-NF46	1,578	2,880	2,881	2,881	NF N° 46 r en bronze dans la gare du Central (voyez plus haut page 96).
⊙114-⊙113	1,070	10,498	10,491	10,494	⊙113 r sur une borne, à droite de la route, en face de la maison n° 48.
⊙115-⊙114	1,322	8,531	8,531	8,531	⊙114 r sur le couvercle de la coulisse, à gauche du chemin de fer, près du passage de la « Mittlere Strasse. »
NF41-⊙115	1,700	3,201	3,201	3,201	⊙115 r sur une borne, à gauche du sentier qui longe le bord gauche du chemin de fer, à la limite entre la Suisse et la France.
					NF N° 41 r en bronze scellé sur le socle du pilier de droite de la porte latérale (tournée vers le Sud) de l'église de St.-Louis, département du Haut-Rhin.
NF41 - NF46	5,670	25,110	25,104	25,107	

Nivellement de raccordement de quelques repères dans le voisinage de Bâle (suite).

Entre les repères NF46 et $\odot 113$ se trouve un repère intermédiaire $\odot 113a$ déterminé dans la 2^{me} opération seulement.

$\odot 113a$ — NF46, distance $0,450$ ^{km}, différence de niveau $-0,035$ ^m; $\odot 113a$ r sur le couronnement de la pile du viaduc de chemin de fer sur la vallée de la Birsig, extrémité droite du côté de la gare du Central.

Entre les repères $\odot 113$ et $\odot 114$ se trouve un repère intermédiaire $\odot 114a$, déterminé dans la 2^{me} opération, mais par un nivellement fait à double, et dont les résultats s'accordent à 4 dixièmes de millimètre près.

$\odot 114a$ — $\odot 114$, distance $0,536$ ^{km}, différence de niveau $+5,064$ ^m; $\odot 114a$, r sur le couvercle d'une coulisse, à droite du chemin de fer de Bâle à St.-Louis, près du passage de la route de Burgfelden.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau entre deux repères consécutifs.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
B. Du pont sur le Rhin à la gare du chemin de fer badois (Raccordement avec le réseau badois).					
Exécuté par M. Benz, Octobre 1867.					
$\odot 5$ — NF39	$0,528$ ^{km}	$+ 5,274$ ^m	$+ 5,274$ ^m	$+ 5,274$ ^m	NF N° 39 r en bronze près du pont de Bâle (voyez ci-dessus page 104).
NF40 — $\odot 5$	$0,574$	$+ 2,085$	$+ 2,084$	$+ 2,085$	$\odot 5$ r municipal bâlois, sur le seuil de la porte latérale tournée vers le Sud de l'église de St.-Claire, dans le petit Bâle.
					NF N° 40 r en bronze scellé à l'angle Sud-Est du cordon de la tour, dans la gare du chemin badois.
NF40 — NF39	$1,102$	$+ 7,359$	$+ 7,358$	$+ 7,359$	

Nivellement¹ de Nyon à St.-Cergues, dans le Jura, et raccordement avec le repère français de La Cure, près les Rousses.

Exécuté par M. Schönholzer, Septembre 1865.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
De Nyon à St.-Cergues.			
⊙14 — NF12	km 1,142	+ m 39,195	NF N° 12 r en bronze scellé sur le mur du jardin de M. Dudan (ancienne douane à Nyon).
			⊙14 r sur le mur devant Martinet-dessus, à droite de la route. La hauteur des rails devant la fosse, près du passage à niveau, à l'entrée de la gare du côté de Genève, est à — 8 ^m ,530 au-dessous de ⊙14.
⊙15 — ⊙14	1,038	+ 22,418	⊙15 r sur une pierre à droite de la route, devant la maison Gander, à la Billitaz.
⊙16 — ⊙15	2,519	+ 58,307	⊙16 r sur une borne, à droite de la route, près du coude en deçà de Trélex.
⊙17 — ⊙16	0,932	+ 30,165	⊙17 r sur le couvercle de la deuxième source, à gauche de la route, un peu au delà de Trélex.
⊙18 — ⊙17	1,273	+ 65,297	⊙18 r sur une borne, au bord de la haie, à gauche de la route, à l'entrée de la forêt.
⊙19 — ⊙18	0,996	+ 59,862	⊙19 r sur une borne, à gauche de la route, portant les n° 7 et 8, un peu au delà de la croisée de la route de Gingins.
⊙20 — ⊙19	1,027	+ 56,029	⊙20 r sur une borne, à gauche de la route.
⊙21 — ⊙20	0,780	+ 56,693	⊙21 r sur une borne, à droite de la route.
⊙22 — ⊙21	0,995	+ 53,729	⊙22 r sur le rebord du bassin de la fontaine, à droite de la route.
⊙23 — ⊙22	0,473	+ 29,371	⊙23 r sur une borne, à droite de la route.
⊙24 — ⊙23	0,929	+ 57,030	⊙24 r sur une borne, à droite de la route.
⊙25 — ⊙24	1,477	+ 76,469	⊙25 r sur une borne, à droite de la route.
⊙26 — ⊙25	0,926	+ 45,115	⊙26 r sur une borne, à droite de la route, à l'entrée de St.-Cergues.
⊙27 — ⊙26	0,360	+ 15,575	⊙27 r sur la première marche du perron de la maison des péages, à St.-Cergues.
⊙27 — NF12	14,867	+ 665,255	
De St.-Cergues à La Cure (près les Rousses).			
⊙28 — ⊙27	1,197	+ 63,440	⊙28 r sur une borne, à gauche de la route, derrière la maison de Cheseaux.
⊙29 — ⊙28	0,821	+ 45,703	⊙29
⊙30 — ⊙29	1,346	+ 36,987	⊙30 r sur un rocher, à droite et à une distance de 10 ^m de la route.
⊙31 — ⊙30	0,982	+ 18,179	⊙31 r sur une borne, à gauche de la route, en face de la métairie « La Givrine. »
⊙32 — ⊙31	1,663	+ 22,306	⊙32 r sur un rocher, à droite de la route; ce repère est près du point culminant de la route.
⊙33 — ⊙32	0,332	— 10,628	⊙33 r sur un rocher, à droite de la route.
NF13 — ⊙33	1,262	— 55,565	NF N° 13 r en bronze scellé sur le cordon, à l'angle de la maison de MM. Jaget Stane, père et fils, à La Cure, près de la frontière française.
NF13 — ⊙27	7,603	+ 120,422	
NF13 — NF12	22,470	+ 785,677	
R. Fr ^a — NF13	0,366	— 11,811	R. Fr ^a r (français) scellé à l'angle de la maison de M. Bonnefoy, à 320 ^m de l'embranchement des routes de la Faucille et de St.-Cergues; ce repère porte la cote 1148 ^m ,91 dans le nivellement général de la France. (Tome II, p. 237.)

¹ Le résultat de ce nivellement n'avait pas été imprimé dans la 1^{re} livraison, bien qu'exécuté dans la 1^{re} campagne, en 1865, parce que l'opération n'avait été faite qu'une seule fois, et ne pouvait pas être contrôlée par la clôture d'un polygone. Maintenant que l'expérience des trois campagnes nous a montré, qu'il ne s'est rencontré nulle part dans les nivellements exécutés par nos ingénieurs des erreurs un peu considérables, et autres que celles qui peuvent résulter d'une compensation plus ou moins complète, sur un parcours un peu long, des petites erreurs accidentelles et inévitables, ou celles qui peuvent résulter de la variabilité des mires sur une différence considérable de niveau entre deux points, nous n'hésitons pas à le publier. Nous montrerons, du reste, plus loin que le raccordement avec le réseau français à La Cure, ne présente pas un écart plus grand que celui que l'on peut attendre, sur un point aussi élevé, de l'incertitude dans l'équation des mires employées, et des erreurs produites par la variabilité des mires.

§ XI.

Calcul de la compensation des erreurs dans le réseau de la Suisse occidentale.

Comme c'est la première fois que le problème de la compensation d'un réseau hypsométrique, obtenu par nivellement géométrique, est abordé, et que ce problème ne comporte pas, par suite des conditions inhérentes à l'opération, l'emploi de méthodes rigoureuses, nous sommes obligés d'entrer dans des développements un peu détaillés, pour expliquer et pour justifier la marche que nous avons suivie. Nous n'avons pas la prétention de donner ici une théorie générale pour ce genre de compensation ; notre but était simplement de faire accorder le mieux possible entre elles les données de l'observation, et nous croyons y être arrivés, grâce surtout à la petitesse des corrections dont il s'agit.

Le but que l'on se propose dans la compensation des erreurs d'un réseau hypsométrique, est de trouver pour chacun des côtés, qui entrent dans ce réseau, la correction qu'il faut apporter à la différence d'altitude trouvée directement par le nivellement entre ses deux extrémités, pour que tous les polygones, dont ce côté fait partie, se ferment exactement ; en outre, comme le nombre des équations, c'est-à-dire des polygones, est inférieur au nombre des inconnues, c'est-à-dire des côtés, il faut établir entre celles-ci de nouvelles relations par la condition que, dans chaque cas, la grandeur numérique de la correction soit proportionnelle à l'erreur probable dont la différence de niveau est affectée. Le degré d'exactitude avec lequel la différence de niveau entre deux repères a été obtenue, peut être évalué sans difficulté, et en laissant beaucoup moins de prise à l'arbitraire, lorsque l'opération sur une même section a été répétée plusieurs fois, parce que la comparaison de chaque résultat individuel avec la moyenne permet de calculer l'erreur probable de cette

dernière avec une assez grande approximation. Mais il n'en est pas de même lorsque, comme c'est le cas pour notre réseau, le nivellement n'a été exécuté qu'une seule fois sur la plupart des lignes; dans ce cas, l'exactitude relative avec laquelle le nivellement a été opéré sur les différentes lignes, ou bien, ce qui revient au même, l'erreur probable sur la différence de niveau entre deux repères, ne peut pas être déduite directement des observations elles-mêmes. Ce n'est que d'une façon indirecte que l'on peut arriver à l'évaluer, par la discussion des différentes causes d'erreur qui peuvent affecter une opération de ce genre, et en recherchant quelle peut avoir été l'influence probable de chacune de ces causes d'erreur dans chaque cas particulier.

Parmi les causes variées d'erreur, qui peuvent affecter une opération de nivellement, les unes rentrent dans la catégorie des erreurs ordinaires d'observation, telles sont les petites erreurs accidentelles commises par l'observateur dans la lecture de la mire, soit dans l'estimation de la position de chacun des fils du réticule entre deux traits consécutifs de l'échelle; cette erreur se représente naturellement à chaque coup de niveau, et si l'on désigne sa valeur moyenne par $\pm e$, l'erreur moyenne sur la différence de niveau entre deux repères consécutifs sera $\pm e \sqrt{n}$, n étant le nombre de coups de niveau. Si la portée des coups de niveau était toujours la même, on pourrait remplacer rigoureusement \sqrt{n} par \sqrt{k} , k étant la distance entre les deux repères; cette condition n'est pas, il est vrai, toujours remplie, attendu que dans les pentes un peu fortes la portée des coups de niveau doit être beaucoup diminuée; toutefois, la substitution de \sqrt{k} à \sqrt{n} peut se faire dans tous les cas sans inconvénient, parce que la grandeur apparente du centimètre augmente lorsque la mire est plus rapprochée, ce qui permet d'estimer plus exactement les fractions, d'où résulte une compensation avec le plus grand nombre de coups de niveau nécessaires pour parcourir la même distance.

Une seconde cause d'erreur provient des appareils, soit de l'instrument, soit de la mire; quant aux erreurs provenant de l'instrument, il

est permis d'en faire abstraction, d'une part, parce que l'influence des erreurs instrumentales est complètement éliminée, lorsque le nivellement se fait depuis le milieu des deux stations de la mire, condition qui a toujours été réalisée, sinon rigoureusement, du moins avec une faible différence; d'autre part, parce qu'il a été tenu compte de l'effet de la différence de distance entre les stations en arrière et les stations en avant, au moyen des erreurs instrumentales déterminées chaque jour, et le plus souvent deux fois par jour. La constance de ces erreurs instrumentales, d'un jour à l'autre, ne permet pas de supposer qu'elles aient varié pendant le courant des opérations de la journée, de telle façon que la légère correction apportée pour tenir compte de la différence des distances ne puisse être regardée comme suffisante pour remplacer l'exécution rigoureuse de la condition du nivellement depuis le milieu. Il n'en est pas de même des erreurs provenant de la mire; nous avons rapporté dans un paragraphe précédent les recherches qui avaient pour objet de déterminer la correction moyenne de chacune des mires; ces recherches nous ont amené à reconnaître, comme du reste il était facile de le supposer à priori, que, sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, la longueur absolue d'une mire varie dans de certaines limites, sans qu'il nous fût possible d'établir la relation directe qui existe entre l'allongement et le raccourcissement d'une mire et le degré de chaleur et d'humidité. Du reste, lors même que nous serions parvenus à établir cette relation, il aurait été impossible d'en faire l'application autrement que d'une façon approximative et passablement arbitraire, à défaut des données nécessaires pour évaluer dans chaque cas l'humidité et la température de la règle, ainsi qu'il l'a été dit plus haut à la page 85.

La variabilité des mires étant admise, il est évident qu'en appliquant à la différence de niveau h , entre deux repères consécutifs, la correction $C \times h$, C étant la correction moyenne de la mire, tandis que par suite des circonstances atmosphériques, ou autres, du moment où l'opération a été faite, la correction de la mire était différente, on introduit une erreur proportionnelle à la différence de niveau, soit $\pm m \times h$, $\pm m$ étant

l'écart sur la longueur de la mire. Comme une pareille erreur se reproduit sur toutes les sous-sections dont se compose le côté d'un polygone, sans que l'on doive s'attendre à ce qu'il se fasse une compensation d'un jour à l'autre, suivant le signe positif ou négatif de h , l'erreur totale sur la différence de niveau entre les deux extrémités d'un côté ne sera pas seulement proportionnelle à cette différence de niveau, elle dépendra des ondulations du terrain, des pentes et contre-pentes qui se sont trouvées sur le parcours, en un mot de l'inégalité du relief. Cette inégalité du relief peut être exprimée numériquement par la somme des différences de niveau entre deux repères consécutifs, somme prise en faisant abstraction du signe; on pourra représenter ainsi par $\pm m \Sigma \times h$ l'erreur probable, que la variabilité des mires introduira sur la différence de niveau entre les deux extrémités du côté d'un polygone.

Il existe enfin une troisième cause d'erreur, savoir les erreurs qui proviennent du porte-mire, et c'est un des inconvénients de ce genre d'opérations, que l'exactitude des résultats dépend jusqu'à un certain point du soin scrupuleux avec lequel un manoeuvre remplit les fonctions, fort simples du reste, dont il est chargé. On pourrait, il est vrai, s'affranchir de cette cause d'erreur, en remplaçant le porte-mire par un trépied dans lequel la mire est maintenue dans une position verticale, l'ingénieur se chargeant lui-même de l'ajustement vertical de la mire dans son trépied, de son retournement, etc. Un pareil trépied est mis à la disposition de nos ingénieurs, avec la recommandation de s'en servir toujours pour la détermination des erreurs instrumentales, et occasionnellement, lorsque le vent rendrait difficile de maintenir, à la main, les mires dans une position verticale; mais l'emploi constant du trépied allongerait tellement les opérations, qu'il est préférable d'employer un porte-mire, les erreurs à craindre étant fort peu considérables, pour peu que cet employé soit attentif et soigneux; nous avons heureusement rencontré ces qualités dans les hommes qui étaient chargés de cette besogne. Ces erreurs sont de deux sortes: en premier lieu, un déplacement du pied de la mire dans le retournement entre une station en avant et une station en arrière; la construc-

tion de nos mires réduit cette cause d'erreur à un minimum, on peut même dire à zéro, car elles se terminent par un éperon qui pivote dans un creux pratiqué dans une pesante plaque en fonte, qui est soigneusement assujettie par des cales. Le seul déplacement que l'on ait ainsi à redouter, est celui qui résulterait d'un accident; si, par exemple, pendant que l'ingénieur est occupé à installer l'instrument dans une nouvelle station, intervalle de repos pour le porte-mire, ce dernier heurtait du pied la plaque, de façon à la déplacer. Un pareil accident, qui aurait obligé l'ingénieur, s'il en avait été prévenu par le porte-mire, à revenir en arrière, et à recommencer l'opération depuis le dernier repère fixe (⊙), n'est pas mentionné une seule fois dans les carnets de nos ingénieurs pendant ces trois campagnes; il faut en conclure, ou bien que cet accident ne s'est pas présenté, ou bien, que dans un cas pareil le porte-mire ne s'en est pas aperçu, ou n'a pas été assez scrupuleux pour en avertir l'ingénieur. En second lieu, le porte-mire peut tenir la mire dans une position qui s'écarte de la verticale, bien qu'il lui soit prescrit d'avoir les yeux constamment fixés sur le niveau à boîte qui est adapté à la mire, et qui est vérifié tous les jours à l'aide du fil à plomb. L'ingénieur peut bien, au moyen du fil vertical du réticule, contrôler la verticalité de la mire dans un plan perpendiculaire au rayon visuel, mais il ne peut en aucune façon contrôler la verticalité dans le sens du rayon visuel, ou d'avant en arrière; et à cet égard il est obligé de s'en remettre entièrement au soin apporté par le porte-mire dans le maintien de la position verticale. Cette cause d'erreur est d'une importance minime pour chaque coup de niveau individuel, car elle équivaut à un raccourcissement de la mire dans le rapport du cosinus de l'angle, qu'elle fait avec la verticale, à l'unité, il faudrait par conséquent supposer une déviation très-forte pour que l'erreur fût sensible, même sur la longueur totale de la mire. Mais, d'un autre côté, cette cause d'erreur peut acquérir de l'importance par le fait, qu'elle n'est pas dans la catégorie de celles qui pouvant agir tantôt dans un sens, tantôt dans le sens opposé; tendent plus ou moins à se compenser; quelle que soit la direction dans laquelle

la mire s'écarte de la verticale, l'effet est le même et consiste dans un raccourcissement de la mire, qui peut donner lieu à une erreur sensible, si la différence de niveau entre deux repères est un peu forte, comme cela se présente souvent sur notre sol accidenté. Il est aisé de voir que cette cause d'erreur se confond avec celle qui provient de la variabilité des mires, puisqu'elles sont, l'une et l'autre, proportionnelles à la différence de niveau entre deux repères; seulement elle agit toujours dans le même sens, celui d'un raccourcissement, mais dans une proportion qui peut varier beaucoup suivant les circonstances. Car, dès que l'air est agité, et surtout lorsque le vent est un peu fort, il est beaucoup plus difficile de maintenir la mire dans la position verticale.

La discussion des différentes causes d'erreur, qui peuvent influencer dans une opération de nivellement, montre que l'erreur probable, dont est affectée la différence de niveau obtenue directement entre les deux extrémités du côté d'un polygone, dépend de la longueur de ce côté, si l'on a égard aux erreurs accidentelles d'observation, et de l'inégalité du relief, ou de la somme des différences de niveau entre deux repères consécutifs, si l'on a égard aux erreurs produites par la variabilité des mires¹. Comme il est impossible de connaître a priori l'importance relative de ces deux causes d'erreur, et par conséquent la part qui revient à chacune d'elles pour produire l'erreur totale, on est obligé d'évaluer séparément et successivement, par des rapports différents, l'exactitude relative des

¹ Il est évident qu'il n'est question ici que des erreurs inévitables, se rencontrant dans toute observation, et qui se représentent à un degré variable, il est vrai, à chaque coup de niveau; ces erreurs tendent, plus ou moins, à se compenser sur un parcours un peu considérable; il n'en serait pas de même pour des erreurs d'un autre genre, qui peuvent se présenter de loin en loin, mais dont la possibilité ne peut être niée, comme, par exemple, une erreur de lecture dans le chiffre des centimètres, ou bien une erreur d'écriture dans le chiffre porté sur le carnet, ou bien enfin un déplacement du pied de la mire pendant le retournement. Nous avons cherché à réduire à un minimum la possibilité de pareilles erreurs; les trois fils dont le réticule est pourvu, et pour lesquels la lecture se fait à chaque observation, fournissent à l'ingénieur un moyen de contrôler le chiffre des centimètres inscrits dans son carnet pour chaque fil, et il leur est expressément recommandé de ne pas déplacer l'instrument pour une nouvelle observation, avant d'avoir fait ce contrôle; il a été déjà question des précautions prises pour éviter le déplacement de la mire pendant le retournement.

côtés d'un même polygone, selon que l'on a égard aux erreurs accidentelles, ou bien à celles qui proviennent de la mire, c'est-à-dire selon que l'on suppose l'erreur proportionnelle à la racine carrée de la longueur du côté, ou à l'inégalité du relief. Ces procédés d'évaluation de l'exactitude relative des côtés d'un polygone, par l'un ou par l'autre de ces rapports, ne peuvent du reste être considérés que comme une première approximation, et c'est à défaut de données plus précises sur les erreurs réelles, que l'on est obligé de supposer la même compensation des petites erreurs accidentelles, ou la même variabilité des mires, sur deux côtés nivelés à différentes époques, ou par différents observateurs opérant avec des instruments différents, enfin dans des circonstances atmosphériques souvent très-différentes. Il résulte, au contraire, comme on le verra plus loin, de la grande inégalité dans l'erreur de clôture des différents polygones, et aussi de la comparaison entre les deux valeurs obtenues sur les lignes nivelées à double, que le rapport de l'erreur commise à la racine carrée de la longueur du parcours, ou au chiffre représentant l'inégalité du relief, bien loin de rester constant, varie dans des limites assez considérables. On peut en citer comme exemple la double opération sur la ligne Bienne-Berne, où les deux résultats diffèrent beaucoup plus que sur toutes les autres lignes nivelées à double, quoique la différence entre les deux opérations soit partout très-faible entre deux repères consécutifs; mais elle est presque toujours dans le même sens, de manière à produire un écart notable d'une extrémité à l'autre.

Chacun des polygones, que l'on peut former par la combinaison des différents côtés du réseau, doit se fermer exactement; il donne par conséquent une équation de condition, dans laquelle la somme algébrique des erreurs commises sur chacun des côtés est égale à l'erreur de clôture du polygone. Cette équation ne renfermera plus qu'une seule inconnue, si l'on suppose la grandeur de l'erreur commise sur chaque côté proportionnelle à la racine carrée de sa longueur, ou bien proportionnelle à l'inégalité du relief; mais pour qu'elle puisse être résolue, il faut encore écarter l'indétermination qui résulte du double signe \pm précédant chaque erreur.

Il n'y a, en effet, pas de raison pour admettre, à priori, que l'erreur réellement commise sur la différence de niveau entre deux points ait eu lieu dans un sens, plutôt que dans le sens contraire, quelles que soient les causes auxquelles on l'attribue; par conséquent, les erreurs sur les différents côtés se présenteront sous la forme

$$\pm e \sqrt{k}, \pm e \sqrt{k'}, \pm e \sqrt{k''}, \text{ etc.};$$

ou

$$\pm m \Sigma h, \pm m \Sigma h', \pm m \Sigma h'', \text{ etc.}$$

Si P est l'erreur de clôture du polygone, formée par la somme des erreurs sur tous les côtés, on a

$$e = \frac{P}{\pm \sqrt{k} \pm \sqrt{k'} \pm \sqrt{k''} \pm \text{etc.}}$$

et

$$m = \frac{P}{\pm \Sigma h \pm \Sigma h' \pm \Sigma h'' \pm \text{etc.}},$$

donc impossibilité, par suite de cette indétermination, de calculer e ou m . On peut, il est vrai, faire

$$\pm \sqrt{k}, \pm \sqrt{k'}, \pm \sqrt{k''}, \pm \text{etc.} = \pm \sqrt{k+k'+k''+\text{etc.}},$$

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

Sous cette forme, il est possible de calculer numériquement des valeurs de e et de m , mais alors, quel que soit le signe de P, elles se présentent avec le signe \pm , et par conséquent, l'erreur sur chaque côté conservant également le double signe \pm , l'indétermination subsiste.

Cette indétermination est écartée, si on donne le signe + à tous les termes qui forment le dénominateur dans les expressions ci-dessus, c'est-à-dire, si l'on suppose que l'erreur de clôture d'un polygone soit égale à la somme arithmétique, et non à la somme algébrique, des erreurs commises sur les différents côtés; ou, ce qui revient au même, si on suppose que, dans tout le parcours d'un polygone, les erreurs provenant, soit des petites erreurs accidentelles de l'opération, soit de la variabilité des mires, aient constamment agi dans le même sens. Il est facile de

voir que cette hypothèse revient à admettre, que la somme des carrés des erreurs sur les différents côtés est un minimum; en effet, si on pose :

$$e^2 (k + k' + k'' + \text{etc.}) = \text{minimum,}$$

ou

$$m^2 \{ (\Sigma h)^2 + (\Sigma h')^2 + (\Sigma h'')^2 + \text{etc.} \} = \text{minimum.}$$

cette condition ne peut être remplie que si e^2 , et par conséquent e , est un minimum, ou si m^2 , et par conséquent m , est un minimum.

Pour que e , ou bien m , soit un minimum, il faut que le dénominateur de l'expression qui donne e , ou bien m , soit un maximum, c'est-à-dire que tous les termes soient pris avec le signe +; car :

$$+ \sqrt{k} + \sqrt{k'} + \sqrt{k''} + \text{etc.} = + \sqrt{k+k'+k''+\text{etc.} + 2(\sqrt{kk'} + \sqrt{kk''} + \sqrt{k'k''} + \text{etc.})}$$

tandis que

$$\pm \sqrt{k} \pm \sqrt{k'} \pm \sqrt{k''} \pm \text{etc.} = \pm \sqrt{k+k'+k''+\text{etc.}}$$

quantité évidemment plus petite que la précédente.

On a de même

$$+ \Sigma h + \Sigma h' + \Sigma h'' + \text{etc.} = + \sqrt{(\Sigma h)^2 + (\Sigma h')^2 + (\Sigma h'')^2 + \text{etc.} + 2(\Sigma h \cdot \Sigma h' + \Sigma h \cdot \Sigma h'' + \Sigma h' \cdot \Sigma h'' + \text{etc.})}$$

tandis que

$$\pm \Sigma h \pm \Sigma h' \pm \Sigma h'' \pm \text{etc.} = \pm \sqrt{(\Sigma h)^2 + (\Sigma h')^2 + (\Sigma h'')^2 + \text{etc.}}$$

Il est évident que cette supposition doit, dans bien des cas, s'écarter de la vérité; il est impossible d'admettre, que l'erreur ait toujours été commise dans le même sens sur tout le parcours du polygone, et qu'il faille appliquer une correction de même signe à chacun des côtés; néanmoins, cette supposition est nécessaire, pour que la résolution de l'équation soit possible, et, d'ailleurs, les erreurs auxquelles elle peut donner lieu sont éliminées par la combinaison des polygones formant le réseau.

En désignant, comme précédemment, par P l'erreur de clôture d'un polygone, et par $\Sigma \sqrt{k}$ la somme $\sqrt{k} + \sqrt{k'} + \sqrt{k''} + \text{etc.}$, on obtient pour la correction à apporter à chacun d'eux : $\frac{P\sqrt{k}}{\Sigma \sqrt{k}}$, $\frac{P\sqrt{k'}}{\Sigma \sqrt{k}}$, $\frac{P\sqrt{k''}}{\Sigma \sqrt{k}}$, etc.,

si l'on suppose l'exactitude relative des différents côtés proportionnelle à la racine carrée de leur longueur, c'est-à-dire, si l'on n'a égard qu'aux erreurs accidentelles; on obtient une seconde valeur pour ces corrections, si l'on suppose l'exactitude relative des différents côtés proportionnelle au relief, c'est-à-dire, si l'on n'a égard qu'aux erreurs dues à la variabilité des mires, les corrections sont alors: $\frac{P \Sigma h}{\Sigma H}$, $\frac{P \Sigma k}{\Sigma H}$, $\frac{P \Sigma k''}{\Sigma H}$, etc., ΣH étant mis pour $\Sigma h + \Sigma h' + \Sigma h'' +$ etc. Si les accidents du relief sont peu différents dans les différentes parties du polygone, la valeur de la correction obtenue par l'un, ou par l'autre de ces rapports, sera, à peu de chose près, la même pour chacun des côtés, il n'en serait pas de même si le relief était beaucoup plus accidenté sur une partie du parcours que sur l'autre. En opérant de même sur tous les polygones qui peuvent être formés par la combinaison des lignes nivelées, chacun des polygones, dont un côté fait partie, donne pour ce côté une double valeur de la correction, qui doit lui être appliquée. Toutes les valeurs ainsi obtenues pour la correction à appliquer à tel côté, en particulier, diffèrent les unes des autres, soit parce que le procédé d'évaluation de l'exactitude relative des différents côtés, qu'elle ait lieu par l'un ou par l'autre des rapports adoptés, n'est qu'une approximation résultant de la probabilité des erreurs, soit parce que, dans chaque polygone, on a supposé l'erreur de clôture égale à la somme arithmétique, et non à la somme algébrique des erreurs. Pour en déduire la valeur probable de la correction, ce n'est pas la moyenne arithmétique de toutes ces valeurs que l'on peut prendre, parce qu'il est impossible d'attribuer le même poids à chacune d'elles; il est évident que, lorsque le même côté fait partie de polygones pour lesquels l'erreur de clôture est très-faible, la correction tirée de la résolution de ces polygones doit être considérée comme plus exacte que celle résultant d'autres polygones, dans lesquelles l'erreur de clôture plus considérable peut être attribuée, selon toute probabilité, à une moins grande exactitude des côtés qui sont entrés dans cette nouvelle combinaison. On est ainsi appelé à attribuer à chaque polygone, ou plu-

tôt à la correction sur un côté tiré de la résolution de ce polygone, un poids inversement proportionnel au carré du chiffre représentant l'exactitude relative de ce polygone, c'est-à-dire au carré de $\frac{P}{\sqrt{K}}$, K étant

le périmètre du polygone, ou au carré de $\frac{P}{\Sigma H}$, suivant que la correction a été déduite de l'un, ou de l'autre, des deux rapports par lesquels on a évalué l'exactitude relative des différents côtés. On obtient de cette façon la moyenne probable de la correction qu'il faut apporter à chaque côté, et par la comparaison de chaque valeur individuelle avec cette moyenne, en ayant égard aux poids, l'erreur moyenne de la correction ainsi trouvée.

Sur quelques-unes des lignes du réseau, le nivellement a été fait à double; il a fallu, par conséquent, tenir compte de cette circonstance qui introduit, par l'accord plus ou moins grand entre les deux opérations, une nouvelle équation de condition pour un côté nivelé à double, relativement à ceux pour lesquels l'opération a été faite une seule fois. Pour introduire cette équation de condition, il suffit de considérer tout côté nivelé à double comme un polygone distinct, dont l'erreur de clôture est la différence entre le résultat obtenu dans les deux opérations, faites presque toujours en sens inverse l'un de l'autre.

Un pareil polygone, dans lequel il n'entre qu'un seul côté, donne naturellement une correction nulle pour ce côté, puisque l'on a pris dans ce cas, pour la différence de hauteur entre les deux extrémités, la moyenne arithmétique des deux opérations, qui, prise alternativement avec un signe, et avec le signe contraire, satisfait à la condition de fermeture du polygone; cette correction nulle est affectée d'un poids inversement proportionnel au carré de $\frac{D}{\sqrt{2k}}$, D étant la différence entre les deux opérations, ou au carré de $\frac{D}{2 \Sigma h}$, suivant que l'exactitude relative d'un côté est supposée dépendre de la distance, ou de l'inégalité du relief. Sur la ligne Neuchâtel-Bienne, pour laquelle les deux opérations faites à différentes époques, par des ingénieurs différents et avec des instruments

différents, ont donné identiquement la même différence de niveau entre les deux extrémités, la correction 0 résultant de la moyenne de cette double opération a un poids infiniment grand; nous avons dû, par conséquent, conserver pour ce côté la valeur directement trouvée par l'observation, sans lui attribuer aucune part dans la répartition des erreurs.

Après avoir ainsi obtenu, pour chacun des côtés du réseau, la correction probable, qui, d'après cette première approximation, doit être appliquée aux chiffres fournis par l'observation, la substitution des valeurs corrigées dans les différents polygones montrera si les erreurs de clôture sont sensiblement diminuées, et si, par conséquent, la répartition des erreurs faites selon les lois de la probabilité, avec les données dont on peut disposer, se rapproche de la répartition des erreurs réellement commises; car, d'après ce qui a été dit, il est impossible de s'attendre à ce que les polygones se ferment exactement avec les valeurs fournies par cette première approximation. Mais, dans une seconde approximation, on a, pour évaluer l'exactitude relative que l'on peut attribuer aux différents côtés d'un polygone, un critère beaucoup plus précis que celui dont on pouvait disposer dans la première approximation; en effet, l'erreur moyenne, dont est affectée la correction, et qui résulte de l'accord plus ou moins grand entre les valeurs fournies par tous les polygones, dont ce côté fait partie, peut être considérée comme exprimant très-approximativement l'exactitude de cette correction, et par conséquent celle du côté corrigé. L'erreur de clôture d'un polygone peut ainsi être répartie entre les différents côtés d'une manière plus sûre que dans la première approximation; mais, de même que dans celle-ci, on est obligé de recourir à la supposition, que l'erreur de clôture est égale à la somme arithmétique, et non à la somme algébrique des erreurs sur les côtés qui le forment. Si l'on désigne, par conséquent, par $\pm E$, $\pm E'$, $\pm E''$, etc., l'erreur moyenne, qui affecte la correction obtenue pour chaque côté d'un polygone dans la première approximation, et par P' la nouvelle erreur de clôture, la correction sur chacun des côtés sera $\frac{P \cdot E^2}{\Sigma E^2}$, $\frac{P \cdot E'^2}{\Sigma E^2}$, $\frac{P \cdot E''^2}{\Sigma E^2}$ etc.

On obtiendra ainsi, pour chaque côté, autant de valeurs de la correction qu'il y a de polygones dont il fait partie, et on calculera comme précédemment la moyenne probable de la correction, en ayant égard aux poids que l'on peut attribuer à chaque polygone, en raison du rapport entre l'erreur de clôture, le périmètre, ou l'inégalité du relief. On peut aussi déduire le poids, qu'il faut attribuer à chaque polygone, du rapport qui existe entre l'erreur de clôture, et la racine carrée de la somme des carrés des erreurs de tous les côtés.

Cette seconde approximation doit, à moins de circonstances spéciales, fournir des corrections qui amèneront une clôture presque complète de tous les polygones, comme cela est arrivé pour notre grand réseau; les faibles erreurs, qui pourraient encore subsister, seront facilement éliminées dans une troisième approximation. Il est cependant un cas, dans lequel la méthode indiquée peut se trouver en défaut, et dans lequel on ne parvient pas à diminuer les erreurs dans les approximations successives; c'est le cas où, sur deux côtés, du réseau, il aurait été commis une erreur assez considérable, relativement à celles commises sur les autres côtés, et dont le sens serait tel, que ces erreurs se compensent presque complètement dans tout polygone où ces deux côtés entrent à la fois. La possibilité qu'un pareil cas se rencontre n'est pas purement hypothétique, car nous en avons eu un exemple dans la compensation d'une partie du réseau, celui du Jura Neuchâtelois, et un simple coup d'œil sur les erreurs de clôture des différents polygones suffit pour le mettre en évidence. On voit, en effet, dans un cas pareil, que tous les polygones, dans lesquels tel, ou tel côté, entre isolément, donnent une erreur de clôture assez notable, tandis que cette erreur devient très-faible dans les polygones, dans lesquels ils entrent tous les deux. La méthode est, dans ce cas, en défaut, parce que la résolution de l'équation de condition d'un polygone a lieu en vertu de l'hypothèse, que la somme des carrés des erreurs sur les côtés est un minimum; elle sera donc complètement fautive, si une très-petite erreur de clôture résulte de la somme algébrique de deux erreurs très-fortes, mais de signe

contraire, tandis que la méthode suppose la somme arithmétique de deux erreurs très-faibles, et de même signe. Il faut, en pareille circonstance, recourir à une autre méthode de compensation, dans laquelle on ne fait pas intervenir tous les polygones, qui peuvent être formés par les différents côtés du réseau, ainsi que nous le montrerons dans la compensation du réseau du Jura, que nous avons traité séparément.

Après avoir exposé la méthode que nous avons suivie dans la compensation des erreurs du réseau de la Suisse occidentale, il nous reste à indiquer les résultats obtenus; mais nous donnerons d'abord la récapitulation des différences de niveau d'un repère fondamental à l'autre. Cette récapitulation est nécessaire, d'une part, pour rétablir les chiffres obtenus avec la correction définitive des mires sur les lignes, dont le nivellement a été publié dans la première livraison; d'autre part, pour indiquer les fractions de millimètre, qui sont supprimées dans les tableaux, mais dont il a été tenu compte dans les calculs de compensation. Dans le tableau suivant, nous avons conservé les résultats des deux opérations sur les lignes nivelées à double, en inscrivant dans une troisième colonne leur moyenne, et, à la suite, l'erreur moyenne de cette moyenne; sur les lignes nivelées une seule fois, le résultat est inscrit dans la colonne intitulée « moyenne. »

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Erreur moyenne.			
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.				
NF11 (Coppet) — R. Pierre du Niton (Genève)	14,539	+	3,624.3	+	3,623.2	+	3,623.75	± 0,55
NF12 (Nyon) — NF11 (Coppet)	8,718	—	2,274.6	—	2,277.5	—	2,276.05	1,45
NF14 (Rolle) — NF12 (Nyon)	11,356	+	0,172.	+	0,168.	+	0,170.	2,00
NF15 (Morges) — NF14 (Rolle)	15,217	+	0,499.9	+	0,504.4	+	0,502.15	2,25
NF15 (Morges) — R. Pierre du Niton (Genève)	49,830	+	2,021.6	+	2,018.1	+	2,019.85	1,75
⊙65 (Cossonay) — NF15 (Morges)	12,700					+	186,880.1	
⊙70 (La Sarraz) — ⊙65 (Cossonay)	5,505					—	63,435.5	
⊙78 (Chavornay) — ⊙70 (La Sarraz)	9,758					—	51,651.8	
NF16 (Yverdon) — ⊙78 (Chavornay)	11,860					—	11,815.7	
⊙96 (Bevaix) — NF16 (Yverdon)	23,926					+	55,423.1	
NF10 (Auvènier) — ⊙96 (Bevaix)	7,853					+	2,037.6	
⊙3 (Neuchâtel) — NF10 (Auvènier)	4,858					—	13,645.3	
NF1 (Neuchâtel) — ⊙3 (Neuchâtel)	0,920	—	44,826.2	—	44,829.1	—	44,827.6	1,45
⊙b (Sugy) — NF1 (Neuchâtel)	21,059					—	1,744.7	
NF17 (Morat) — ⊙b (Sugy)	5,438					+	21,369.8	
NF18 (Fribourg) — NF17 (Morat)	16,708					+	133,979.5	
NF19 (Romont) — NF18 (Fribourg)	27,147					+	193,931.7	
NF20 (Rüe) — NF19 (Romont)	11,931					—	113,938.5	
⊙76 (Savigny) — NF20 (Rüe)	15,776					+	167,705.9	
NF23 (Lausanne) — ⊙76 (Savigny)	9,326					—	293,826.0	
NF15 (Morges) — NF23 (Lausanne)	11,850					—	166,453.1	
⊙51 (Pierrabot) — ⊙3 (Neuchâtel)	2,156	+	144,576.4	+	144,574.4	+	144,575.4	1,00
NF3 (Chaumont) — ⊙51 (Pierrabot)	6,170	+	547,574.7	+	547,575.7	+	547,575.2	0,50
⊙17 (Chufford) — NF3 (Chaumont)	8,489					+	54,131.3	
NF4 (Chasseral) — ⊙17 (Chufford)	7,139	+	379,923.9	+	379,884.9	+	379,904.4	19,5
NF5 (Paquier) — ⊙17 (Chufford)	3,569	—	328,174.1	—	328,213.1	—	328,193.6	19,5
⊙43 (Dombresson) — NF5 (Paquier)	4,623	—	157,667.9	—	157,675.9	—	157,671.9	4,0
⊙51 (Pierrabot) — ⊙43 (Dombresson)	11,482					—	115,856.0	
⊙5 (Sommet du Col) — NF5 (Paquier)	4,147					+	223,604.7	
NF6 (St.-Imier) — ⊙5 (Sommet du Col)	5,190					—	309,866.0	
⊙18 (Cibourg) — NF6 (St.-Imier)	8,743					+	262,572.3	
NF7 (Chaux-de-Fonds) — ⊙18 (Cibourg)	6,686					—	84,923.7	
⊙41 (Vue des Alpes) — NF7 (Chaux-de-Fonds)	7,051					+	296,398.0	
⊙53 (Embranch. Val-de-Ruz et Valengin) — ⊙41 (Vue des Alpes)	10,761					—	596,679.1	
⊙51 (Pierrabot) — ⊙53 (Embranchement routes)	1,905	—	64,644.0	—	64,638.2	—	64,641.1	2,9
NF8 (Locle) — NF7 (Chaux-de-Fonds)	8,619	—	66,425.6	—	66,418.7	—	66,422.1	3,45
NF9 (Morteau) — NF8 (Locle)	14,644	—	149,921.6	—	149,936.6	—	149,929.1	7,5
NF21 (Biemme) — NF1 (Neuchâtel)	30,932	+	4,834.0	+	4,834.0	+	4,834.0	0,0
NF26 (Berne-Gare) — NF18 (Fribourg)	31,398	—	47,275.75	—	47,286.7	—	47,281.2	5,5
NF24 (Aarberg) — NF21 (Biemme)	14,497	+	15,820.0	+	15,850.4	+	15,835.2	15,2
NF26 (Berne-Gare) — NF24 (Aarberg)	25,585	+	85,631.4	+	85,651.5	+	85,641.5	10,05
NF22 (Sonceboz) — NF21 (Biemme)	13,344	+	213,324.25	+	213,319.15	+	213,321.7	2,55
NF6 (St.-Imier) — NF22 (Sonceboz)	15,435	+	158,448.3	+	158,460.9	+	158,454.6	6,3
NF27 (Berthoud) — NF26 (Berne)	21,669					+	5,750.55	

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Erreur moyenne.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
	km	m	m	m	± mm
NF28 (Herzogenbuchsee) — NF27 (Berthoud) . .	18,805			— 54,593.2	
NF29 (Langenthal) — NF28 (Herzogenbuchsee) .	8,951			— 11,220.95	
NF30 (Aarburg) — NF29 (Langenthal)	17,581			— 83,179.35	
NF31 (Olten) — NF30 (Aarburg)	3,766			— 0,783.25	
NF32 (Aarau) — NF31 (Olten)	12,914			— 7,899.4	
NF35 (Brugg) — NF32 (Aarau)	19,399			— 37,878.3	
⊙80 (Bötzingen) — NF35 (Brugg)	5,497			+ 219,168.7	
NF36 (Frick) — ⊙80 (Bötzingen)	10,130			— 225,438.45	
NF37 (Stein) — NF36 (Frick)	6,722			— 47,867.1	
NF38 (Rheinfelden) — NF37 (Stein)	12,597			— 23,706.85	
NF39 (Bâle, pont) — NF38 (Rheinfelden)	17,316			— 23,699.5	
⊙3 (Sommet-Col, Pierre-Pertuis) — NF22 (Son- ceboz)	2,079			+ 174,628.2	
NF42 (Tavannes) — ⊙3 (Sommet-Col)	1,544			— 69,855.4	
NF43 (Moutier) — NF42 (Tavannes)	18,197			— 226,348.95	
NF44 (Délémont) — NF43 (Moutier)	13,336			— 103,210.4	
NF45 (Laufen) — NF44 (Délémont)	17,251			— 71,770.7	
NF46 (Bâle, gare Central) — NF45 (Laufen) . .	23,226			— 76,738.25	
NF39 (Bâle, pont) — NF46 (Bâle, gare Central) .	2,080	— 29,786.2	— 29,785.9	— 29,786.05	0,15
⊙112 (Bâle, porte St.-Alban) — NF46 (Bâle, gare Central)	1,245			— 8,903.35	
NF41 (Saint-Louis) — NF46 (Bâle, gare Central)	5,670	— 25,110.3	— 25,103.3	— 25,106.8	3,5
NF40 (Bâle, gare badoise) — NF39 (Bâle, pont) .	1,120	+ 7,359.2	+ 7,357.9	+ 7,358.55	0,65
⊙112 (Bâle, porte St.-Alban) — NF39 (Bâle, pont)	1,598			+ 20,804.4	

Le réseau de la Suisse occidentale peut être décomposé en deux parties, dont la première est formée par l'espace compris entre les lignes menées de Morges à Bâle, et passant, l'une par Neuchâtel, Bienne, Sonceboz et le val de Moutiers, l'autre, par Fribourg, Berne, Olten, Aarau, Brugg et Rheinfelden; les deux lignes transversales Neuchâtel-Fribourg et Bienne-Berne partagent cet espace de façon à donner lieu, par les différentes combinaisons des côtés entre eux, à la formation de six polygones; de plus, ce réseau est relié au repère de la Pierre du Niton, qui sert de point de départ, par la double opération exécutée entre Genève et Morges. La seconde partie est le réseau du Jura neuchâtelois, qui ne se rattache au précédent que par le côté commun Neuchâtel-Bienne, et qui est formé par les lignes nivelées le long de la crête du Jura, jusqu'au sommet du Chasseral, puis de Neuchâtel à St-Imier, par le Val-de-Ruz d'une part, par le col de la Vue des Alpes et La Chaux-de-Fonds d'autre part, enfin de St-Imier à Bienne. Il nous a paru préférable de traiter séparément ces deux parties dans le calcul de la compensation des erreurs, et cela pour les raisons suivantes: en premier lieu, la différence de niveau entre Bienne et Neuchâtel, les deux extrémités du côté commun, est donnée par deux opérations dont le résultat est identiquement le même; il n'y a ainsi pas lieu d'appliquer une correction sur ce côté, et cette circonstance écarte le motif principal que l'on pourrait avoir pour réunir les deux parties du réseau, savoir de déterminer plus exactement la correction sur ce côté par la combinaison des polygones situés à l'Ouest et à l'Est de cette ligne. En second lieu, il était à prévoir que, sur plusieurs des lignes nivelées dans le Jura neuchâtelois, il se rencontrerait des erreurs plus fortes que sur les autres lignes, par suite des pentes beaucoup plus fortes, et de la nature défavorable des routes et du terrain, ce qui s'est réalisé en effet; nous devons ainsi éviter de réunir ces deux parties, auxquelles on ne pouvait pas attribuer le même degré d'exactitude.

Si nous commençons par le premier des réseaux indiqués, les côtés qui figurent dans les différents polygones sont, en conservant les notations indiquées précédemment, et en mentionnant que l'unité de k , ou

de la longueur du côté, est le kilomètre, et l'unité de Σh , ou du chiffre qui représente l'inégalité du relief, une hauteur de 100 mètres :

	Différence de niveau.	Longueur k	\sqrt{k}	Σh
NF1 (Neuchâtel) — NF15 (Morges)	+ 58,964.9 ^m	77,4 ^{km}	8,8	6,6
NF18 (Fribourg) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	+ 153,604.6	43,2	6,6	4,8
NF15 (Morges) — NF18 (Fribourg)	- 212,580.0	76,0	8,7	15,0
NF21 (Bienne) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	+ 4,834.0	30,9	5,6	0,5
NF26 (Berne) — NF1 (Bienne)	+ 101,476.7	40,1	6,3	3,8
NF18 (Fribourg) — NF26 (Berne)	+ 47,281.2	31,4	5,6	1,9
NF22 (Sonceboz) — NF21 (Bienne)	+ 213,321.7	13,3	3,7	2,2
NF39 (Bâle, pont) — NF22 (Sonceboz)	- 403,081.6	77,7	8,8	8,1
NF26 (Berne) — NF39 (Bâle, pont)	+ 291,347.1	155,3	12,5	15,5

Les six polygones, que l'on peut former avec ces côtés, sont les suivants :

	Erreur de clôture. P	\sqrt{K}	ΣH
1) Morges-Neuchâtel-Fribourg-Morges	+ 10,5 ^{mm}	14,0	26,4
2) Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Neuchâtel	+ 12,7	12,1	11,0
3) Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Bienne	- 110,5	16,9	29,6
4) Morges-Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Morges	+ 23,2	16,0	27,8
5) Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Neuchâtel	- 97,8	18,8	33,0
6) Morges-Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Morges	- 87,3	21,5	49,8

A ces six polygones viennent se joindre ceux formés par un seul côté, mais pour lequel la différence de niveau a été obtenue par une double opération.

7) Neuchâtel-Bienne-Neuchâtel	0	7,9	1,0
8) Berne-Fribourg-Berne	11,0	7,9	3,9
9) Bienne-Sonceboz-Bienne	5,1	5,2	4,4
10) Bienne-Berne-Bienne	50,5	9,0	7,6

En opérant sur ces données, ainsi qu'il a été exposé, et sans entrer naturellement dans les détails du calcul, on obtient pour résultat de la première approximation les corrections suivantes, ainsi que l'erreur moyenne $\pm E$ que l'on peut attribuer à chaque correction, d'après l'accord entre les valeurs fournies par les différents polygones.

	Correction.	Erreur moyenne.	Différence de niveau corrigée.
	mm	mm	m
NF1 (Neuchâtel, Môle) — NF15 (Morges)	+ 3,2	± 1,6	+ 58,968. 1
NF18 (Fribourg) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	+ 1,2	± 1,7	+ 153,605. 8
NF15 (Morges) — NF18 (Fribourg) . . .	+ 4,3	± 2,8	- 212,575. 7
NF21 (Bienne) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	0	± 0,0	+ 4,834. 0
NF26 (Berne) — NF21 (Bienne)	+ 4,4	± 0,9	+ 101,481. 1
NF18 (Fribourg) — NF26 (Berne)	+ 1,2	± 1,1	+ 47,282. 4
NF22 (Sonceboz) — NF21 (Bienne)	- 1,5	± 1,1	+ 213,320. 2
NF39 (Bâle, pont) — NF22 (Sonceboz)	- 20,4	± 3,0	- 403,102. 0
NF26 (Berne) — NF39 (Bâle, pont)	- 32,0	± 5,1	+ 291,315. 1

Les corrections fournies par cette première approximation ne suffisent pas, comme on pouvait s'y attendre, pour amener la clôture exacte de tous les polygones, cependant les erreurs sont notablement diminuées avec les nouvelles valeurs, car l'on a :

Polygones.	Erreur de clôture. P'
	mm
1) Morges-Neuchâtel-Fribourg-Morges	+ 1,8
2) Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Neuchâtel	+ 8,3
3) Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Bienne	- 52,2
4) Morges-Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Morges	+ 10,1
5) Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Neuchâtel	- 43,9
6) Morges-Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Morges	- 42,1

Il y a donc lieu de procéder à une seconde approximation, dans laquelle on prend, ainsi qu'il a été dit, pour mesure de l'exactitude des différents côtés, l'erreur moyenne de la correction obtenue dans la première approximation, et dans laquelle on ne fait naturellement pas entrer les polygones résultant du double nivellement exécuté sur un côté. Cette seconde approximation donne pour les différents côtés les corrections suivantes :

	Correction.	Erreur moyenne.	Différence de niveau corrigée.
	mm	mm	m
NF1 (Neuchâtel, Môle) — NF15 (Morges)	+ 0,4	± 0,28	+ 58,968. 5
NF18 (Fribourg) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	+ 0,3	± 0,44	+ 153,606. 1
NF15 (Morges) — NF18 (Fribourg)	+ 1,2	± 0,84	- 212,574. 5
NF21 (Bienne) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	0	± 0,00	+ 4,834. 0
NF26 (Berne) — NF21 (Bienne)	+ 0,8	± 0,23	+ 101,481. 9
NF18 (Fribourg) — NF26 (Berne)	+ 0,9	± 0,55	+ 47,283. 3
NF22 (Sonceboz) — NF21 (Bienne)	- 1,2	± 0,21	+ 213,319. 0
NF39 (Bâle, pont) — NF22 (Sonceboz)	- 9,3	± 1,24	- 403,111. 3
NF26 (Berne) — NF39 (Bâle, pont)	- 26,7	± 3,56	+ 291,288. 4

Avec ces nouvelles valeurs les erreurs de clôture des différents polygones sont réduites à :

Polygones.	Erreur de clôture. P ^r
1) Morges-Neuchâtel-Fribourg-Morges	— 0,1 ^{mm}
2) Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Neuchâtel	+ 6,9
3) Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Bienne.	— 14,2
4) Morges-Neuchâtel-Bienne-Berne-Fribourg-Morges	+ 6,8
5) Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Neuchâtel	— 7,3
6) Morges-Neuchâtel-Bienne-Sonceboz-Bâle-Berne-Fribourg-Morges	— 7,4

Ainsi, le polygone 1) se ferme pour ainsi dire exactement, et par conséquent les différences de niveau entre les trois points Morges, Neuchâtel et Fribourg peuvent être regardées comme exactes, et ne requérant pas de corrections ultérieures; par suite, les polygones 2) et 4) deviennent identiques, puisqu'il est indifférent de partir de l'un des trois points; de même aussi, les polygones 5) et 6) se confondent.

Il est de plus, facile d'indiquer quels sont les côtés sur lesquels doit porter la correction nécessaire pour amener la clôture de tous les polygones; en effet, dans les polygones 2) et 4) la correction ne peut porter que sur l'un des deux côtés Bienne-Berne, ou Berne-Fribourg, la hauteur relative de Morges, Neuchâtel, Bienne et Fribourg n'étant plus susceptible d'être modifiée. Mais on reconnaît aussi, que l'erreur ne peut provenir que du côté Bienne-Berne, et que la différence de niveau entre Berne et Bienne doit être augmentée de 6^{mm},85, celle entre Fribourg et Berne n'étant pas changée. En effet, l'erreur de clôture des polygones 2) et 4) donne, pour la différence de niveau entre Fribourg et Berne, une correction de signe opposée à celle qui résulte des polygones 5) et 6), il y a donc une très-grande probabilité que ces erreurs ne proviennent pas de la valeur obtenue pour la différence de niveau entre ces deux points; d'un autre côté, la clôture du polygone 5), aussi bien que des polygones 2) et 4) exige que la différence de niveau entre Berne et Bienne soit augmentée, et même dans le polygone 3), les corrections à apporter sur les côtés Sonceboz-Bâle et Bâle-Berne sont réduites à un minimum, si la différence de niveau entre Berne et Bienne est augmentée de +6^{mm},85,

c'est-à-dire portée à $+101^m,488.8$. La hauteur relative de Berne, Bienne, Neuchâtel, Fribourg et Morges étant ainsi déterminée, de façon que, pour tous les polygones formés par la combinaison de ces 5 points, la condition de clôture soit satisfaite, il ne reste plus que les polygones 5), 5) et 6) qui ne se ferment pas exactement; et avec la nouvelle valeur du côté Berne-Bienne, l'erreur de clôture de ces trois polygones est, pour ainsi dire identique, savoir $-7^{mm},35$, $-7^{mm},3$ et $-7^{mm},4$. Cette erreur de clôture ne peut plus être répartie que sur les côtés Bienne-Sonceboz-Bâle et Bâle-Berne; la double opération exécutée sur le côté Bienne-Sonceboz ne permet pas de diminuer la différence de niveau entre ces deux points, sans sortir des limites de l'erreur moyenne; c'est donc sur les côtés Sonceboz-Bâle et Bâle-Berne que la correction doit porter. En la répartissant proportionnellement au carré de l'erreur sur la correction obtenue dans la seconde approximation, on a :

pour le côté NF39 Bâle — NF22 Sonceboz; correction $-0,8$ diff. corrigée $-403,112.1$
 pour le côté NF26 Berne — NF39 Bâle $-6,55$ $+291,281.85$

Nous résumons dans le tableau suivant la différence de niveau entre les deux extrémités de tous les côtés de ce réseau, telle que le calcul de la compensation des erreurs l'exige pour amener la clôture exacte de tous les polygones; les différences sont exprimées en chiffres entiers de millimètres, la fraction ayant été supprimée. Les deux colonnes suivantes renferment la correction totale C, qui a été apportée au chiffre résultant de l'opération directe, et le rapport $\frac{C}{\sqrt{k}}$ de cette correction à la racine carrée du nombre de kilomètres exprimant la longueur de ce côté.

	Différence de niveau avec la correction définitive.	C	$\frac{C}{\sqrt{k}}$
	^m	^{mm}	^{mm}
NF1 (Neuchâtel, Môle) — NF15 (Morges)	+ 58,968	+ 3,6	+ 0,40
NF18 (Fribourg) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	+ 153,606	+ 1,5	+ 0,23
NF15 (Morges) — NF18 (Fribourg)	- 212,574	+ 5,5	+ 0,63
NF21 (Bienne) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	+ 4,34	0	0
NF26 (Berne) — NF21 (Bienne)	+ 101,489	+ 12,1	+ 1,92
NF18 (Fribourg) — NF26 (Berne)	+ 47,283	+ 2,1	+ 0,37
NF22 (Sonceboz) — NF21 (Bienne)	+ 213,319	- 2,7	- 0,73
NF39 (Bâle, pont) — NF22 (Sonceboz)	- 403,112	- 30,1	- 3,41
NF26 (Berne) — NF39 (Bâle, pont)	+ 291,282	- 65,6	- 5,25

Si l'on admet, que le chiffre de la correction donnée ci-dessus représente bien l'erreur réellement commise dans chaque cas, on reconnaît de suite une très-grande inégalité dans l'exactitude qui a pu être obtenue dans le nivellement des différentes parties du réseau. Cette inégalité est telle, qu'il est impossible de l'attribuer à la compensation plus ou moins parfaite des petites erreurs accidentelles inhérentes à l'opération, ou à l'habileté plus ou moins grande des ingénieurs qui l'ont exécutée; nous ne pouvons que rendre justice à l'habileté et aux soins, que nos deux ingénieurs ont déployés dans l'accomplissement de la tâche qui leur était confiée, et si, sur telle partie du réseau, l'exactitude est moindre que sur telle autre partie, où elle est vraiment remarquable, ce n'est certainement pas à eux qu'il faut imputer la faute. D'un autre côté, même en admettant que, pour tel jour en particulier, l'exactitude des opérations ait été un peu diminuée par des circonstances défavorables, telles qu'un fort vent, ou l'intensité de la chaleur du soleil qui produit de fortes ondulations dans les couches voisines du sol, il n'en résulterait qu'une très-légère augmentation dans le chiffre de l'erreur moyenne commise dans la lecture de la mire à chaque coup de niveau, et ces erreurs commises, tantôt dans un sens, tantôt dans le sens opposé, tendent à se compenser dans la différence de niveau entre deux repères consécutifs. De plus, dans bien des cas, où les circonstances étaient particulièrement défavorables, de façon à leur inspirer quelque inquiétude sur l'exactitude du résultat, nos ingénieurs ont répété le lendemain les opérations de la veille, et ce contrôle nous a montré, par la petitesse des différences entre les deux opérations (quelquefois une fraction de millimètre seulement, et un petit nombre de millimètres au plus), que des circonstances même très-défavorables n'augmentent pas d'une manière sensible l'erreur sur la différence de niveau entre deux repères consécutifs, en tant que cette erreur provient de l'observation elle-même.

Pour six des côtés de cette partie du réseau, et même pour sept, en y comprenant le côté Genève-Morges, d'après l'accord entre les deux opérations, le chiffre que l'on obtient pour l'erreur moyenne par kilomètre,

en divisant l'erreur totale sur le côté par la racine carrée du nombre de kilomètres, est au-dessous d'un millimètre; ces 7 côtés ont ensemble un développement de 322 kilomètres. Pour les trois autres côtés, dont le développement total est de 273 kilomètres, l'erreur dépasse notablement un millimètre par kilomètre, elle s'élève même à 5 millimètres pour le dernier; or, comme les comparaisons des mires faites à Berne, ou à Neuchâtel, ont mis en évidence des variations sur leur longueur qui pouvaient s'élever de un à deux dixièmes de millimètre par mètre, ainsi que cela a été exposé au § IX, il est tout naturel d'attribuer à cette cause une part, et même de beaucoup la plus forte part, de l'erreur commise sur ces trois côtés. Tout en restant dans les limites de la variabilité des mires, déterminées par les comparaisons directes, et en calculant l'influence de cette variabilité seulement sur la différence de niveau entre les extrémités d'un côté, sans tenir compte des pentes et contre-pentes qui ont pu se rencontrer sur le parcours, il est possible de réduire la part de l'erreur provenant des erreurs d'observation proprement dites à un chiffre, qui ne dépasse pas un millimètre par kilomètre, tout comme pour les sept autres côtés.

Si nous abordons maintenant la seconde partie du réseau, celle qui comprend le Jura neuchâtelois, nous avons les données suivantes, en conservant les mêmes notations que précédemment :

	Différence de niveau.	k	\sqrt{k}	Σh
⊙51 (Pierrabot) — NF1 (Neuchâtel) . . .	+ 189,403. 0	3,1	1,76	1,89
NF3 (Chaumont) — ⊙51 (Pierrabot) . . .	+ 547,575. 2	6,2	2,48	5,48
⊙17 (Chufford) — NF3 (Chaumont) . . .	+ 54,131. 3	8,5	2,91	1,79
NF5 (Paquier) — ⊙17 (Chufford)	— 328,193. 6	3,6	1,89	3,28
NF6 (St.-Imier) — NF5 (Paquier)	— 86,261. 3	9,3	3,05	5,57
NF5 (Paquier) — ⊙51 (Pierrabot)	+ 273,527. 9	16,1	4,01	3,48
NF7 (Chaux-de-Fonds) — NF6 (St.-Imier) .	+ 177,648. 6	15,4	3,93	4,39
⊙51 (Pierrabot) — NF7 (Chaux-de-Fonds)	— 364,922. 2	19,7	4,44	10,34
NF6 (St.-Imier) — NF21 (Bienne)	+ 371,776. 3	28,8	5,36	3,76
NF21 (Bienne) — NF1 (Neuchâtel)	+ 4,834. 0	30,9	5,56	0,48

Les différentes combinaisons de ces côtés donnent lieu à 6 polygones, pour lesquels l'erreur de clôture est comme suit; on a, en outre, 5 polygones

résultant de la double opération exécutée sur un côté : l'un de ces côtés est le côté Neuchâtel-Bienne, qui est commun avec l'autre réseau, et comme la correction à apporter à ce côté est nulle, ainsi qu'il a été dit, nous pouvons le laisser de côté pour abréger.

	Erreur de clôture. P	\sqrt{K}	ΣH
1) Pierrabot-Chaumont-Chufford-Paquier-Pierrabot . . .	+ 15,0	5,87	14,03
2) Neuchâtel - Pierrabot - Chaumont - Chufford - Paquier - St.-Imier-Bienne-Neuchâtel	- 44,3	9,51	22,25
3) Neuchâtel-Pierrabot-Paquier-St.-Imier-Bienne-Neu- châtel.	- 59,3	9,38	15,18
4) Pierrabot-Paquier-St.-Imier-Chaux-de-Fonds-Pier- rabot.	+ 7,0	7,78	23,78
5) Pierrabot - Chaumont - Chufford - Paquier - St.-Imier - Chaux-de-Fonds-Pierrabot.	+ 22,0	7,92	30,85
6) Neuchâtel-Bienne-St.-Imier-Chaux-de-Fonds-Pier- rabot-Neuchâtel.	+ 66,3	9,90	20,86
7) Neuchâtel-Pierrabot-Neuchâtel, double nivellement. . .	0,9	2,47	3,78
8) Pierrabot-Chaumont-Pierrabot, »	1,0	3,52	10,95
9) Chufford-Paquier-Chufford, »	39,0	2,68	6,56
10) Bienne-St.-Imier-Bienne, »	7,5	7,59	7,52

En opérant sur ces données d'après le procédé, qui a été exposé plus haut, et que nous venons d'appliquer à la compensation du premier réseau, il est impossible de trouver, ni par une première approximation, ni par les suivantes, des corrections qui, appliquées aux différents côtés, diminuent ces erreurs de clôture, parce que les corrections déduites pour le même côté, des différents polygones dont il fait partie, sont absolument inconciliables entre elles. Sans entrer dans le détail du calcul, ce qui allongerait inutilement, il suffit d'indiquer que les deux polygones 2) et 5) donnent pour la différence de niveau entre St-Imier et Paquier une assez forte correction négative, tandis que les polygones 4) et 5) donnent pour ce même côté une correction positive, très-faible pour le polygone 4). Le poids qui doit être attribué à ces corrections positives, déduites de polygones dont l'erreur de clôture est beaucoup plus faible, étant notablement plus grand que celui qui peut être attribué aux corrections déduites des polygones 2) et 5), dont l'erreur de clôture est

assez forte, il en résulte que, dans toutes les approximations successives, les erreurs de clôture des polygones 2) et 5) ne sont pas diminuées sensiblement, en ayant égard aux corrections fournies sur les autres côtés par d'autres polygones. De même aussi, la correction déduite du polygone 6) pour les côtés St-Imier-Chaux-de-Fonds et Chaux-de-Fonds-Pierrabot, est absolument inconciliable avec celle déduite des polygones 4) et 5). Il faut en conclure, que les polygones 4) et 5) renfermant à la fois les trois côtés Paquier-St-Imier, St-Imier-Chaux-de-Fonds et Chaux-de-Fonds-Pierrabot, présentent, par suite de la combinaison de ces trois côtés entre eux, une circonstance qui ne permet pas de les concilier avec les polygones 2) et 3), dans lesquels le côté Paquier-St-Imier entre seul, ou avec le polygone 6), dans lequel ce côté n'entre pas. La cause d'un pareil désaccord a déjà été signalée, en indiquant la possibilité que les erreurs réellement commises sur deux côtés aient un signe tel, qu'elles se compensent à peu de chose près dans tout polygone où ces deux côtés entrent à la fois; si, en outre, ces erreurs sont considérables relativement à celles qui ont été commises sur les autres côtés, la méthode qui suppose l'erreur de clôture d'un polygone égale à la somme arithmétique des erreurs sur tous les côtés, c'est-à-dire à la somme prise abstraction faite du signe, doit se trouver en défaut. Dans un pareil cas, on ne peut évidemment pas conserver comme l'une des équations de condition, servant à déterminer les corrections cherchées, celle qui est fournie par un polygone, sur lequel une compensation semblable se serait produite; il faut ainsi recourir à un autre procédé de compensation, dans lequel on ne fait pas concourir tous les polygones qui peuvent être formés par les différents côtés.

Le procédé que nous avons suivi pour le réseau du Jura neuchâtelois nous a été dicté par la forme du réseau, et par la circonstance, que la différence de niveau entre les deux extrémités du côté Neuchâtel-Bienne peut être regardée comme exacte, en sorte que, pour déterminer l'altitude d'un autre point du réseau au-dessus de Neuchâtel, il est indifférent de partir de Neuchâtel même, ou de Bienne, en ajoutant $+4^m,854$.

Nous avons cherché à déterminer ainsi, et indépendamment l'une de l'autre, la différence de niveau entre Paquier et Neuchâtel, et entre La Chaux-de-Fonds et Neuchâtel, Paquier et La Chaux-de-Fonds étant les deux points, dont l'altitude relative ne pouvait pas être déduite des polygones passant par ces deux points. La hauteur de Paquier au-dessus de Neuchâtel peut être déterminée par trois voies différentes, en partant de Neuchâtel, ou de Bienne; voici les valeurs obtenues par ces trois voies, ainsi que \sqrt{k} et Σh pour chacune d'elles :

	Différence de hauteur entre Paquier et Neuchâtel.	\sqrt{k}	Σh
1) Neuchâtel-Pierrabot-Paquier.	+ 462,930. 9	4,4	5,37
2) Neuchâtel-Pierrabot-Chaumont-Chufford-Paquier	+ 462,915. 9	4,6	12,44
3) Bienne-St.-Imier-Paquier	+ 462,871. 6	6,2	9,33

d'où l'on tire comme moyenne probable, en ayant égard aux poids déterminés successivement par la distance, et par l'inégalité du relief, +462^m,914.2, avec une erreur moyenne de $\pm 10^{\text{mm}},3$.

La hauteur de La Chaux-de-Fonds au-dessus de Neuchâtel peut être déterminée par deux voies différentes, en partant de Neuchâtel, ou de Bienne; on a pour chacune d'elles :

	Différence de hauteur entre Chaux-de-Fonds et Neuchâtel.	\sqrt{k}	Σh
I. Neuchâtel-Pierrabot-Chaux-de-Fonds	+ 554,325. 2	4,8	12,23
II. Bienne-St.-Imier-Chaux-de-Fonds.	+ 554,258. 9	6,6	8,15

d'où l'on tire, en ayant égard aux poids, la moyenne probable +554^m,291.1, avec une erreur moyenne de $\pm 19^{\text{mm}},1$.

La différence entre la valeur moyenne de la hauteur de Paquier au-dessus de Neuchâtel, et le chiffre obtenu par l'une des 3 voies, donne l'erreur commise dans chacune d'elles, erreur que l'on a à répartir sur les différentes sections du parcours; de même aussi, pour la hauteur de La Chaux-de-Fonds au-dessus de Neuchâtel, la différence entre la moyenne et chacune des deux valeurs donne l'erreur de celles-ci. On aura donc à répartir une correction de :

— 16,7	^{mm}	entre les sections,	Pierrabot-Neuchâtel et Paquier-Pierrabot
— 1,7	»	»	Pierrabot-Neuchâtel, Chaumont-Neuchâtel, Chufford-Chaumont, Paquier-Chufford.
+ 42,6	»	»	St.-Imier-Bienne, Paquier-St.-Imier.
— 34,1	»	»	Pierrabot-Neuchâtel et Chaux-de-Fonds-Pierrabot.
+ 32,2	»	»	St.-Imier-Bienne et Chaux-de-Fonds-St.-Imier.

La répartition de la correction entre les différentes sections a été effectuée, dans chaque cas, en ayant égard à leur longueur relative et à l'inégalité du relief; lorsque la même section figurait dans deux ou plusieurs des parcours indiqués ci-dessus, on faisait entrer dans le calcul de la moyenne la valeur de la correction obtenue sur chacun de ces parcours, en lui donnant un poids déterminé successivement par le rapport de l'erreur commise sur tout le parcours, à la racine carrée de la longueur, et à l'inégalité du relief. Enfin, lorsque sur une section le nivellement avait été fait à double, on introduisait la correction 0 pour la moyenne des deux opérations, avec un poids déduit de l'écart relatif entre ces deux opérations. On obtient de cette façon sur la différence de niveau :

Pierrabot-Neuchâtel	la correction	—	^{mm} 0,2
Paquier-Pierrabot	»	—	16,5
Chaumont-Pierrabot	»		0,0
Chufford-Chaumont	»	—	0,8
Paquier-Chufford	»	—	0,7
St.-Imier-Bienne	»	+	1,5
Paquier-St.-Imier	»	+	41,1
Chaux-de-Fonds-Pierrabot	»	—	33,9
Chaux-de-Fonds-St.-Imier	»	+	30,7

L'on a, d'après cette compensation, les valeurs suivantes pour la différence de niveau entre les extrémités de chacun des côtés de ce réseau, cette différence étant prise dans le même sens que dans le tableau donnant les différences mesurées, et exprimée en chiffres entiers de millimètres, après avoir arrondi la fraction; on trouve, à la suite, la correction avec le signe qui résulte du sens dans lequel la différence entre les deux extrémités du côté a été prise, et le rapport de cette correction à la ra-

cine carrée du nombre de kilomètres donnant la longueur du côté. Il va sans dire, qu'avec ces valeurs tous les polygones se ferment exactement.

	Différence de niveau.	Correction C'	$\frac{C'}{\sqrt{k}}$
	m.	mm	mm
⊙51 (Pierrabot) — NF1 (Neuchâtel)	+ 189,403	— 0,2	— 0,11
NF3 (Chaumont) — ⊙51 (Pierrabot)	+ 547,575	0,0	0,0
⊙17 (Chufford) — NF3 (Chaumont)	+ 54,130	— 0,8	— 0,27
NF5 (Paquier) — ⊙17 (Chufford)	— 328,194	— 0,7	— 0,37
NF6 (St.-Imier) — NF5 (Paquier)	— 86,302	— 41,1	— 13,47
NF5 (Paquier) — ⊙51 (Pierrabot)	+ 273,511	— 16,5	— 4,11
NF7 (Chaux-de-Fonds) — NF6 (St.-Imier)	+ 177,679	+ 30,7	+ 7,81
⊙51 (Pierrabot) — NF7 (Chaux-de-Fonds)	— 364,888	+ 33,9	+ 7,63
NF6 (St.-Imier) — NF21 (Bienne)	+ 371,778	+ 1,5	+ 0,28

L'on trouve ainsi, dans le Jura neuchâtelois, une inégalité plus grande encore que dans la plaine, dans l'exactitude qui a été obtenue dans les différentes parties du réseau; pour 5 des côtés, comprenant entre eux un développement de 50 kilomètres, le chiffre de l'erreur est au-dessous de un millimètre par kilomètre, pour les 4 autres côtés, comprenant entre eux un développement de 60¹/₂ kilomètres, l'erreur dépasse un millimètre, et elle atteint des valeurs notablement plus fortes que dans le premier réseau. C'est une conséquence toute naturelle de l'influence que peut avoir la variabilité des mires sur les fortes pentes et contre-pentes, qui se rencontrent dans le Jura neuchâtelois, et l'on peut expliquer de cette façon ces erreurs, sans avoir recours à la supposition que les observations elles-mêmes aient été moins exactes. Si l'on considère en effet l'erreur la plus forte, celle entre St.-Imier et Paquier, on n'a, il est vrai, qu'une différence de niveau de 86 mètres entre ces deux points, il faudrait, par conséquent, pour expliquer une erreur de 41^{mm}, admettre une variabilité de près d'un demi-millimètre par mètre, si l'on supposait que la mire fût restée invariable pendant tout le parcours de Paquier à St.-Imier, mais que pendant tout ce trajet elle eût différé de cette quantité de sa valeur moyenne. Une pareille différence est fort au delà des limites que nous avons trouvées pour la variabilité des mires, mais il faut prendre en considération la nature du relief entre ces deux points,

qui sont séparés par une éminence; il faut s'élever de près de 225 mètres au-dessus de Paquier pour atteindre le sommet du col, et redescendre de près de 310 mètres avant d'arriver à St.-Imier. Si l'on ne suppose pas que la mire soit restée invariable pendant tout le trajet (hypothèse fort peu probable), c'est donc sur une différence de niveau de 553, et non de 86 mètres, que la variabilité des mires aura pu introduire des erreurs, ce qui réduit la variabilité des mires à un chiffre inférieur à un dixième de millimètre par mètre. Il se trouve de même un col, peu élevé il est vrai, entre St.-Imier et La Chaux-de-Fonds, et un col assez élevé entre La Chaux-de-Fonds et Pierrabot; là, on s'élève de plus de 296 mètres pour atteindre le point culminant à la Vue des Alpes, pour redescendre de 661 mètres à Pierrabot. Ainsi, dans les limites que nous avons trouvées par des comparaisons directes, la variabilité des mires suffit pour rendre compte des erreurs dans les opérations, en n'attribuant aux erreurs d'observation qu'une très-faible part, moins d'un millimètre par kilomètre.

Après avoir indiqué, dans les pages précédentes, la correction qui résultait de la compensation des erreurs sur la différence de niveau entre les deux extrémités de chacun des côtés du réseau de la Suisse occidentale, il nous reste à donner la répartition des erreurs entre les repères intermédiaires situés sur le parcours de chaque côté. Cette répartition a toujours été faite proportionnellement à la racine carrée de la distance qui sépare deux repères intermédiaires, de telle façon que la somme des corrections entre deux repères intermédiaires fût égale à la correction totale entre les deux extrémités du côté; dans quelques cas, où une double opération avait été faite entre deux repères intermédiaires, il a été tenu compte de l'erreur moyenne résultant de cette double opération pour calculer la correction sur ce côté. Il suffira d'indiquer la correction sur la différence de niveau entre les repères fondamentaux situés sur le parcours des différents côtés, c'est-à-dire la correction qui doit être apportée aux chiffres du tableau, pages 122 et 123, ainsi que la différence de niveau corrigée, et exprimée en nombre rond de millimètres. Dans la plupart des cas, la correction est tellement faible qu'il eût été par-

faitement inutile d'étendre démesurément ces tableaux, afin de donner en outre la correction entre les repères de second ordre, situés entre les repères fondamentaux. La correction entre les repères de second ordre dépasse rarement un millimètre, en sorte qu'elle ne porte que sur les fractions, qui sont négligées dans les tableaux imprimés; mais, dans le calcul de la cote de chaque repère, il a été tenu compte de ces corrections pour arrondir la fraction au nombre entier de millimètres le plus rapproché.

Nous devons toutefois revenir encore sur la réserve, que nous avons déjà formulée dans l'introduction, et qui est relative à la répartition des erreurs sur quelques sections, en particulier sur le côté qui joint Berne à Bâle, en passant par Aarburg et Brugg. La correction totale sur ce côté, dont la longueur est de $155 \frac{1}{2}$ km, est de $65^{\text{mm}},6$, et nous avons réparti cette correction entre les différentes sections, formées par les repères fondamentaux placés sur cette ligne, proportionnellement à la racine carrée de leur longueur relative; mais quelques-unes de ces sections, comme de Berne à Aarburg, et d'Aarburg à Brugg, feront partie des polygones futurs, par lesquels le réseau de la Suisse occidentale sera relié à celui de la Suisse orientale. Tandis que maintenant nous n'avons pas d'autre critère que celui de la distance, ou de l'inégalité du relief, pour décider dans quelle proportion la correction sur chacune des sections doit entrer dans la correction totale de ce côté, les opérations futures nous donneront de nouvelles conditions, à l'aide desquelles la correction probable sur deux de ces sections pourra être déterminée; d'où la possibilité, que la répartition actuelle soit légèrement modifiée. Enfin il est inutile de reproduire ici, d'après le tableau des pages 122 et 123, les différences de niveau entre les repères fondamentaux pour les lignes, qui n'entrent pas dans le réseau comme des côtés d'un polygone, mais qui se relient à un point du réseau par une double opération; comme, par exemple: Genève-Coppet-Nyon-Rolle-Morges; Chufford-Chaseral, etc.; en effet le chiffre déjà indiqué pour la moyenne des deux opérations ne subit pas de correction due à la compensation des erreurs.

Repères.	Correction par la compensation des erreurs.	Différence de niveau corrigée.
⊙65 (Cossonay) — NF15 (Morges)	+ 0,6	+ 186,880
⊙70 (La Sarraz) — ⊙65 (Cossonay)	+ 0,4	— 63,435
⊙78 (Chavornay) — ⊙70 (La Sarraz)	+ 0,5	— 51,651
NF16 (Yverdon) — ⊙78 (Chavornay)	+ 0,5	— 11,815
⊙96 (Bévaix) — NF16 (Yverdon)	+ 0,8	+ 55,424
NF10 (Auvèrnier) — ⊙96 (Bévaix)	+ 0,4	+ 2,038
⊙3 (Neuchâtel, gare) — NF10 (Auvèrnier)	+ 0,3	— 13,645
NF1 (Neuchâtel, Môle) — ⊙3 (Neuchâtel, gare)	+ 0,1	— 44,828
⊙b (Sugy, base) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	+ 0,6	— 1,744
NF17 (Morat) — ⊙b (Sugy, base)	+ 0,3	+ 21,370
NF18 (Fribourg) — NF17 (Morat)	+ 0,6	+ 133,980
NF19 (Romont) — NF18 (Fribourg)	+ 1,5	+ 193,933
NF20 (Rüe) — NF19 (Romont)	+ 1,0	— 113,937
⊙76 (Savigny) — NF20 (Rüe)	+ 1,1	+ 167,707
NF23 (Lausanne) — ⊙76 (Savigny)	+ 0,9	— 293,825
NF15 (Morges) — NF23 (Lausanne)	+ 1,0	— 166,452
⊙51 (Pierrabot) — ⊙3 (Neuchâtel, gare)	— 0,2	+ 144,575
NF3 (Chaumont) — ⊙51 (Pierrabot)	0,0	+ 547,575
⊙17 (Chufford) — NF3 (Chaumont)	— 0,8	+ 54,130
NF5 (Paquier) — ⊙17 (Chufford)	— 0,7	— 328,194
⊙43 (Dombresson) — NF5 (Paquier)	+ 4,0	— 157,668
⊙51 (Pierrabot) — ⊙43 (Dombresson)	+ 12,5	— 115,843
⊙5 (Col entre Paquier et St.-Imier) — NF5 (Paquier)	— 19,1	+ 223,586
NF6 (St.-Imier) — ⊙5 (Sommet du Col)	— 22,0	— 309,888
⊙18 (Cibourg) — NF6 (St.-Imier)	+ 16,5	+ 262,589
NF7 (Chaux-de-Fonds) — ⊙18 (Cibourg)	+ 14,2	— 84,910
⊙41 (Vue des Alpes) — NF7 (Chaux-de-Fonds)	+ 14,0	+ 296,412
⊙53 (Embranch. Val-de-Ruz et Valengin) — ⊙41 (Vue des Alpes)	+ 17,0	— 596,662
⊙51 (Pierrabot) — ⊙53 (Embranch. Val-de-Ruz et Valengin)	+ 2,9	— 64,638
NF21 (Bienne) — NF1 (Neuchâtel, Môle)	0	+ 4,834
NF26 (Berne, gare) — NF18 (Fribourg)	— 2,1	— 47,283
NF24 (Aarberg) — NF21 (Bienne)	+ 5,0	+ 15,840
NF26 (Berne, gare) — NF24 (Aarberg)	+ 7,1	+ 85,649
NF22 (Sonceboz) — NF21 (Bienne)	— 2,7	+ 213,319
NF6 (St.-Imier) — NF22 (Sonceboz)	+ 4,2	+ 158,459
NF6 (St.-Imier) — NF21 (Bienne)	+ 1,5	+ 371,778
NF27 (Berthoud) — NF26 (Berne, gare)	+ 7,3	+ 5,758
NF28 (Herzogenbuchsee) — NF27 (Berthoud)	+ 6,7	— 54,587
NF29 (Langenthal) — NF28 (Herzogenbuchsee)	+ 4,7	— 11,216
NF30 (Aarburg) — NF29 (Langenthal)	+ 6,6	— 83,173
NF31 (Olten) — NF30 (Aarburg)	+ 3,0	— 0,780

Repères.	Correction par la compensation des erreurs.	Différence de niveau corrigée.
NF32 (Aarau) — NF31 (Olten)	+ 5,6	— 7,894
NF35 (Brugg) — NF32 (Aarau)	+ 6,9	— 37,871
⊙80 (Bötzing) — NF35 (Brugg)	+ 3,6	+ 219,172
NF36 (Frick) — ⊙80 (Bötzing)	+ 5,0	— 225,434
NF37 (Stein) — NF36 (Frick)	+ 4,1	— 47,863
NF38 (Rheinfelden) — NF37 (Stein)	+ 5,5	— 23,701
NF39 (Bâle, pont) — NF38 (Rheinfelden)	+ 6,6	— 23,693
⊙3 (Sommet du Col de Pierre-Pertuis) — NF22 (Sonceboz)	— 2,2	+ 174,626
NF42 (Tavannes) — ⊙3 (Col de Pierre-Pertuis)	— 1,8	— 69,857
NF43 (Moutier) — NF42 (Tavannes)	— 6,6	— 226,356
NF44 (Délémont) — NF43 (Moutier)	— 5,7	— 103,216
NF45 (Laufen) — NF44 (Délémont)	— 6,4	— 71,777
NF46 (Bâle, gare du Central) — NF45 (Laufen)	— 7,4	— 76,746
NF39 (Bâle, pont) — NF46 (Bâle, gare du Central)	0	— 29,786
⊙112 (Bâle, porte St.-Alban) — NF46 (Bâle, gare du Central)	— 0,7	— 8,931
⊙112 (Bâle, porte St.-Alban) — NF39 (Bâle, pont)	+ 0,6	+ 20,805

§ XII.

Registre des cotes des repères de la Suisse occidentale.

Le calcul de la compensation des erreurs pour le réseau de la Suisse occidentale, tel qu'il a été exposé dans le chapitre précédent, nous permet de dresser le tableau contenant les cotes de tous les repères, et de satisfaire ainsi à des demandes qui nous ont été adressées, à plusieurs reprises, et de différents côtés. Il est évident que le choix de la surface de niveau, à laquelle on rapporte des cotes, est à priori complètement arbitraire, et que c'est une pure affaire de convention; il importe seulement, pour la commodité des comparaisons, que cette surface soit la même, non-seulement pour les cotes du même pays, mais pour celles de toutes les parties du continent. Anciennement, on se bornait à indiquer l'altitude d'un point au-dessus du niveau de la mer, sans préciser davantage à quelle localité ce niveau se rapportait, et sans se préoccuper des diffé-

rences qui pouvaient exister dans le niveau des différentes mers, ou même de la même mer sur différents points du littoral. Maintenant, que de pareilles différences ont été constatées par des mesures plus précises, en particulier dans le nivellement général de la France, et que l'on est fondé à considérer ces différences comme dépassant très-notablement les erreurs possibles dans un nivellement de précision, cette indication vague du niveau de la mer ne suffit plus. Aussi, lors de sa réunion à Berlin en septembre 1864, la conférence géodésique internationale prit-elle les résolutions suivantes, déjà rapportées dans l'introduction de la première livraison : « Dans chaque pays, les hauteurs seront rapportées à un seul point zéro solidement établi (le choix de ce point étant laissé pour chaque pays à la commission locale). Tous ces points de départ seront reliés entre eux par un nivellement de précision. Le niveau moyen des différentes mers doit être déterminé dans le plus grand nombre possible de ports, et de préférence au moyen d'appareils enregistreurs. D'après les résultats de toutes ces mesures, on choisira plus tard le plan général de comparaison pour toutes les hauteurs de l'Europe. » Le point zéro qui a été adopté, conformément à ces résolutions, comme plan de comparaison pour les hauteurs en Suisse, est la plaque de bronze scellée sur la Pierre du Niton à Genève; c'est par conséquent à ce repère, ou à ce plan de comparaison, que se rapportent les cotes publiées dans les pages suivantes, cotes négatives pour ceux de ces points, dont l'altitude est inférieure à celle de la Pierre du Niton. Les opérations ne sont pas assez avancées dans les différents pays qui prennent part à la grande entreprise géodésique internationale; pour que les points de départ des hauteurs dans ces différents pays aient pu être reliés entre eux, et pour qu'il soit possible de fixer dès maintenant le plan général de comparaison, auquel doivent être rapportées plus tard toutes les hauteurs de l'Europe.

Toutefois, nous sommes en mesure de donner dès à présent le raccordement du réseau suisse avec le réseau français, c'est-à-dire la différence de niveau entre le point de départ des hauteurs suisses et le point

de départ des hauteurs en France, pour lequel les ingénieurs français ont adopté le niveau moyen de la mer dans le port de Marseille, soit la surface passant par la cote $+0^m,400$ de l'échelle de ce port. Les ingénieurs français avaient poussé leurs opérations de nivellement jusqu'à Genève, et la cote de la plaque de bronze fixée sur la Pierre du Niton figure dans le nivellement général de la France. Nous n'avons cependant pas cru devoir nous contenter du raccordement entre les deux réseaux fait sur un seul point, et il nous a paru préférable, comme plus exact, de déterminer la différence de niveau entre les points de départ des deux réseaux par la différence des cotes sur plusieurs points répartis le long de la frontière. Nous avons déjà trouvé dans le « nivellement général de la France » la cote d'un point assez élevé dans le Jura, le repère de La Cure près des Rousses, auquel nous nous sommes rattaché par le nivellement exécuté de Nyon à St.-Cergues et à La Cure. Les deux autres points de raccordement que nous avons choisis étaient Morteau, sur la route de La Chaux-de-Fonds à Besançon, et St.-Louis, près de Bâle. Comme ces deux points ne figurent pas dans le réseau de premier ordre du nivellement français, nous nous étions adressés aux ingénieurs chargés de la direction de ce travail, pour les prier de faire exécuter les opérations qui devaient rattacher ces deux points au réseau de premier ordre; ils ont bien voulu satisfaire à notre demande, et c'est pendant l'impression de cette livraison que nous avons reçu de M. Breton de Champ une lettre nous communiquant le résultat de ce travail. Voici donc pour les quatre points de raccordement la cote d'après le nivellement français, et au-dessous, d'après le nivellement suisse, dont la différence, pour chaque repère, doit donner l'altitude du point de départ du réseau suisse au-dessus du point de départ du réseau français.

	Pierre du Niton.	La Cure.	Morteau.	St.-Louis.
• Cote d'après le nivellement français	$374,052^m$	$1148,91^m$	$772,866^m$	$254,681^m$
Cote d'après le nivellement suisse .	0,000	+ 775,214	+ 398,928	— 119,292
Différence	374,052	373,696	373,938	373,973

Ces quatre valeurs présentent entre elles des écarts qui dépassent de beaucoup ceux qui peuvent être attribués aux erreurs d'observation; les petites erreurs accidentelles dans la lecture de la mire, et les autres erreurs inhérentes à l'observation même, qui tendent plus ou moins à se compenser sur un parcours un peu long, ne peuvent pas donner lieu à des écarts pareils. Il faut ainsi en chercher l'explication dans des causes indépendantes de l'observation même, et celle qui se présente en premier lieu est la variabilité des mires; les mires françaises sont des règles en bois, comme les nôtres, et par conséquent susceptibles également de subir des variations de longueur, dépendant des circonstances de température, d'humidité, etc., auxquelles elles sont exposées pendant le cours des opérations. Rien n'autorise à supposer que ces variations dans la longueur des mires, de part et d'autre de leur longueur moyenne, se compensent dans le cours des opérations qui ont servi à fixer l'altitude d'un repère, de telle sorte que celle-ci soit indépendante de ces variations, ni, à fortiori, que la même compensation ait eu lieu également pour les opérations qui ont donné l'altitude d'un second, d'un troisième, d'un quatrième repère. C'est surtout dans la comparaison de plusieurs opérations différentes qu'une pareille supposition n'est pas admissible, parce que ces opérations ont été faites à des époques différentes, par conséquent dans des circonstances différentes, et avec des mires différentes, sur lesquelles les mêmes variations de température et d'humidité peuvent produire des effets différents.

Si l'on voulait admettre que la longueur moyenne des mires françaises fût exactement la même que celle de nos mires (après avoir appliqué à celles-ci la correction indiquée plus haut, d'après laquelle les cotes suisses sont calculées), et que leur variabilité de part et d'autre de cette longueur moyenne fût aussi la même, c'est-à-dire renfermée dans les limites de $\pm 0,0001$, l'incertitude qui en résultera sur la cote d'un point quelconque sera la dix-millième partie de cette cote. On aura ainsi :

	Incertitude sur la		
	Cote française.	Cote suisse.	Leur différence.
Pierre du Niton	$\pm 37,4$ mm	0,00 mm	$\pm 37,4$ mm
La Cure . . .	$\pm 114,9$	$\pm 77,5$	± 139
Morteau . . .	$\pm 77,3$	$\pm 39,9$	± 87
St.-Louis. . .	$\pm 25,5$	$\pm 11,9$	± 28

Si l'on attribue à la valeur fournie par chacun des points de raccordement, pour la différence entre les points de départ du réseau suisse et du réseau français, un poids inversement proportionnel au carré de son incertitude,

soit un poids égal à 1,000 pour le raccordement de la Pierre du Niton,
 » » » 0,073 » » de La Cure,
 » » » 0,18 » » de Morteau,
 » » » 1,766 » » de St.-Louis,

on trouve pour la moyenne probable de la différence d'altitude entre les points de départ des deux réseaux :

373^m,990.4 avec une erreur moyenne de $\pm 35^{\text{mm}}$.

Toutefois, cette valeur est fondée sur l'hypothèse que la longueur moyenne des mires françaises soit la même que celle des mires suisses, et que les différences de niveau soient exprimées dans la même unité, hypothèse qui ne saurait être admise d'emblée, et sans avoir été contrôlée par l'un des trois moyens suivants :

Ou bien, par la comparaison des mires faite dans chaque pays avec un étalon normal, dont le rapport à l'unité métrique aurait été déterminé exactement ;

Ou bien, par une comparaison directe des mires entre elles, ou avec le même étalon ;

Ou bien enfin, à défaut des deux moyens précédents, par l'introduction, dans la comparaison des différents points de raccordement, d'une inconnue exprimant l'équation, ou la correction relative des mires des deux pays ; la comparaison du chiffre obtenu par la résolution des équations

tions de condition pour cette correction relative, avec celui exprimant son erreur moyenne, d'après l'accord des résultats entre eux, permettra de juger du degré de probabilité de l'hypothèse.

L'application du premier de ces moyens n'est pas possible; nous avons bien indiqué dans un chapitre précédent les comparaisons de nos mires faites à Berne avec l'étalon normal du bureau fédéral des poids et mesures, étalon que la commission chargée de l'établissement et de l'organisation de ce bureau a comparé en 1863 et 1864 avec le plus grand soin avec le mètre du Conservatoire des Arts et Métiers à Paris¹.

Quant aux mires françaises, le *nivellement général de la France* ne contient aucune indication sur des comparaisons de ces mires, soit entre elles, soit avec un étalon; d'après une communication verbale qui nous a été faite par l'un des ingénieurs chargés de la direction du nivellement général de la France, les cotes fournies par la lecture immédiate des mires ont été considérées comme étant exprimées exactement en unités métriques, sans qu'il fût nécessaire d'appliquer aucune correction pour leur équation relativement au mètre. La division des mires françaises a été effectuée à l'aide d'une matrice, portant des divisions en relief, que l'on imprime, pour ainsi dire, sur les règles en bois, le reste du travail se faisant au pinceau et à la main; une fois que l'on est assuré de l'exactitude des divisions tracées sur la matrice, il doit en être de même pour toutes les mires, qui en sont, en quelque sorte, une reproduction. Nous sommes très-éloignés de soulever une critique de ce procédé, qui nous paraît au contraire présenter d'assez grands avantages au point de vue de l'uniformité de toutes les règles ainsi divisées; qu'il nous soit cependant permis de faire remarquer, que ce procédé exige dans son application

¹ On sait que l'étalon prototype du mètre, qui est déposé aux Archives, n'est plus employé pour les comparaisons, l'expérience ayant montré que l'usage trop fréquent de ce mètre, qui est une règle à bouts en platine, avait fini par user ses surfaces terminales, et par compromettre ainsi la définition invariable de l'unité métrique. Cette considération a engagé le gouvernement français à soustraire désormais l'étalon prototype à cette cause de détérioration, et à faire servir aux comparaisons la copie déposée au Conservatoire des Arts et Métiers, dont une Commission de l'Académie a déterminé de nouveau, il y a quelques années, l'équation avec le mètre des Archives.

des précautions et des soins, qui ont été pris sans doute, mais qui sont très-gênants dans la pratique. Si, en particulier, comme nous croyons que c'est le cas, la matrice est en métal, son coefficient de dilatation dépassera considérablement celui du bois, il faudra, par conséquent, s'astreindre à la précaution de n'effectuer le transport des divisions sur une règle qu'à la température de la glace fondante; il suffirait d'un nombre très-modéré de degrés au-dessus de 0, pendant l'opération, pour donner lieu à une erreur sensible. Il eût été, dans tous les cas, intéressant de vérifier par des comparaisons directes l'identité absolue des mires entre elles, et les limites de l'exactitude avec laquelle elles s'accordent avec l'unité métrique.

Le second moyen indiqué ci-dessus nous a fait défaut également; le gouvernement Français a bien voulu nous envoyer, sur notre demande, l'une des mires employées dans le nivellement général de la France; mais elle n'a pas pu servir aux comparaisons que nous avions en vue, parce que, sans que nous puissions indiquer la cause de cet accident, elle s'est déjetée à un point tel, que la courbure très-visible à l'œil enlevait toute garantie d'exactitude.

Nous en sommes réduits par conséquent au troisième moyen, savoir la comparaison des cotes des mêmes repères, déterminées dans les deux pays, à l'aide de mires différentes. Si l'on désigne par $374^m + x$ la valeur la plus probable de la différence de niveau entre les points de départ du réseau suisse et du réseau français, et par y la quantité dont les mires françaises sont plus longues que les mires suisses corrigées, l'unité de y étant le millimètre pour 1 mètre de la mire (en d'autres termes 1,00 y étant le facteur par lequel il faut multiplier une cote exprimée en unités des mires françaises, pour la réduire en unités des mires suisses), chacun des points de raccordement fournira une équation de condition entre x et y , savoir :

Par la Pierre du Niton	$x - 374 y = + 52$
Par La Cure	$x - 1149 y = - 304$
Par Morteau	$x - 773 y = - 62$
Par St.-Louis. . . .	$x - 255 y = - 27$

Il est évident que l'on ne peut pas attribuer le même poids à chacune de ces équations, et supposer ainsi, que les nombres formant le second membre jouissent de la même exactitude; or, comme nous n'avons aucune donnée directe sur l'exactitude relative des différentes cotes, nous sommes obligés de l'évaluer d'après l'influence que peuvent avoir les différentes causes d'erreur dans telle ou telle opération. D'après ce qui a été dit plus haut sur la distribution des erreurs dans les différentes parties de notre réseau, on est autorisé à regarder la variabilité des mires, produite par les circonstances atmosphériques, ou autres, comme étant la cause de beaucoup la plus influente, dès que l'on a affaire à des différences de niveau un peu considérables, de quelques centaines de mètres, par exemple. L'influence de la variabilité des mires sur la grandeur de l'erreur commise est proportionnelle à la différence de niveau, c'est-à-dire au chiffre de la cote; en ayant égard à cette seule cause d'erreur, on pourrait ainsi regarder l'erreur, dont est affecté le second membre de chacune des équations, comme étant proportionnelle au coefficient de y dans cette équation. Si l'on veut tenir compte jusqu'à un certain point des autres causes d'erreur, dont l'influence doit être plus considérable sur la cote de St.-Louis, qui est plus éloigné du point de départ, on pourra évaluer en nombres ronds la grandeur relative de l'erreur, qui peut être attribuée au second membre de chacune des équations :

Par $\pm E$ pour la Pierre du Niton.
 $\pm 4E$ pour La Cure.
 $\pm 2E$ pour Morteau.
 $\pm E$ pour St.-Louis.

Il faudra donc, afin que l'erreur soit la même sur le second membre des quatre équations, multiplier la seconde par 0,25, la troisième par 0,5, la première et la dernière restant sans changement; ces équations deviennent ainsi :

$$\begin{array}{r} x - 374 y = + 52 \\ 0,25 x - 287 y = - 76 \\ 0,5 x - 387 y = - 31 \\ x - 255 y = - 27 \end{array}$$

Ces équations traitées par la méthode des moindres carrés donnent :

$$\begin{aligned} x &= + 70^{\text{mm}} && \text{avec une erreur moyenne de } \pm 31^{\text{mm}} \\ y &= + 0^{\text{mm}},192 && \text{» } \text{» } \text{» } \pm 0^{\text{mm}},072 \end{aligned}$$

la substitution de ces valeurs de x et de y dans les équations de condition laissant les erreurs suivantes :

Pour la Pierre du Niton	+ 54 ^{mm}
La Cure	— 38
Morteau	+ 8
St.-Louis.	— 48

L'erreur moyenne $\pm 0^{\text{mm}},072$, dont est affectée la valeur trouvée pour y , est assez petite relativement à celle-ci, pour que l'on soit autorisé à regarder comme assez probable, que les cotes françaises ne sont pas exprimées exactement dans la même unité que les cotes suisses, et que les mires françaises sont en moyenne un peu plus longues que les mires suisses corrigées; d'après le calcul précédent, de $0^{\text{mm}},192$ par mètre, soit de $\frac{1}{5210}$ environ. Il n'y a pas de doute, qu'une comparaison directe des mires serait infiniment préférable au procédé indirect, par lequel nous avons cherché à déterminer leur équation, parce que l'on serait indépendant des erreurs auxquelles on doit s'attendre dans une opération de nivellement, surtout à des altitudes considérables; nous espérons qu'il nous sera possible d'effectuer ces comparaisons par la suite. Si l'on adopte provisoirement, et en attendant, le chiffre qui résulte du calcul ci-dessus, pour la différence de niveau entre le point de départ du réseau suisse et du réseau français, différence exprimée dans l'unité de longueur des mires suisses corrigées, on a :

374^m,070 avec une erreur moyenne de $\pm 31^{\text{mm}}$ et une erreur probable de $\pm 21^{\text{mm}}$.

Cette valeur, qui est la moyenne probable déduite des quatre points de raccordement distribués sur la frontière, diffère de la cote française

de la Pierre du Niton de $0^m,018$ seulement, c'est-à-dire d'une quantité comprise dans les limites de l'erreur probable.

Les tableaux qui suivent, et qui renferment les cotes rapportées à la Pierre du Niton de tous les repères de la Suisse occidentale, n'ont pas besoin d'explications ultérieures, après les détails que nous avons donnés sur la répartition des erreurs d'un repère à l'autre. Il importe de rappeler, que, pour les opérations publiées dans la 1^{re} livraison, on a appliqué à la différence de niveau entre deux repères consécutifs la correction résultant des nouvelles valeurs adoptées pour l'équation des mires. Dans quelques cas, les détails relatifs à la désignation des repères ont été un peu abrégés, mais il sera facile de les retrouver en ayant recours aux tableaux donnant les différences de niveau; les repères sont placés dans le même ordre, en suivant les lignes de nivellement, que dans ces tableaux, dont la page est indiquée dans chaque cas à la suite de la ligne de nivellement. Les repères fondamentaux, ou de premier ordre, ont été imprimés en caractères gras, afin de les faire reconnaître plus facilement; enfin, la distance de chaque repère au repère précédent, a été insérée dans une colonne spéciale, parce qu'elle offre un moyen, qui peut être utile dans quelques cas, de retrouver un repère, et qu'en outre elle permet de juger de la pente, ou de l'inclinaison du terrain.

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.		Cote.
		km	m	
Sur la ligne de Genève à Morges, 1 ^{re} livraison, pages 43, 44, 45.				
1	Repère de la Pierre du Niton ¹			0,000
2	Repère en bronze sur la colonne du nouveau limnimètre ²	0,416	+	1,467
3	⊙1 à l'extrémité du quai des Pâquis	1,079	—	0,162
4	⊙4 sous Chambésy	3,613	+	4,346
5	⊙4a Bellevue	1,080	+	4,304
6	⊙4b Bellevue	0,314	—	2,870
7	⊙5 au milieu de la distance entre les bornes kilom. N ^{os} 5 et 6	0,896	—	10,050
8	⊙6 embranchement de la route de Fernex, avant Versoix	1,601	+	8,619
9	⊙6a poids public à Versoix	1,118	—	10,288
10	⊙7 borne kilom. N ^o 9	0,754	+	15,603
11	⊙7a borne limite des cantons de Vaud et de Genève.	0,602	+	11,683
12	⊙8 aux Créneés	1,140	+	10,843
13	NF11 Coppet, poste de gendarmerie	1,926	+	3,624
14	⊙9 sous Bossey	2,739	+	3,067
15	⊙10 à 65 ^m en deçà de la borne limite entre Céligny et Nyon.	1,758	+	2,954
16	⊙11 sur le pont, près de la borne à 8 lieues de Lausanne	0,134	+	4,643
17	⊙12 à l'entrée de la campagne Colovray	1,838	+	10,574
18	⊙13 à l'entrée de la ville de Nyon	1,666	+	4,134
19	NF12 ancienne douane à Nyon	1,583	+	1,348
20	⊙35b à l'embranchement de la route de Saint-Cergues	0,290	+	1,942
21	⊙C sur la borne, à 7 lieues de Lausanne	1,092	+	10,997
22	⊙34 en face du château de Prangins	0,144	—	9,739
23	⊙35a un demi-kilomètre au delà de Prangins	0,562	—	14,054
24	⊙35 à l'extrémité du pont sur la Promenthouse.	1,343	+	21,497
25	⊙36 devant la campagne de la Bergerie	1,331	+	23,876
26	⊙37 sur le pont entre la Lignière et le château de Dullit.	1,744	—	11,026
27	⊙38 en face du clocher de Bursinel	1,240	+	17,534
28	⊙39 sur une coulisse, à gauche de la route.	1,380	—	3,500
29	⊙40a à l'embranchement d'un chemin, à un quart de lieue de Rolle	0,685	+	6,317
30	⊙40 deuxième maison à l'entrée de Rolle	1,089	+	5,282
31	⊙41a hôtel de la Tête Noire à Rolle	0,241	+	1,580

¹ La pointe du baromètre de l'Observatoire est relativement à la Pierre du Niton à la cote
+ 31,355 d'après les ingénieurs français. (Nivellement général de la France. Tome I, page 33.)
+ 31,360 d'après le niv^t exécuté par l'un de nous en 1855. (Niv^t du Gr. St.-Bernard. Bibl. Un. Oct. 1855.)

Moyenne + 31,357 La pointe du baromètre est à 0^m,805 au-dessus du sol de la salle.

² Le zéro de l'échelle du nouveau limnimètre est à la cote — 2^m,781.

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.	Cote.
Sur la ligne de Genève à Morges, 1^{re} livraison, pages 43, 44, 45 (suite):		km	m
32	NF14 obélisque dans l'île Labarpe, à Rolle	0,215 +	1,518
33	⊙41 sur le pont près de la borne, à 5 lieues de Lausanne	0,829 +	7,354
34	⊙42 sur une coulisse, à gauche de la route	1,406 +	7,331
35	⊙43a maison N° 9, en face du château d'Allaman	2,925 +	25,723
36	⊙43 portail du château d'Allaman	0,003 +	26,723
37	⊙44 pont sur l'Aubonne.	1,011 +	22,531
38	⊙45 sur la dernière borne, à gauche de la route	0,220 +	34,594
39	⊙46 pont sur le ruisseau des « Riaux »	1,792 +	29,545
40	⊙47 borne au point culminant entre Allaman et St.-Prex	0,344 +	35,570
41	⊙48 St.-Prex	2,055 +	11,544
42	⊙49 pont sur le Boiron	1,817 +	6,798
43	⊙α devant l'entrée de la campagne « La Caroline »	0,485 +	12,312
44	⊙50 pont sur la Morges, à l'entrée de la ville	1,591 +	2,113
45	⊙51 douane de Morges	0,227 +	0,189
46	repère cantonal de la douane de Morges, placé au-dessus du précédent	0,000 +	0,572
47	NF15 église de Morges	0,512 +	2,020
Sur la ligne de Morges à Neuchâtel, 1^{re} livraison, pages 46, 47, 48.			
48	⊙52 passage à niveau, à 564 ^m du repère NF15 (cote des rails + 6 ^m ,552)	+	6,515
49	⊙53 borne de délimitation des communes de Morges et d'Echichens	1,058 +	44,502
50	⊙54 sur une ancienne borne, à droite de la route	1,905 +	75,595
51	⊙55 pont entre les villages de Bremblens et de Romanel	1,474 +	63,182
52	⊙56 maison communale à Romanel	0,616 +	80,789
53	⊙57 église d'Aclens	1,570 +	89,650
54	⊙58 pont sur la Senoge entre Aclens et Gollion	1,069 +	70,250
55	⊙59 sur une pierre, dans le fossé, à gauche de la route	0,397 +	92,784
56	⊙60 dernière maison de Gollion	0,812 +	130,461
57	⊙61 un peu au delà de Gollion	0,210 +	131,964
58	⊙62 pont entre Gollion et Allens	0,730 +	147,147
59	⊙63 village d'Allens	0,590 +	169,601
60	⊙64 un peu avant l'entrée de Cossonay	1,056 +	197,225
61	⊙65 église de Cossonay	0,649 +	188,900
62	⊙66 un peu au delà du cimetière de Cossonay	0,814 +	191,283
63	⊙67 sur une pierre, à gauche de la route	0,914 +	197,021
64	⊙68 sur une coulisse, à gauche de la route	1,542 +	144,648
65	⊙69 pont sur la Venoge, près de La Sarraz	1,416 +	95,025
66	⊙70 église de La Sarraz	0,819 +	125,465

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Morges à Neuchâtel, 1^{re} livraison, pages 46, 47, 48 (suite).			
67	⊙71 borne de délimitation, en face du « Moulin bornu »	0,606	+ 109,615
68	⊙72 un peu avant l'entrée du village d'Orny	0,635	+ 100,134
69	⊙73 église d'Orny	0,494	+ 96,429
70	⊙74 en face de l'hôtel d'Enteroches.	2,150	+ 70,603
71	⊙75 sur une borne, à gauche de la route	1,656	+ 70,787
72	⊙76 dernière maison du village de Bavois	1,580	+ 74,640
73	⊙77 village de Chavornay, entre les auberges de l'Écu vaudois et de la Croix blanche	2,035	+ 79,677
74	⊙78 gare de Chavornay, angle sud-est du socle, hangar des marchandises	0,602	+ 73,814
75	⊙79 sur une coulisse, à droite de la route	1,104	+ 70,816
76	⊙80 sur une coulisse, à droite de la route	2,884	+ 79,072
77	⊙81 pont dans le village d'Ependes	1,701	+ 74,957
78	⊙82 croisée des routes de Lausanne et de Cossonay	2,752	+ 71,514
79	⊙83 en face de la campagne de Vermont	1,634	+ 64,723
80	⊙84 croisée des routes de Lausanne et de Moudon, devant les bains d'Yverdon	0,595	+ 65,805
81	NF16 église d'Yverdon	1,190	+ 61,999
82	⊙85 devant les tuileries de Grandson	2,590	+ 60,621
83	⊙86 au passage du chemin de fer, sous la tourelle du château de Grandson	1,988	+ 61,875
84	⊙87 deuxième pont avant la guérite de Corcellettes	1,381	+ 61,585
85	⊙88 sur une borne, à droite du chemin de fer	0,858	+ 60,444
86	⊙89 sur un ancien mur, à droite de la ligne	4,013	+ 61,075
87	⊙90 maison communale de Concise	1,048	+ 65,544
88	⊙91 sur un rocher, à droite de la ligne	2,288	+ 65,701
89	⊙92 rocher, en face de la gare de Vaumarcus	1,407	+ 77,838
90	⊙93 passage à niveau, à Vaumarcus	1,233	+ 73,616
91	⊙94 gare de Gorgier-Saint-Aubin	2,709	+ 77,679
92	⊙95 sur un rocher, à gauche de la ligne	1,351	+ 88,857
93	⊙96 pont du chemin de fer, après la gare de Bevaix	3,060	+ 117,423
94	⊙4 pont du chemin de fer sur l'Arcuse, près Boudry	3,258	+ 120,705
95	⊙3 gare de Boudry	0,567	+ 118,074
96	⊙2	2,710	+ 121,179
97	⊙1 sur une coulisse, à droite du chemin de fer	0,772	+ 122,145
98	NF10 gare d'Auvernier	0,546	+ 119,461
99	⊙12 passage à niveau, après la gare d'Auvernier	0,223	+ 118,671
100	⊙11 passage à niveau de la route de Peseux	2,469	+ 102,765
101	⊙10 pont du chemin de fer au-dessus de la rue Saint-Jean	1,821	+ 104,951

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées aux repères de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.		Cote.
		km	m	
Ville de Neuchâtel, 1^{re} livraison, page 49.				
102	⊙3 passage à niveau, à l'entrée de la gare		+	105,816
103	⊙4 bâtiment de l'école, en face de la fabrique de télégraphes	0,488	+	74,165
104	NF1 colonne météorologique, près du Môle	0,432	+	60,988
105	niveau de l'ancien Môle ¹ , base des hauteurs d'Osterwald		+	60,702
106	ligne de niveau du Gymnase		+	61,702
107	ligne de niveau de l'Hôtel de Ville		+	64,702
108	⊙6 hôpital Pourtalès	1,258	+	64,601
109	⊙1 seuil de la porte d'entrée de l'Observatoire	0,971	+	112,852
110	pointe du baromètre de l'Observatoire		+	113,670
111	NF2 gare de Neuchâtel	1,431	+	106,940
Sur la ligne de Neuchâtel à Fribourg, 1^{re} livraison, pages 49, 50, 51, 52.				
112	⊙1 escalier à Monruz, à 1 ^{km} ,722 de la colonne météorologique, Môle de Neuchâtel		+	69,903
113	⊙2 en face du cabaret « Pinte à la pêche »	1,410	+	65,738
114	⊙3 Saint-Blaise	2,113	+	62,517
115	⊙4 en face de l'hôtel du Lion à Marin	1,239	+	75,845
116	⊙5 sur une borne, à droite de la route	1,541	+	75,697
117	⊙6 devant l'hôtel des trois Suisses à Thiele	1,163	+	61,170
118	⊙7 couvercle d'une coulisse, à droite de la route	1,060	+	60,174
119	⊙8 un peu avant la fontaine de Gampelen	1,484	+	63,372
120	⊙9 entre Gampelen et Anet	1,720	+	61,342
121	⊙10 sur une borne, à droite de la route	0,488	+	66,118
122	⊙11 couvercle d'une coulisse, à gauche de la route, près du Klingelsbrunnen	0,556	+	68,327
123	⊙12 hôtel de l'Ours à Anet	1,286	+	102,994
124	⊙13 sur une pierre, à gauche de la route	0,613	+	85,268
125	⊙14 coulisse sous la route, à 80 ^m avant l'entrée de la chaussée dans le Marais	0,525	+	59,932
126	⊙15 parapet, à gauche, du 6 ^{me} pont dans le Marais	1,620	+	60,220
127	⊙16 premier pont sur le canton de Fribourg	1,146	+	60,122
128	⊙17 croisée des routes de Morat et de Sugy, près du poste	0,697	+	59,876
129	⊙18 à gauche de la route	0,484	+	59,511
130	⊙b borne marquant l'extrémité sud de la base géodésique, à Sugy	0,192	+	59,244
131	zéro de l'échelle de la Broye, à Sugy		+	60,022
132	⊙19 sur la route de Morat, à 1 ^{km} ,569 du repère ⊙b		+	59,410
133	⊙20 croisée des routes de Soleure et de Berne	1,668	+	76,684
134	⊙21 près du cimetière, à l'entrée de Morat	1,981	+	73,797

¹ Voir pour la hauteur du Môle de Neuchâtel et les deux lignes de niveau, le bulletin de la Société de Neuchâtel, tome VII, page 526.

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées aux repères de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Neuchâtel à Fribourg, 1^{re} livr., pages 49, 50, 51, 52 (suite).			
135	NF17 Morat, maison de l'école	0,220	+ 80,614
136	zéro de l'échelle du lac de Morat		+ 60,483
137	⊙22 près de la croisée de la route de Meyriez, à 1 ^{km} ,295 de NF17		+ 73,781
138	⊙23 pont dans le village de Courgevoux	1,694	+ 95,197
139	⊙24 entre les villages de Courgevoux et de Courlevon	1,340	+ 143,875
140	⊙25 point culminant de la route entre Courlevon et Courtepin	1,295	+ 202,851
141	⊙26 près d'une forge au bord de la forêt	1,435	+ 184,130
142	⊙27 pont, en deçà de Courtepin	1,966	+ 193,503
143	⊙28 point culminant de la route, au delà de Courtepin	1,338	+ 210,931
144	⊙29 mur de soutènement, le long du ruisseau de Sonnaz	1,546	+ 162,058
145	⊙30 borne, à gauche, sur le plateau entre le Suhzbach et le sommet de la route	0,659	+ 204,037
146	⊙31 au-dessous de la 1 ^{re} maison de Wolfgraben	1,500	+ 223,220
147	⊙32 passage de la route sous le pont du chemin de fer	1,376	+ 231,659
148	⊙33 mur en face de la maison 230 B, devant la porte de Fribourg	0,506	+ 210,849
149	NF18 cathédrale de Fribourg	0,758	+ 214,594
Sur la ligne de Fribourg à Morges, par Romont, Rüe et Lausanne, 1^{re} livraison, pages 52, 53, 54, 55.			
150	⊙34 borne, rue « au Varis » à Fribourg, à 0 ^{km} ,483 de NF18		+ 239,766
151	⊙35 à Fribourg, en face de la ruelle du Séminaire	0,116	+ 250,855
152	⊙36 pont du chemin de fer sur la route de Romont	0,666	+ 255,429
153	⊙37	1,172	+ 262,922
154	⊙38 à 120 ^m au delà du passage à niveau de la route de Bulle	1,340	+ 270,238
155	⊙39 près de la maison de garde N° 44	1,807	+ 268,116
156	⊙40 un peu au delà du passage à niveau après la station de Matran	1,633	+ 271,568
157	⊙41 extrémité de la tranchée entre Matran et Neyruz	2,419	+ 293,470
158	⊙42 passage à niveau, après la station de Neyruz	2,220	+ 312,907
159	⊙43 près de la maison de garde N° 38, « aux Riolets »	2,043	+ 333,593
160	⊙44 passage à niveau, près de la maison de garde N° 36	2,239	+ 339,653
161	⊙45 à 25 ^m de la maison de garde N° 34	2,057	+ 348,222
162	⊙46 pont entre les stations de Chénens et de Villaz St-Pierre	1,988	+ 331,655
163	⊙47 passage à niveau à l'extrémité de la gare de Villaz St-Pierre	2,009	+ 332,288
164	⊙48 entre les poteaux kilom. N° 44 et 43	1,662	+ 332,106
165	⊙49 pont du chemin de fer sur la route de Romont à Payerne	1,772	+ 328,636
166	⊙50 église des capucins à Romont	1,118	+ 382,007
167	NF19 hôtel de ville à Romont	0,403	+ 408,527
168	⊙51 croisée des routes de Bulle et de Lausanne	0,600	+ 352,269
169	⊙52	1,518	+ 347,588
170	⊙53 à 150 ^m du point culminant de la route entre Romont et Siviriez	1,461	+ 412,485

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.	Cote.
		km	m
Sur la ligne de Fribourg à Morges, par Romont, Rüe et Lausanne, 1^{re} livraison, pages 52, 53, 54, 55 (suite).			
171	⊙54 près de la 1 ^{re} maison de Siviriez	1,044	+ 393,075
172	⊙55 pont à 1 ^{km} au delà de Siviriez	1,867	+ 416,187
173	⊙56	0,563	+ 423,575
174	⊙57 à 180 ^m au delà du hameau de Saulgy	1,594	+ 428,987
175	⊙58 près de la 1 ^{re} maison du village de Ürsy	0,909	+ 365,320
176	⊙59 à l'entrée de Rüe	1,615	+ 314,026
177	NF20 hôtel de ville à Rüe	0,760	+ 294,590
178	⊙60 à 60 ^m en dehors de la ville de Rüe	0,201	+ 276,901
179	⊙61 un peu avant la croisée de la route de Carouge	0,953	+ 222,083
180	⊙62 bifurcation de l'ancienne et de nouvelle route de Rüe à Prontacens	0,537	+ 218,799
181	⊙63 pont près des derniers maisons de Romacens	1,569	+ 223,234
182	⊙64	1,210	+ 246,375
183	⊙65	0,379	+ 247,955
184	⊙66 Hôtel de ville à Oron	1,412	+ 258,935
185	⊙67 pont du Grenet	1,262	+ 232,083
186	⊙68	0,793	+ 271,040
187	⊙69	0,759	+ 331,782
188	⊙70 auberge de la Croix fédérale à Essertes	1,112	+ 386,366
189	⊙71	0,397	+ 386,061
190	⊙72	1,433	+ 362,625
191	⊙73 maison isolée entre Essertes et Savigny	1,475	+ 374,390
192	⊙74 à 50 ^m en deçà de l'auberge de l'Union à Savigny	1,510	+ 421,958
193	⊙75	0,684	+ 457,469
194	⊙76 point culminant de la route sur le Jorat, au delà de Savigny	0,090	+ 462,297
195	⊙77 à 150 ^m au delà de l'hôtel du Cheval blanc	1,818	+ 432,750
196	⊙78	0,443	+ 406,025
197	⊙79 près de la pinte « aux Trois chasseurs »	0,924	+ 349,714
198	⊙80	1,290	+ 309,268
199	⊙81 à 180 ^m en deçà de la 1 ^{re} maison de Lasallaz	2,057	+ 248,849
200	⊙82 près du restaurant « Bovard »	1,257	+ 205,868
201	⊙83 bifurcation des routes qui passent au travers et au-dessus du tunnel de la Barre	1,179	+ 144,680
202	repère cantonal, en fer, du tunnel de la Barre		+ 141,837
203	NF23 maison du juge criminel, en face du château, à Lausanne		+ 168,472
204	⊙84 cathédrale de Lausanne, seuil de la porte principale		+ 152,249
205	⊙85 mur en face du marché au foin, à Lausanne, à 1 ^{km} ,074 de NF23		+ 119,882
206	⊙86 sur le parapet d'un pont	1,637	+ 66,879
207	⊙87 sous le pont du chemin de fer au-dessus de la grande route	0,308	+ 51,120

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.		Cote.
		km	m	
Sur la ligne de Fribourg à Morges, par Romont, Rüe et Lausanne, 1^{re} livraison, pages 52, 53, 54, 55 (suite).				
208	⊙88	1,171	+	13,555
209	⊙89	1,770	+	23,841
210	⊙90 borne isolée portant les marques P ^r n° 20 et P ^r n° 21.	1,619	+	25,799
211	⊙91 près de la 1 ^{re} maison de Préveranges	1,610	+	26,870
212	⊙92 pont après Préveranges	1,274	+	2,506
Sur la ligne de Neuchâtel à Chaumont, puis le long de la crête du Jura au sommet du Chasseral, et de Chufford à Paquier; 1^{re} livraison, pages 49, 56, 57, 58, 59.				
213	⊙7a sur la route de Chaumont à 0 ^{km} , 768 du passage à niveau, à l'entrée de la gare .		+	156,037
214	⊙51 Pierrabot, embranchement des routes du Val-de-Ruz et de Chaumont	1,388	+	250,391
215	⊙52 au bord de la route	0,496	+	296,731
216	⊙53 au bord de la route	0,707	+	361,760
217	⊙54 sur un bloc, à droite de la route	0,230	+	386,992
218	⊙55 sur un bloc, à droite de la route	0,710	+	455,593
219	⊙56 sur un rocher, au bord de la route	0,567	+	513,460
220	⊙57 au bord de la route	0,896	+	604,315
221	⊙58 au bord de la route	0,494	+	632,727
222	⊙1 borne à l'angle Nord-Ouest de l'ancien hôtel de Chaumont	0,886	+	713,112
223	⊙2 dalle de la terrasse supérieure, façade sud, ancien hôtel de Chaumont		+	711,972
224	⊙3 dalle de la terrasse inférieure, façade sud, ancien hôtel de Chaumont		+	711,233
225	NF3 signal de Chaumont.	1,184	+	797,966
226	⊙7 angle Nord-Ouest terrasse au sud du signal de Chaumont		+	797,383
227	⊙8 angle sud-ouest terrasse au nord du signal de Chaumont		+	798,593
228	⊙6 seuil de la maison d'école de Chaumont		+	771,871
229	⊙5 bassin de fontaine, façade ouest de cette maison		+	772,114
230	pointe du baromètre, station météorologique de Chaumont, maison d'école		+	775,606
231	⊙9 rocher à 231 ^m du signal, à la croisée du sentier qui y conduit		+	781,538
232	⊙10 pilier oriental du portail de la métairie Perregaux	1,842	+	764,955
233	⊙11 borne de délimitation de districts, au haut de la Combe	1,959	+	801,677
234	⊙12 rocher, à droite de la route, un peu avant la maison de Ladame	1,378	+	853,616
235	⊙13 seuil de la porte d'entrée de la métairie de Ladame	0,912	+	854,583
236	⊙14 rocher, un peu à l'Est de la métairie de Ladame		+	864,859
237	⊙15 grande pierre plate, près d'une ancienne citerne	0,957	+	880,187
238	⊙16 rocher, près d'un mur, un peu avant Chufford	1,032	+	850,459
239	⊙17 seuil de la porte d'entrée de l'auberge de Chufford	0,478	+	852,096

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Neuchâtel à Chaumont, puis le long de la crête du Jura au sommet du Chasseral, et de Chufford à Paquier ; 1^{re} livraison, pages 49, 56, 57, 58, 59 (suite).			
240	⊙18 rocher, un peu au delà de la clôture au-dessus de Chufford	0,348	+ 888,378
241	⊙19 rocher, au bord du sentier	1,056	+ 952,691
242	⊙20 rocher, près des premiers sapins, au-dessus de la Combe, après la métairie de l'île	1,017	+ 1015,348
243	⊙21 rocher, à la droite du sentier, à 92 ^m au delà du commencement de la forte descente	0,284	+ 1026,955
244	⊙22 rocher, un peu au delà de la clôture de la métairie Dombresson	0,611	+ 998,754
245	⊙24 rocher, entre deux sapins, au-dessus de la métairie Dombresson	0,882	+ 1102,472
246	sommet de la borne de délimitation des cantons de Berne et de Neuchâtel	0,212	+ 1129,792
247	⊙25 pierre, à fleur du sol, au pied de cette borne		+ 1128,602
248	⊙26 rocher, un peu au-dessous de l'arête du Chasseral	0,197	+ 1138,328
249	⊙27 rocher, un peu au-dessous de l'arête du Chasseral	1,222	+ 1164,113
250	⊙29 rocher, un peu au-dessous de l'arête du Chasseral	0,811	+ 1194,392
251	NF4 rocher, à 15 ^m à l'ouest du signal du Chasseral, un peu au-dessous	0,499	+ 1232,000
252	⊙30 pierre à fleur du sol, à la base du signal du Chasseral, côté ouest	0,015	+ 1232,708
253	⊙34 rocher, sur le sentier de Chufford à Paquier, à 477 ^m de Chufford		+ 828,082
254	⊙35 rocher, à gauche du sentier, à 15 ^m au delà de la 2 ^{me} barrière	0,480	+ 767,440
255	⊙36 bloc, au milieu du sentier, à 70 ^m au delà de la 3 ^{me} barrière	0,405	+ 714,104
256	⊙37 rocher, à droite du sentier, près de la fontaine au-dessus de Clêmesin	0,504	+ 645,155
257	⊙38 pierre taillée en forme de marche, entre Clêmesin et Paquier	0,536	+ 614,848
258	⊙39 bloc, à un demi-kilomètre avant d'arriver à Paquier	0,650	+ 529,118
Sur la ligne de Neuchâtel à St.-Imier, par le Val-de-Ruz et Paquier, 1^{re} livraison, pages 60 et 61.			
259	⊙50 à 762 ^m de ⊙51 Pierrabot, embranchement de la route de Chaumont et Val-de-Ruz		+ 302,843
260	⊙49	0,554	+ 349,371
261	⊙48 borne, à gauche de la route, près de l'entrée d'une carrière	0,366	+ 364,840
262	⊙47 borne, à 323 ^m en deçà de Velard	3,202	+ 372,048
263	⊙46	2,510	+ 398,248
264	⊙45 borne, à gauche de la route, un peu au delà de Petit-Savagnier	1,971	+ 375,022
265	⊙44 coulisse, à gauche de la route, près du pont sur le Seyon	1,869	+ 361,808
266	⊙43 perron de la maison communale à Dombresson	0,248	+ 366,234
267	⊙42 borne, à la sortie de Villiers, embranchement du sentier de Clêmesin	1,355	+ 391,208
268	⊙41 borne, à droite de la route, entre Villiers et Paquier	1,855	+ 458,268
269	⊙40 borne, à droite de la route, un peu avant Paquier	1,007	+ 510,875
270	NF5 angle sud du cordon de la maison d'école, à Paquier	0,406	+ 523,902

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Neuchâtel à St.-Imier, par le Val-de-Ruz et Paquier; 1^{re} livraison, pages 60 et 61 (suite).			
271	⊙1	0,767	+ 563,611
272	⊙2	0,881	+ 606,724
273	⊙3	0,169	+ 621,074
274	⊙4	0,709	+ 676,219
275	⊙5	1,621	+ 747,488
276	⊙6	1,199	+ 714,787
277	⊙7	0,568	+ 671,853
278	⊙8	1,380	+ 525,995
279	⊙9	0,420	+ 467,663
280	⊙10	0,341	+ 427,445
281	⊙11	0,848	+ 425,689
Sur la ligne de Neuchâtel à Bienne, 1^{re} livraison, page 65.			
282	⊙1		+ 61,060
283	⊙2	2,962	+ 62,686
284	⊙3	0,619	+ 62,785
285	⊙4	4,058	+ 60,114
286	⊙5	2,469	+ 61,559
287	⊙6	2,514	+ 61,474
288	⊙7	2,575	+ 60,534
289	⊙8	2,866	+ 61,684
290	⊙9	2,823	+ 69,081
291	⊙10	1,929	+ 65,066
292	⊙11	1,627	+ 60,241
293	NF21	0,988	+ 65,822
Sur la ligne de Bienne à Morteau, par Sonceboz, St.-Imier, La Chaux-de- Fonds et Locle; 2^{me} livr., p. 39; 1^{re} livr., p. 62 et 64.			
294	⊙12		+ 63,308
295	⊙13	1,241	+ 105,480
296	⊙14	1,341	+ 169,687
297	⊙15	1,848	+ 207,891
298	⊙16	2,180	+ 220,411
299	⊙17	1,918	+ 238,127
300	⊙18	1,916	+ 252,206
301	⊙19	1,578	+ 267,620

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Bienne à Morteau, par Sonceboz, St.-Imier, La Chaux-de-Fonds et Locle; 2^{me} livr., p. 89; 1^{re} livr., p. 62 et 64 (suite).			
302	NF22 pilier à l'ouest de la maison de M. Rosset, à Sonceboz	0,816	+ 279,141
303	⊙20 borne, à gauche de la route, à 60 ^m en deçà de l'église de Sombeval	1,282	+ 286,718
304	⊙21 rocher, à droite de la route, à Corgémont	1,831	+ 289,951
305	⊙22 borne, à droite de la route, près de la maison « Zumbach »	0,863	+ 296,009
306	⊙23 borne, à gauche de la route, un peu au delà de Cortébert	2,531	+ 308,730
307	⊙24 1 ^{er} borne, à gauche de la route, avant la tuilerie de Cormoret	2,999	+ 327,735
308	⊙25 coulisse, à droite de la route, près de la machine à battre, après Cormoret	1,498	+ 341,672
309	⊙26 seuil de la porte d'une maison, à gauche de la route, à l'entrée de Villeret	2,472	+ 365,991
310	⊙27 borne, à droite de la route, au-dessus du cimetière de Villeret	0,580	+ 380,412
311	NF6 cordon de la maison N° 14, à St.-Imier, à l'angle de la G ^{de} -Rue et r. du Collège	1,375	+ 437,600
312	⊙12	0,884	+ 440,767
313	⊙13 borne, à 630 ^m au delà du village de Sonvillier	3,154	+ 439,232
314	⊙14 borne, à gauche de la route, à 300 ^m en aval de la brasserie de Renan	1,321	+ 472,199
315	⊙15 perron de la maison de M. le lieutenant-colonel Girard à Renan	1,125	+ 517,344
316	⊙16	0,163	+ 528,740
317	⊙17	0,709	+ 536,652
318	⊙18 rocher, à droite de la route, près de la maison d'école de Cibourg	1,387	+ 700,189
319	⊙19 borne, à droite de la route, à 250 ^m en aval du bureau des péages	1,490	+ 670,381
320	⊙20	1,122	+ 641,107
321	⊙21 borne, à 280 ^m au delà du point culminant de la route	1,193	+ 686,505
322	⊙22 borne, à droite de la route, près de la maison de M. le président Girard	0,681	+ 640,738
323	⊙23	1,948	+ 625,495
324	⊙24	0,181	+ 614,833
325	NF7 Hôtel de Ville à La Chaux-de-Fonds	0,071	+ 615,279
326	repère de M. d'Osterwald, dalle dev ^t l'hôtel de la « Fleur de Lys » à Chaux-de-Fonds		+ 613,015
327	⊙25 borne, à gauche de la route, à 70 ^m de la brasserie sur la route du Locle	1,263	+ 622,288
328	⊙26 borne, à gauche de la route	3,044	+ 645,913
329	⊙27 borne du chemin de fer	1,451	+ 641,708
330	⊙28 borne, à droite de la route	1,123	+ 566,641
331	NF8 maison de la poste, au Locle	1,738	+ 548,857
332	⊙29 dalle du trottoir, à droite de la route de Morteau	1,846	+ 541,893
333	⊙30 dalle devant la porte d'entrée de l'auberge « Col des Roches »	1,834	+ 518,027
334	⊙31 margelle du puits « les Bassots, » à droite de la route	1,886	+ 452,064
335	⊙32	1,391	+ 402,625

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.	
		km	m
Ligne de Bienne à Morteau (suite).			
336	⊙33 socle d'une colonne en fer, angle sud-ouest de la douane française à Villers-le-Lac	0,989	+ 383,708
337	⊙34 rocher, à droite de la route	1,707	+ 382,146
338	⊙35	2,050	+ 381,557
339	⊙36	1,406	+ 381,621
340	NF9 perron de l'Hôtel de Ville, à Morteau, Département du Doubs	1,535	+ 398,928
Sur la ligne de La Chaux-de-Fonds à Neuchâtel, par la Vue des Alpes; 1^{re} livraison, pages 62 et 63.			
341	⊙37 borne, sur la route de Neuchâtel, à 1 ^{km} ,698 de l'Hôtel de ville à Chaux-de-Fonds		+ 647,588
342	⊙38	1,575	+ 760,459
343	⊙39	1,580	+ 804,931
344	⊙40 borne, à droite de la route	1,044	+ 862,013
345	⊙41 dalle du perron de « l'Hôtel des Alpes », point culminant du col	1,154	+ 911,691
346	⊙42 borne, à droite de la route, à la croisée d'un sentier	0,633	+ 862,632
347	⊙43	0,911	+ 792,436
348	⊙44	0,931	+ 737,483
349	⊙45 borne, à droite de la route, près d'une carrière de gravier	1,132	+ 650,693
350	⊙46 socle de l'indicateur des routes, en face de l'hôtel du Val-de-Ruz, aux hauts Geneveys	0,447	+ 614,125
351	⊙47 borne, à droite de la route	1,104	+ 528,416
352	⊙48 angle nord-est du soubassement de l'auberge de Malvilliers	0,633	+ 476,206
353	⊙49 borne, à gauche de la route	0,624	+ 431,138
354	⊙50 perron de la maison communale à Boudevilliers	1,356	+ 377,597
355	⊙51 borne, à gauche de la route	1,437	+ 318,628
356	⊙52 soubassement de l'indicateur des routes, devant l'hôtel de la Couronne, à Valengin	0,610	+ 276,963
357	⊙53 banc en pierre, à l'embranchement des routes du Val-de-Ruz et de Valengin	0,943	+ 315,029
Sur la ligne de Bienne à Berne, par Aarberg; 2^{me} livr., p. 90 et 91.			
358	⊙1 perron de l'auberge, en dehors de Nidau, à 3 ^{km} ,044 de l'Hôtel de Ville, à Bienne		+ 63,939
359	⊙2 extrémité sud du mur de clôture du cimetière de Nidau	0,211	+ 74,820
360	⊙3 dernière maison de St-Niklaus, à gauche de la route	2,989	+ 151,188
361	⊙4 angle du mur de jardin de la 2 ^{me} maison de Bühl, à droite de la route	2,151	+ 84,819
362	⊙5 borne, à gauche de la route, à 200 ^m en deçà de Walperswyl	1,466	+ 94,712
363	b (base) cylindre de bronze, qui marque l'extrémité nord de la base géodésique, à Walperswyl	0,996	+ 68,915
364	⊙6 borne de délimitation de communes, entre Walperswyl et Aarberg	1,273	+ 70,618
365	⊙7 mur de soutènement d'une grange, en deçà du pont d'Aarberg	2,199	+ 75,618
366	NF24 angle nord du cordon de l'hôtel de la Couronne, à Aarberg	0,263	+ 81,662

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.		Cote.
		km	m	
Sur la ligne de Bienne à Berne (suite).				
367	⊙8 borne trigonométrique, à droite de la route, entre Aarberg et Lyss	2,412	+	72,004
368	⊙9 parapet du pont sur le Lyss-Bach	1,657	+	75,053
369	⊙10 borne, à droite de la route, près de l'entrée du moulin de Suberg	2,535	+	95,876
370	⊙11 borne, à gauche de la route, entre les pierres N° 14 et 13 du chemin de fer	1,735	+	117,611
371	⊙12 perron de l'hôtel du « Rössli » à Schwanden	3,973	+	154,087
372	⊙13 borne, près de l'indicateur des routes, à l'embranchement de Schönbrunnen	2,098	+	155,919
373	⊙14 perron de l'hôtel de l'Ours, à Münchenbuchsee	2,228	+	182,823
374	⊙15 banc en pierre, près de l'indicateur des routes, avant la station de Zollikofen	2,268	+	184,287
375	⊙17 parapet de gauche (pile de la rive droite), pont sur l'Aar de la Tiefenau	2,938	+	146,824
376	⊙18 coulisse, à droite de la route, à l'extrémité de la gare de Berne vers l'Enge	3,213	+	164,304
377	NF26 perron extérieur de la restauration 3 ^{me} classe, gare de Berne	0,473	+	167,311
378	NF25 Palais fédér ^l à Berne, socle du candélabre à droite de l'entrée principale	0,447	+	169,899
379	⊙19 coulisse, au bas de la butte de l'Observatoire, à la croisée des deux sentiers	1,212	+	185,570
380	⊙20 pilier devant la façade nord de l'Observatoire de Berne	0,102	+	198,071
381	ligne de niveau, à la hauteur de la cuvette du baromètre de l'Observatoire		+	198,620
Sur la ligne de Fribourg à Berne, 2^{me} livraison, pages 92 et 93.				
382	⊙2 coulisse, à droite de la voie, dernier passage à niveau avant le viaduc de Grandfey		+	229,944
383	⊙3 coulisse, à gauche de la voie, premier passage à niveau après le viaduc	1,308	+	223,672
384	⊙4 socle du poteau du télégraphe, à côté de la borne kilométrique N° 71	1,513	+	221,943
385	⊙5 2 ^{me} pilier, à droite de la voie, au passage de la route sous le chemin de fer	2,122	+	234,346
386	⊙6 socle du 2 ^{me} poteau du télégraphe, après la borne kil. N° 75	2,042	+	231,119
387	⊙7 socle du 4 ^{me} poteau du télégraphe, après la borne kil. N° 77	1,919	+	227,397
388	⊙8 borne, à gauche de la route et à gauche du chemin de fer	0,782	+	253,793
389	⊙9 cordon d'une grange, à gauche de la route, à Wünnenwyl	1,878	+	247,518
390	⊙10 borne, à droite de la route, à la croisée du sentier vers Blumisberg	1,186	+	192,996
391	⊙D passage à niveau, immédiatement avant le tunnel à 1 ^{km} ,264 de ⊙7		+	232,332
392	⊙E couvercle d'une rigole, à la croisée des routes à Mühlethal	0,671	+	216,451
393	⊙11 couvercle du canal pour le passage du ruisseau Täfferna, sous la voie	4,283	+	168,047
394	⊙12 dernière niche, dans le mur de soutènement, à droite de la voie, station Flamatt	1,323	+	178,571
395	⊙13 pont du chemin de fer sur la Singine	2,280	+	195,647
396	⊙14 extrémité du perron à la station de Thörishaus	1,871	+	212,557
397	⊙15 cordon de soutènement de la voie, un peu avant la borne kil. N° 91	2,774	+	194,370
398	⊙16 borne, à droite de la voie, à l'extrémité de la gare de Bümplitz	2,036	+	188,070
399	⊙17 cordon de soutènement de la voie, 60 ^m après la borne kil. N° 94	1,035	+	182,371
400	⊙18 borne, à gauche de la voie, près du passage à niveau de la route de Morat	0,942	+	179,617

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.		Cote.
		km	m	
Sur la ligne de Sonceboz à Bâle, par le Val-Moutiers; 2 ^{me} livr., p. 93, 94, 95, 96.				
401	⊙1 rocher, à droite de la route, à 686 ^m de Sonceboz et 36 ^m de la pierre 10 lieues de Berne		+	326,668
402	⊙2 rocher, à gauche de la route, entre les poteaux télégraphiques N° 350 et 351	0,533	+	386,525
403	⊙3 rocher, à gauche de la route, au point culminant du col de Pierre-Pertuis	0,860	+	453,567
404	⊙4 borne, à droite de la route, près du sentier qui conduit à un moulin	0,899	+	387,329
405	NF42 seuil de la porte d'entrée de l'hôtel de la Couronne, à Tavannes	0,645	+	383,910
406	⊙5 pont sur un ruisseau, à 20 ^m de l'église de Tavannes	0,908	+	374,353
407	⊙6 pont sur la Birse, entre Tavannes et Reconvillier	0,709	+	366,990
408	⊙7 pont sur la Birse, à la sortie de Reconvillier	1,277	+	355,270
409	⊙8 pont sur la Birse, un peu en deçà de Pontenet	1,916	+	343,390
410	⊙9 trottoir, à l'angle sud-ouest de l'hôtel de la Croix à Malleray	1,702	+	328,719
411	⊙10 borne, à droite de la route, à 20 ^m au delà de la dernière maison de Bévillard	1,406	+	315,954
412	⊙11 borne, à gauche de la route, près de la dernière maison de Sorvilier	1,781	+	307,861
413	⊙12 perron devant la maison d'école de Court	2,253	+	294,129
414	⊙13 rocher, à 5 ^m à gauche de la route, entre les poteaux télégraphiques N° 175 et 174	1,957	+	265,498
415	⊙14 borne, à gauche de la route, à 25 ^m de l'ancien pont sur la Birse	1,541	+	217,925
416	⊙15 seuil de la porte d'un bâtiment, au-dessous de la verrerie près de Moutier	1,146	+	175,331
417	NF43 rocher servant de fondation à la maison de M. Girod, à Moutier	1,601	+	157,554
418	⊙16 pont sur la Birse, au-dessous de Moutier	1,957	+	133,241
419	⊙17 3 ^{me} borne en aval du pont en bois sur la Birse, près de la scierie de Roche	1,682	+	110,640
420	⊙18 rocher, à droite de la route, à 200 ^m au delà de la verrerie	1,566	+	102,968
421	⊙19 extrémité d'un mur, à gauche de la route, près de la fonderie « Schwendi »	1,096	+	90,620
422	⊙20 perron de l'hôtel du Cerf, à Courrendlin	2,199	+	64,810
423	⊙21 avant-dernière de la 2 ^{me} rangée de bornes, à droite de la route, à 300 ^m de Courrendlin	0,775	+	59,812
424	⊙22 borne, à droite de la route, près de la croisée des routes de Delémont et de Bâle	2,123	+	40,082
425	⊙23 pont sur la Sorne, à l'entrée de Delémont	0,939	+	35,048
426	NF44 église réformée à Delémont	0,999	+	54,338
427	⊙24 couvercle d'une coulisse, à gauche de la route, près de l'hôtel de Bellerive av ^t Soyhière	2,827	+	26,053
428	⊙25 pierre, à droite de la route, un peu au delà de la dernière maison de Soyhière	1,474	+	24,772
429	⊙26 borne, à gauche de la route, près du sentier qui conduit à Liesberg	3,713	+	11,503
430	⊙27 trottoir devant la maison d'habitation, à côté du moulin sous Liesberg	1,497	+	6,777
431	⊙28 borne, à gauche de la route, entre les poteaux télégraphiques N° 357 et 356	1,776	+	2,951
432	⊙29 borne, à droite de la route, à 5 ^m du pont en bois sur la Birse	2,356	—	8,081
433	⊙30 borne, à gauche de la route, au delà de la verrerie	0,894	—	9,222
434	⊙31 borne, à droite de la route, un peu au delà du coude qu'elle fait sous un rocher.	1,424	—	16,562
435	⊙32 maison du notaire Scholler, rue de Roschenz, à Laufen	0,933	—	21,278

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées aux repères de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.		Cote.
		km	m	
Sur la ligne de Sonceboz à Bâle, par le Val-Moultiers (suite).				
436	NF45 perron de la maison d'école à Laufen	0,357	—	17,439
437	⊙33 borne, à gauche de la route	0,424	—	22,597
438	⊙34 borne, à gauche de la route, un peu en deçà de la 1 ^{re} maison de Zwingen . . .	1,547	—	26,763
439	⊙35 borne, à gauche de la route, près d'un dépôt de gravier	1,790	—	32,751
440	⊙36 borne, à gauche de la route, à la croisée d'un sentier	0,838	—	38,710
441	⊙37 borne de la Ci ^e des eaux de Bâle, la 2 ^{me} en deçà de la pierre 23 lieues de Berne	3,133	—	40,139
442	⊙38 borne de la Ci ^e des eaux de Bâle, un peu au delà de Grellingen	1,405	—	50,620
443	⊙39 borne, à gauche de la route, en face du clocher de Duggingen	1,340	—	64,311
444	⊙40 pierre taillée, à gauche de la route, 150 ^m en deçà de la frontière entre Berne et Bâle	1,114	—	65,964
445	⊙41 piédestal d'une croix en pierre, près de la petite chapelle, au delà d'Aesch . . .	1,267	—	58,733
446	⊙42 borne, à gauche de la route, à 200 ^m en deçà du « Neuenhof »	1,303	—	64,970
447	⊙43 pont sur le ruisseau dans le village de Reinach	1,078	—	68,157
448	⊙44 piédestal d'une croix en pierre, à droite de la route	1,804	—	76,243
449	⊙45 borne de la Ci ^e des eaux de Bâle, près d'un cabaret à droite de la route	1,208	—	81,640
450	⊙46 borne, à gauche de la route, en face de Mönchenstein	1,610	—	86,986
451	⊙47 pont sur le chemin de fer, à l'entrée de Bâle, à 1 ^{km} de la gare	2,323	—	91,368
Sur la ligne de Berne à Bâle, par Olten, Brugg et Rheinfelden ; 2^{me} livraison, pages 96 à 102.				
452	⊙1 mur de jardin, à d ^{re} de la r ^{te} , près de la maison N° 252d Aareggi, à 2 ^{km} , 8 de la gare		+	159,207
453	⊙2 borne, à gauche de la route, près de l'auberge de la croix à Zollikofen	3,152	+	182,431
454	⊙3 mur qui entoure un dépôt de gravier, près de la 1 ^{re} maison de Moos-Seedorf . . .	2,408	+	165,791
455	⊙4 borne, à droite de la route, à la croisée des routes de Münchenbuchsee et Hindelbank	0,505	+	157,013
456	⊙5 borne du chemin de fer, portant les N° IX et XI	1,394	+	154,513
457	⊙6 borne, à droite de la route, près de la maison neuve « Neuhaus-Bäriswyl » . . .	2,021	+	163,797
458	⊙7 borne, à droite de la route, croisée du chemin qui mène au château d'Hindelbank	1,419	+	166,756
459	⊙8 borne, à gauche de la route, en face de l'hôtel du Lion, à Hindelbank	1,065	+	151,594
460	⊙9 borne, portant le N° 28, à droite de la route entre Hindelbank et Möttschwyl . .	1,508	+	160,836
461	⊙10 borne, portant le N° 51, à droite de la route, au delà de Möttschwyl	1,246	+	173,585
462	⊙11 borne, portant le N° 68, à gauche de la route, au-dessus du hameau Kreuzweg .	0,799	+	184,979
463	⊙12 borne, portant le N° 95, à gauche de la route, au bout du hameau Rohrmoos . .	1,395	+	207,111
464	⊙13 borne, portant le N° 98, à gauche de la r ^{te} , près de la croisée de la r ^{te} du Krauchthal	0,215	+	195,140
465	⊙14 borne, à gauche de la route, près des premières maisons de Berthoud	1,349	+	169,630
466	NF27 perron de l'hospice des orphelins à Berthoud	0,403	+	173,069
467	⊙15 couvercle du canal sous la gare de Berthoud	1,011	+	159,124
468	⊙16 pont du chemin de fer sur l'Emme	0,753	+	164,184
469	⊙17 borne, à gauche de la route, croisée du chemin qui mène au bain « Sommerhaus »	0,835	+	189,981
470	⊙18 borne, à droite de la route, en face du passage voûté N° 36 sous le chemin de fer	1,677	+	164,710
471	⊙19 2 ^{me} borne, à gauche, après le pont sur le Kennerichbach	1,515	+	161,491
472	⊙20 couvercle d'une coulisse, à droite de la route, un peu avant la station de Wynigen	1,138	+	154,009

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées aux repères de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Berne à Bâle (suite).			
473	⊙21 pile du canal, qui donne passage au ruisseau, à la station de Wynigen	0,804	+ 153,915
474	⊙22 pont du chemin de fer sur le Wyniger-Bach, à l'extrémité du village	0,750	+ 153,029
475	⊙23 borne, à gauche de la route	0,601	+ 145,923
476	⊙24 couvercle de coulisse, à droite de la route, un peu après la pierre 7 lieues de Berne	2,020	+ 129,099
477	⊙25 couvercle de coulisse, sous le chemin de fer, un peu avant la gare de Riedwyl	1,256	+ 122,822
478	niveau des traverses du chemin de fer, à la gare de Riedwyl	0,150	+ 122,822
479	⊙26 pont en pierre dans le village de Riedwyl	0,394	+ 124,780
480	⊙27 coulisse sous le chemin de fer, près de la maison de gare à Hermiswyl	1,393	+ 113,375
481	⊙28 pont du chemin de fer sur le Oenzbach	0,867	+ 107,265
482	⊙29 socle du poteau du télégraphe, à la croisée de la route d'Ober-Oenz à Bollodingen	1,727	+ 96,067
483	⊙30 socle du réservoir d'eau, dans la gare d'Herzogenbuchsee	1,172	+ 90,769
484	niveau des traverses, près de ⊙30, dans la gare d'Herzogenbuchsee		+ 90,761
485	⊙31 escalier de la terrasse de la maison en face de l'hôtel du Soleil, à Herzogenbuchsee	0,535	+ 102,621
486	NF28 seuil de la porte principale de l'église de Herzogenbuchsee	0,207	+ 118,482
487	⊙32 2 ^{me} maison, à gauche de la route, après la maison « zum Bad »	2,091	+ 104,609
488	⊙33 pierre d'angle du trottoir devant l'auberge de Guillaume Tell, à Bützberg	2,352	+ 106,220
489	⊙34 borne, à droite de la route, à 250 ^m en deçà des routes de Langenthal et Aarau	1,726	+ 90,158
490	⊙35 ponceau du chemin de fer sur un sentier, gare de Langenthal	1,657	+ 98,440
491	niveau des traverses du chemin de fer, gare de Langenthal		+ 98,440
492	⊙36 banc en pierre, à la bifurcation des routes, vers Aarau, Langenthal et la gare	0,396	+ 99,286
493	NF29 perron de l'église de Langenthal	0,729	+ 107,266
494	⊙37 couvercle d'une coulisse, à gauche de la route.	2,591	+ 81,787
495	⊙38 borne, à gauche de la route, à 250 ^m d'une fabrique à Brennmatt	1,948	+ 78,333
496	⊙39 pont sur un ruisseau, immédiatement après le passage à niveau, station de Roggwyl	0,883	+ 57,766
497	⊙40 borne, à droite de la route, près du cabaret d'Aegerten	0,312	+ 75,514
498	⊙41 pont sur le Murgbach, à Morgenthal	1,320	+ 34,903
499	⊙42 cordon du trottoir, près de l'aiguille, à la gare de Morgenthal	0,438	+ 40,076
500	niveau des traverses de l'aiguille, à la gare de Morgenthal		+ 39,927
501	⊙43 écluse, à gauche de la route, après la dernière maison de Mättli-Morgenthal	0,600	+ 38,482
502	⊙44 gros bloc, à droite de la route, à la bifurcation du chemin de Ryken	1,045	+ 34,419
503	⊙45 borne, à gauche de la route, à 200 ^m en deçà de la filature à Hungerzelg-Niederwyl	1,889	+ 32,887
504	⊙46 pilier en pierre, à gauche de la route, un peu avant la station de Niederwyl	1,895	+ 35,667
505	⊙47 borne du chemin de fer, passage à niveau à la station de Niederwyl	0,651	+ 33,479
506	niveau des traverses du chemin de fer au passage à niveau		+ 33,354
507	⊙48 pont du chemin de fer sur la Pfaffnern	1,146	+ 31,396
508	niveau des traverses du chemin de fer sur le pont de la Pfaffnern		+ 31,370
509	⊙49 pont du chemin de fer sur la Wigger	0,397	+ 31,421
510	niveau des traverses du chemin de fer sur le pont de la Wigger		+ 31,402
511	⊙50 socle du 1 ^{er} pilier soutenant l'avant-toit de la gare d'Aarburg	1,560	+ 38,583
512	niveau des traverses du chemin de fer, à côté de ⊙50, gare d'Aarburg		+ 38,405

Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la Pierre du Niton, à Genève.

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au repère précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Berne à Bâle (suite).			
513	NF30 angle du rocher, sur lequel l'église d'Aarburg est bâtie	0,907	+ 24,093
514	⊙51 borne du chemin de fer, à droite de la route	2,156	+ 24,315
515	⊙52 bordure du trottoir, devant la maison N° 581, à l'entrée d'Olten	1,261	+ 22,743
516	NF31 sommet du perron sur la façade ouest de la gare d'Olten	0,349	+ 23,313
517	niveau des traverses de la voie la plus occidentale, gare d'Olten		+ 22,676
518	⊙54 grosse pierre, à droite de la route, en face de la maison N° 53, village de Starkirch	1,930	+ 45,568
519	⊙55 borne du chemin de fer, à gauche de la route, entre Starkirch et Däniken	1,516	+ 20,575
520	⊙56 1 ^{re} borne du chemin de fer, à gauche de la route, après la croisée à Neu-Däniken	1,370	+ 14,187
521	⊙57 pont sur le Däniker-Bach, à l'extrémité du village de Däniken	1,450	+ 8,694
522	⊙58 pont sur le Grezen-Bach	0,995	+ 9,407
523	⊙59 couvercle de coulisse, en face de la fontaine à l'entrée du village de Schönenwerd	1,250	+ 14,616
524	⊙60 borne devant la dernière maison de Schönenwerd, à gauche de la route	1,432	+ 4,950
525	⊙61 borne de délimitation des cantons de Soleure et d'Argovie, à Wöschnau	1,628	+ 5,270
526	⊙62 mur de clôture de la fontaine, à l'entrée de la ville d'Aarau	1,188	+ 14,488
527	NF32 socle du candélabre, à droite de l'entrée de l'Hôtel de Ville, à Aarau	0,455	+ 15,419
528	⊙63 bordure du quai, gare d'Aarau, extrémité gauche du côté de Zurich	0,572	+ 9,646
529	niveau des traverses du chemin de fer, devant le quai, gare d'Aarau		+ 9,529
530	⊙64 pont sur la Suhr	1,749	+ 1,987
531	⊙65 borne, à gauche de la route, devant la maison N° 15, village de Rohr	1,369	+ 1,283
532	⊙66 borne de délimitation de forêts, portant le N° 26	2,320	+ 1,186
533	⊙67 borne, à droite de la route, presque à l'extrémité du village de Ruppenschwyl	1,148	+ 5,264
534	⊙68 borne près de l'indicateur, à une croisée de routes	1,857	+ 13,744
535	⊙69 pont du chemin de fer sur l'Aa-Bach, après la station de Wildegg	1,095	+ 19,869
536	niveau des traverses du chemin sur le pont sur l'Aa-Bach		+ 19,885
537	⊙70 pont en pierre, à droite de la route	0,767	+ 19,875
538	⊙71 bassin en pierre de la fontaine devant l'église de Holderbank	0,987	+ 8,802
539	⊙72 couvercle d'une coulisse, sous le chemin de fer, à 9 ^m du bord gauche de la route	1,065	+ 21,493
540	⊙73 borne, à droite de la route, portant le N° 42, un peu au delà de Schinznach	2,234	+ 19,499
541	⊙74 borne, à droite de la route, immédiatement après un passage	1,550	+ 28,999
542	⊙75 sommet de la voûte du canal sous le chemin de fer, avant la gare de Brugg	1,947	+ 21,529
543	niveau des traverses du chemin de fer, à côté de ⊙75		+ 21,498
544	NF35 porte d'entrée de la caserne de Brugg	0,739	+ 22,452
545	⊙76 borne, à gauche de la route, à l'entrée du village de Umiken	1,159	+ 16,218
546	⊙77 grosse pierre, à gauche de la route, un peu au delà du hameau de Tiefengrub	0,923	+ 18,112
547	⊙78 borne, à droite de la route, en deçà du hameau de Simndel	0,989	+ 83,518
548	⊙79 banc en pierre, à l'endroit dit « aux 4 Tilleuls »	0,765	+ 139,877

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.	
		km	m
Sur la ligne de Berne à Bâle (suite).			
549	⊙80 bassin de la fontaine dev' l'hôtel de l'Ours, à Stalden, point culminant	1,661	+ 196,720
550	⊙81 pont sur un ruisseau, un peu au delà du village de Stalden	0,338	+ 178,582
551	⊙82 borne, à droite de la route, entre les poteaux du télégraphe N ^{os} 126 et 127.	1,437	+ 131,862
552	⊙83 borne, à gauche de la route, un peu avant le village d'Effingen	0,872	+ 70,287
553	⊙84 pont sur le Siselen-Bach, dans le village d'Effingen.	0,326	+ 57,870
554	⊙85 pont sur le Elfinger-Bach, dans le village de Bötzen	1,665	+ 32,366
555	⊙86 pont sur le Siselen-Bach, dans le village de Hornussen	1,630	+ 10,200
556	⊙87 banc en pierre, près de l'indicateur, à la croisée des routes de Frick, Aarau, Brugg	2,254	— 10,211
557	NF36 soubassement du bâtiment de l'école de district à Frick	1,608	— 28,714
558	⊙88 pont sur un ruisseau, entre Oeschgen et Eiken	1,846	— 37,484
559	⊙89 socle de l'indicateur, à la croisée de routes, dans le village d'Eiken	1,725	— 46,649
560	⊙90 borne, à gauche de la route	1,243	— 47,606
561	⊙91 borne, à gauche de la route, un peu avant Stein	1,351	— 73,856
562	NF37 hôtel de l'Aigle à Stein	0,557	— 76,577
563	⊙92 borne, à droite de la route, entre Stein et Nieder-Mumpf	0,973	— 71,943
564	⊙93 piédestal d'une croix en pierre, à la croisée de la route de Wallbach	1,800	— 83,090
565	⊙94 borne, à droite de la route	1,188	— 60,000
566	⊙95 socle en fer de l'indicateur, à la croisée de la route de Zeiningen	1,509	— 13,365
567	⊙96 borne devant l'hôtel de la Couronne, à l'entrée du village de Möhlin	1,931	— 44,172
568	⊙97 pont sur le Möhlin-Bach, dans le village de Möhlin	0,245	— 55,051
569	⊙98 piédestal d'une croix en pierre, à droite de la route.	0,886	— 45,809
570	⊙99 borne de délimitation des communes de Möhlin et Rheinfelden, 4 ^m à droite de la route	1,182	— 69,235
571	⊙100 pont, près de la chapelle, à l'entrée de Rheinfelden	2,132	— 83,947
572	⊙101 borne, à gauche de la route, près de l'établissement de bains « zum Schützen »	0,529	— 94,993
573	NF38 seuil de la porte principale de l'église de Rheinfelden	0,222	— 100,278
574	⊙102 borne, à droite de la route	2,457	— 95,308
575	⊙103 piédestal d'une croix en pierre, au point culminant entre Rheinfelden et Kaiser-Augst	1,143	— 78,514
576	⊙104 borne, à gauche de la route	1,800	— 80,623
577	⊙105 pont sur le canal, près de l'hôtel de la Couronne, à Basel-Augst.	0,983	— 101,078
578	⊙106 pierre taillée, près de l'indicateur, à la croisée de la route de Liestal	2,248	— 104,029
579	⊙107 bordure du trottoir devant les salines « zur Schweizerhalle »	0,915	— 102,680
580	⊙108 grosse pierre taillée, en face du « Rothhaus »	0,324	— 103,894
581	⊙109 borne, à droite de la route, près de l'ancien poste de gendarmerie dans le Hardtwald	2,419	— 99,849
582	⊙110 borne, à droite de la route, commencement du trottoir en deçà de Birsfeld	1,511	— 108,594
583	⊙111 couronnement de la voûte au-dessus du canal de la Birse, à l'entrée de Bâle	1,492	— 115,582

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.		Cote.
		km	m	
Dans la ville de Bâle et ses environs ; 2^{me} livr., p. 104, 105 et 106.				
584	NF46 gare du Central, socle au-dessous de la 1^{re} fenêtre près de l'horloge		—	94,185
585	⊙48 mur de soutènement d'un escalier dans le « Steinengraben »	1,009	—	99,484
586	⊙4 repère municipal, à l'entrée du magasin à blé	0,219	—	100,490
587	NF39 couronnement de la voûte du canal de la Birsig, près du pont sur le Rhin	0,852	—	123,971
588	Echelles du Rhin près du pont { zéro de l'échelle p ¹ (pris à 1 ^m ,80 au-dessous de la division 60") zéro de l'échelle p ² (pris à 2 ^m ,70 au-dessous de la division 90") zéro de l'échelle p ³ (pris à 6 ^m ,90 au-dessous de la division 230") zéro de l'échelle p ⁴		—	129,686
589			—	129,671
590			—	129,670
591			—	122,979
592	⊙5 repère municipal, porte de l'église de Ste-Claire, petit Bâle	0,528	—	118,697
593	NF40 cordon de la tour dans la gare du chemin de fer badois	0,574	—	116,612
594	⊙2 repère municipal, seuil de la porte principale de la cathédrale		—	103,587
595	⊙1 repère municipal, sur la marche de la maison N° 58, croisée de la Malzgasse . .	0,585	—	103,876
596	⊙112 grosse borne devant la porte St.-Alban	0,434	—	103,166
597	⊙3 repère municipal, près de la maison N° 2 dans le « Aeschengraben »	0,679	—	102,272
598	⊙113a viaduc du chemin de fer sur la vallée de la Birsig, à 450 ^m de la gare		—	94,220
599	⊙113 borne, à droite de la route de St-Louis, en face de la maison N° 48	1,128	—	97,066
600	⊙114a coulisse, à droite du chemin de fer, près du passage de la route de Burgfelden	0,534	—	102,496
601	⊙114 coulisse, à gauche du chemin de fer, près du passage de la « Mittlere Strasse »	0,536	—	107,560
602	⊙115 borne, à la limite entre la Suisse et la France	1,322	—	116,091
603	NF41 porte de l'église de St.-Louis, Département du Haut-Rhin	1,700	—	119,292
Sur la ligne de Nyon à St.-Cergues et à la Cure, dans le Jura ; 2^{me} livraison, page 107.				
604	niveau des rails, près du passage à niveau, à la gare de Nyon		+	32,013
605	⊙14 mur, devant Martinet-dessus, à droite de la route	0,350	+	40,543
606	⊙15 pierre devant la maison Gander, à la Billitaz	1,038	+	62,961
607	⊙16 borne, à droite de la route, un peu en deçà de Trélex	2,519	+	121,268
608	⊙17 couvercle de la 2 ^{me} source, au delà de Trélex	0,932	+	151,433
609	⊙18 borne, à gauche de la route, à l'entrée de la forêt	1,273	+	216,730
610	⊙19 borne, à gauche de la route, près de la croisée de la route de Gingins	0,996	+	276,592
611	⊙20 borne, à gauche de la route	1,027	+	332,621
612	⊙21 borne, à droite de la route	0,780	+	389,314
613	⊙22 rebord du bassin de la fontaine, à droite de la route	0,995	+	443,043

**Cotes des repères de la Suisse occidentale, rapportées au repère de la
Pierre du Niton, à Genève.**

Numéro d'ordre.	Repères.	Distance au re- père précédent.		Cote.
		km	m	
Sur la ligne de Nyon à St.-Cergues, etc. (suite).				
614	⊙23 borne, à droite de la route	0,473	+	472,414
615	⊙24 borne, à droite de la route	0,929	+	529,444
616	⊙25 borne, à droite de la route	1,477	+	603,913
617	⊙26 borne, à droite de la route, à l'entrée de St.-Cergues	0,926	+	651,028
618	⊙27 perron de la maison des péages, à St.-Cergues	0,360	+	666,603
629	⊙28 borne, à gauche de la route, derrière la maison de Cheseaux	1,197	+	730,043
620	⊙29	0,821	+	775,746
621	⊙30 rocher, à droite, et à une distance de 10 ^m de la route	1,346	+	812,733
622	⊙31 borne, à gauche de la route, en face de la métairie « La Givrine »	0,982	+	830,912
623	⊙32 rocher, à droite de la route, près du point culminant	1,663	+	853,218
624	⊙33 rocher, à droite de la route	0,332	+	842,590
625	NF13 angle du cordon de la maison Jaget-Stanc, à La Cure	1,262	+	787,025
626	Repère français à la Cure, angle de la maison de M. Bonnefoy . . .	0,366	+	775,214





