



NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

EXÉCUTÉ

PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE

A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

QUATRIÈME LIVRAISON

GENÈVE, BALE, LYON

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR

1873



NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

EXÉCUTÉ

PAR LA COMMISSION GÉODÉSIQUE FÉDÉRALE

SOUS LA DIRECTION DE

A. HIRSCH ET E. PLANTAMOUR

QUATRIÈME LIVRAISON

GENÈVE, BALE, LYON

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR

1873

GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT.

NIVELLEMENT DE PRÉCISION

DE

LA SUISSE

§ XVI.

Travaux exécutés depuis 1870.

Depuis la publication de notre troisième livraison en 1870, les opérations de nivellement ont été continuées sans interruption, et conduites d'un côté, jusqu'à la frontière Nord-Est du pays, où nous avons rattaché notre réseau à celui de l'Allemagne, de l'autre jusqu'à la frontière Sud, où nous avons même emprunté une partie du territoire italien, pour fermer notre grand polygone des Alpes qui passe par le Saint-Gothard et le Simplon.

Malgré la somme de travail considérable accomplie dans ces trois ans, nous avons dû retarder jusqu'à présent la publication de cette quatrième livraison, parce que les polygones formés dans cette région de la Suisse, qui comprend les Alpes, donnaient des erreurs de clôture notablement plus grandes que par le passé. Or, le contrôle par la clôture des polygones faisant ainsi défaut, nous avons dû recourir au double nivellement des mêmes lignes, pour nous assurer de l'exactitude des opéra-

tions; car nous tenons à ne publier que des données qui, tout en n'étant pas définitives et devant subir encore de très-légères corrections par suite de la compensation du réseau, offrent au moins toutes les garanties contre des erreurs sensibles provenant de l'opération. L'aperçu historique, que nous allons donner des travaux exécutés pendant les trois dernières années, montrera que nous sommes seulement maintenant en mesure de pouvoir livrer à la publicité un certain nombre de lignes suffisamment contrôlées.

La Commission géodésique, dans sa séance du 8 mai 1870, avait décidé sur notre proposition : de compléter d'abord la ligne du Gothard au Nord, entre Fluelen et Lucerne, et au Sud entre Giornico et Locarno, de contrôler ce passage des Alpes par un autre, se reliant à Lausanne par la vallée du Rhône et traversant le Simplon, enfin de clore le petit polygone central par la ligne allant de Schwytz par Steinen et Pfäffikon à Zurich et à Brugg. Ce programme a pu être exécuté en entier, grâce au concours de nos deux ingénieurs :

Après avoir comparé soigneusement les mires et déterminé les constantes des instruments à l'observatoire de Neuchâtel, M. Benz a commencé les opérations le 23 mai 1870, en nivelant d'abord à partir de Lausanne, le long du Léman et en remontant la vallée du Rhône jusqu'à Brigue, où il est arrivé le 29 juillet. De là, M. Benz s'est transporté à Fluelen, pour y reprendre le nivellement du St-Gothard qu'il avait commencé à ce point l'année précédente; la ligne de Fluelen-Schwytz-Art-Küssnacht-Meggen (près Lucerne), où M. Benz avait interrompu l'opération en 1869, a été nivelée du 30 juillet au 31 août. Enfin M. Benz est allé de Schwytz par Pfäffikon à Zurich, et de là à Brugg, où les opérations avaient été arrêtées en 1867. Avec cette ligne de 96,5 kilomètres, qui a été nivelée du 1^{er} septembre au 7 novembre, le polygone central du Nord, Brugg-Aarau-Olten-Zofingue-Sursee-Lucerne-Art-Schwytz-Pfäffikon-Zurich-Brugg se trouvait terminé.

Voici le résumé des opérations de M. Benz en 1870 :

Sections.	Nombre de jours.	Repères en bronze.	Repères secondaires.	Autres points nivelés.	Distance nivelée.
I. Lausanne-Brigue	68	14	67	23	kilom. 132,827
II. Fluelen-Schwytz-Meggen	33	7	29	6	44,512
III Schwytz-Zurich-Brugg	68	16	50	—	96,525
Total	169	37	146	29	273,864

M. Schönholzer n'a pu commencer le travail que le 30 juin ; sa tâche était de traverser d'abord le Simplon à partir de Brigue jusqu'à notre frontière à Gondo, où il est arrivé le 15 août. De là, il s'agissait de gagner le Tessin, en opérant sur territoire italien, ce qui nous avait été accordé sans difficulté par les autorités italiennes, à la suite d'une demande faite par le Conseil fédéral. La route que nous avions projetée était de descendre par le Val Vedro à Domo d'Ossola, et de passer de là par Sta-Maria Maggiore dans le Centovalli, pour arriver par Intragna à Locarno. D'après les cartes, et les renseignements que nous avions pris au bureau de l'état-major fédéral, ce passage, tout en étant difficile, était loin d'être impraticable. Cependant M. Schönholzer étant arrivé sur les lieux apprenait, qu'à la suite des inondations de 1868, des mouvements de terrain considérables avaient rendu le chemin impraticable sur une assez grande étendue, les dégâts n'étant pas encore réparés en 1870 ; après avoir fait sur notre demande plusieurs tentatives, il s'est convaincu de l'impossibilité de descendre le sentier du Centovalli avec le niveau. Il a donc été obligé de rebrousser chemin, à partir de Ré, et de passer par le Val Canobbina sur le Lac Majeur, pour gagner ainsi Locarno par Brissago. De là, l'opération a été conduite par Bellinzone et Biasca jusqu'à Giornico, où M. Benz avait arrêté en 1869 le nivellement du Saint-Gothard.

Voici le résumé du nivellement de M. Schönholzer :

Sections.	Nombre de jours.	Repères en bronze.	Repères secondaires.	Autres points nivelés.	Distance nivelée.
I. Brigue-Simplon-Gondo . . .	45	4	58	3	kilom. 43,134
II. Gondo-Brissago	48	4	74	—	73,827
III. Brissago-Locarno-Giornico .	41	4	49	3	59,770
Total	134	12	181	6	176,731

De cette façon nous avons formé, par un double passage des Alpes, le grand polygone qui renferme toute la moitié occidentale de la Suisse, et qui passe par Lausanne-Fribourg-Berne-Aarbourg-Lucerne-Schwytz-Altorf-St-Gothard-Bellinzone-Locarno-Domo d'Ossola-Simplon-Brigue-Martigny-Villeneuve-Lausanne.

Pendant l'hiver de 1870-71, les calculs de réduction ont été exécutés de la manière habituelle à Genève et à Neuchâtel; seulement l'aide astronome de ce dernier observatoire étant trop occupé par ses autres travaux, il a fallu le remplacer pour la réduction du nivellement de 1870 par M. Schönholzer, qui est venu à l'observatoire de Neuchâtel au commencement de 1871, et a terminé le calcul en trois mois et demi à notre entière satisfaction. Car dans plusieurs conférences que nous avons eues au printemps de 1871, soit à Lausanne, soit à Neuchâtel, nous avons confronté la réduction de M. Schönholzer avec celle de M. Bruderer à Genève, pour tout le nivellement de M. Schönholzer et pour une partie de celui de M. Benz. Malheureusement M. Bruderer, aide astronome à l'observatoire de Genève, est tombé malade au mois de mars et il est mort le 2 mai 1871, en sorte que les calculs n'ont pas pu être terminés à Genève avant le commencement de la campagne de 1871. Par suite de cette circonstance, nous ignorions encore à cette époque l'existence d'une erreur de clôture considérable dans le grand polygone des Alpes, erreur qui devait nécessiter des opérations de contrôle; d'un autre côté, désirant

réaliser le plus tôt possible la jonction de notre réseau avec celui de l'Allemagne au lac de Constance, nous nous sommes décidés à renvoyer d'une année le nivellement de la ligne transversale dans les Alpes, entre Brigue et Hospenthal par la Furka, et à exécuter d'abord en 1871 le polygone de Zurich-Winterthour-Frauenfeld-Constance-Rorschach-Sargans-Wallenstadt-Zurich. Comme ce polygone, d'un développement de 260^{kil} environ, exigeait un travail de quatre à cinq mois, et absorbait ainsi tout le temps de M. Benz, il nous a fallu renoncer à toute autre opération, puisque à notre regret, M. Schönholzer quittait au printemps 1871 le service de la Commission, pour occuper une place que l'administration des chemins de fer du Jura lui avait offerte. M. Schönholzer avait coopéré pendant cinq ans au nivellement de précision de la Suisse, et nous ne pouvons que rendre hommage au zèle et à l'habileté dont cet ingénieur a fait preuve dans l'exécution des travaux dont il était chargé par la Commission géodésique.

M. Benz, le seul ingénieur disponible pour la campagne de 1871, a commencé ses opérations le 24 mai, en déterminant d'abord à nouveau les distances des fils. La mire avait été comparée déjà le 23 janvier à Berne, et le niveau vérifié le 5 février au cercle méridien de Neuchâtel. Après avoir exécuté deux grands polygones à l'intérieur de la ville de Zurich et rattaché en particulier l'observatoire fédéral, l'ingénieur a pris le 18 juin la route de Winterthour, où il a également rattaché la station météorologique. De là, il a suivi le 1^{er} juillet la route de Frauenfeld et de Steckborn à Constance, où il a placé un de nos repères devant la cathédrale, l'assentiment des autorités badoises ayant été obtenu auparavant par voie diplomatique. Malheureusement l'ingénieur du bureau central, M. le Dr Bœrsch, qui a exécuté en 1871 le nivellement dans le grand-duché de Bade, s'est contenté de poser de son côté un repère allemand à Constance, en sorte que la jonction entre les deux repères reste encore à faire.

De Constance M. Benz a suivi la rive du lac jusqu'à Rorschach, en comprenant partout les limnimètres dans son opération. De là il a passé

à St-Margarethen le Rhin et la frontière du Vorarlberg, pour aller, avec l'assentiment des autorités autrichiennes, se raccorder au repère bavarois, placé déjà en 1870 à Fussach. La jonction avec le réseau bavarois est ainsi effectuée, celle avec le réseau autrichien le sera plus tard au même point; de plus, le polygone autour du lac de Constance se trouve fermé, car la rive Nord entre Fussach et Constance est nivelée par les soins des Commissions de la Bavière et du Wurtemberg.

Revenant sur notre territoire, M. Benz a remonté la vallée du Rhin par Altstatten, Oberried, Werdenberg à Sargans, d'où il a tourné à l'Ouest pour aller par Wallenstadt, la rive Sud du lac, Wesen et Lachen à Pfäffikon, et fermer ainsi le polygone entre les lacs de Zurich et de Constance.

Voici le résumé des opérations de 1871 :

Sections.	Nombre de jours.	Repères en bronze.	Repères secondaires.	Autres points nivelés.	Distance nivelée.
					kilom.
Zurich-Winterthour	32	11	28	9	31,866
Winterthour-Frauenfeld	8	4	5	—	15,391
Frauenfeld-Constance	20	4	19	1	33,574
Constance-Romanshorn	10	3	8	1	21,339
Romanshorn-Rorschach	8	2	10	10	15,593
Rorschach-Fussach-Sargans	43	8	36	13	80,988
Sargans-Wesen	18	4	15	6	30,775
Wesen-Pfäffikon	15	4	17	4	27,740
Total	154	40	138	44	257,266

Le temps exceptionnellement défavorable n'avait permis à M. Benz d'arriver à Pfäffikon qu'à le 30 octobre. Nous l'avons néanmoins envoyé encore à Bâle, afin d'y relier notre ancien repère à la gare badoise avec celui, que M. le Dr Bœrsch venait d'y poser quelques semaines auparavant de la part du bureau central, raccordement que M. le Dr Bœrsch avait

négligé de faire. De cette manière nous avons au moins, en attendant celui de Constance, deux points de jonction avec le réseau allemand.

La réduction de ces opérations ne pouvait plus se faire ni à Genève, ni à Neuchâtel, par les aides astronomes des deux observatoires; comme nous savions, en outre, que M. Benz serait retenu par le service militaire jusqu'au milieu de l'été suivant, la Commission s'est décidée, sur la proposition de son président, à engager à poste fixe un ingénieur capable à la fois d'opérer sur le terrain, et de faire les calculs de réduction. M. Spahn de Schaffhouse, ancien élève de l'école polytechnique fédérale, a été nommé à cette place et il s'est rendu à l'observatoire de Neuchâtel, au mois de mars 1872, pour commencer les calculs de réduction. De son côté M. Plantamour, dont le nouvel aide astronome était trop occupé par les travaux courants de l'observatoire pour faire cheminer de front la réduction des nivellements, a engagé M. Rochat, ingénieur à Genève, pour terminer les calculs des opérations de 1871.

La confrontation des calculs de réduction, faits à double à Genève et à Neuchâtel, nous fit reconnaître pour le polygone central, Aarbourg-Brugg-Zurich-Pfäffikon-Schwytz-Lucerne-Aarbourg, une erreur de clôture de $0^m,221$, erreur évidemment trop forte pour le périmètre du polygone. Le côté Aarbourg-Brugg faisait déjà partie de notre ancien polygone, Berne-Bienne-Sonceboz-Bâle-Brugg-Aarbourg-Berne, dont l'erreur de clôture était de $0^m,110$, et comme d'autre part le grand polygone que l'on peut former par les deux autres, en excluant le côté commun, savoir le polygone Aarbourg-Bienne-Berne-Sonceboz-Bâle-Brugg-Zurich-Pfäffikon-Schwytz-Aarbourg donne une erreur de $0^m,127$, il résultait de cette combinaison la supposition probable, que le côté Aarbourg-Brugg contenait une erreur de $0^m,110$ environ, et qu'une erreur à peu près égale, et en sens contraire, aurait été commise sur le reste du contour, c'est-à-dire sur les lignes Brugg-Zurich-Pfäffikon-Lucerne-Aarbourg. La convenance de refaire une seconde fois l'opération entre Aarbourg et Brugg, par Olten et Aarau, nous semblait ainsi indiquée; il convenait également de faire faire à notre nouvel ingénieur, M. Spahn, un ni-

vement d'essai, en commun avec M. Benz, pour que ce dernier pût l'initier dans tous les détails pratiques de l'opération. Nous avons donc envoyé MM. Spahn et Benz, à la fin de mars, à Aarbourg; après avoir travaillé plusieurs jours ensemble, M. Spahn, se trouvant suffisamment renseigné, a continué seul le nivellement jusqu'à Brugg, où il est arrivé le 25 avril.

Nous publions dans cette livraison la comparaison entre le nivellement de M. Spahn, de Aarbourg à Brugg, et l'ancienne opération de M. Schönholzer; on verra ainsi qu'il ne s'est montré nulle part une divergence sensible entre les deux opérations, à une seule exception près, pour le repère \odot_{88} à Schönenwerd. La différence de niveau entre ce repère et le précédent \odot_{88} a été trouvée en 1872 trop forte de la même quantité (67^{mm}), dont la différence $\odot_{88}-\odot_{88}$ a été trouvée trop faible par rapport à celle déterminée en 1867; il n'y a donc pas de doute que le repère \odot_{88} a été déplacé de cette quantité depuis l'époque de la première opération en 1867; un pareil déplacement s'explique par la circonstance, que le repère \odot_{88} se trouve placé sur un couvercle de coulisse, qui a pu facilement être dérangé. En tout cas, la différence de niveau entre Olten et Aarau, et de toute la ligne Aarbourg-Brugg n'en est nullement affectée.

Au contraire, l'opération de contrôle a complètement vérifié les résultats de la première détermination, car les deux opérations s'accordent à 7^{mm},2 près. L'explication de l'erreur de clôture du polygone ne se trouvait donc point sur la section Aarbourg-Brugg, comme nous l'avions dû supposer à priori. Comme on le verra tout à l'heure, la section Schwytz-Lucerne, qui fait également partie du grand polygone des Alpes, a été rectifiée par le nivellement de 1872 dans une proportion plus considérable, en sorte que l'erreur de clôture se trouve diminuée à peu près d'un tiers.

Voici les chiffres actuels pour ce polygone :

	Distance.	1 ^{re} opération 1867.	2 ^e opération 1872.	Moyenne.
	kilom.	m	m	m mm
NF ₉₅ Schwytz - NF ₅₁ Lucerne	35,428	+ 67,8169	+67,8482	+67,8325 ±15,65
NF ₁₀₉ Zurich - NF ₉₅ Schwytz	63,287	-105,2646		
NF ₃₅ Brugg - NF ₁₀₉ Zurich	32,976	- 57,4631		
⊙ ₅₀ Aarbourg - NF ₃₅ Brugg	37,236	+ 61,0569	+61,0497	+61,0533 ± 3,6
NF ₅₁ Lucerne - ⊙ ₅₀ Aarbourg	48,691	+ 33,9979		
NF ₅₁ Lucerne - NF ₅₁ Lucerne	217,618	Erreur de clôture + 0,1560		

On voit que l'erreur de clôture est encore trop forte, car elle donne une erreur de 10^{mm},6 par kilomètre; il faudra donc contrôler encore les autres sections par un nouveau nivellement, ce que nous ne manquerons pas de faire.

Mais revenons au récit des opérations de 1872, et au grand polygone des Alpes, pour lequel, le calcul de Genève étant terminé vers la fin de 1871, nous avons trouvé l'erreur de clôture considérable de 1^m,186. En présence de cette erreur de plus de 1^m, nous avons voulu avant tout nous assurer d'une manière absolue de sa réalité; car, bien que le calcul de réduction, exécuté à double et d'une manière parfaitement indépendante à Genève et à Neuchâtel, donne une très-grande garantie, on ne peut pas nier d'une façon absolue la possibilité d'une erreur de calcul ou d'écriture de 1^m, qui aurait été commise au même endroit par les deux calculateurs, quoique la probabilité d'un tel hasard soit excessivement faible. M. Plantamour a donc fait faire par un calculateur de Genève la simple addition des fils du milieu, de repère en repère, sur les feuilles originales d'observation, et comme les sommes ne montraient nulle part une différence de 1^m avec les chiffres des tableaux de réduction, la réalité de l'erreur de clôture était démontrée.

Mais comment expliquer cette erreur? L'un des ingénieurs aurait-il commis à un endroit quelconque une erreur de lecture, ou d'écriture,

de 1^m, tandis que le reste, c'est-à-dire 0^m,2 environ, représenterait la véritable erreur d'observation, parfaitement admissible pour un polygone d'un périmètre aussi considérable, et sur lequel on trouve des différences de niveau atteignant 2000^m? Une telle hypothèse n'a rien d'impossible, d'autant plus que les conditions atmosphériques et topographiques, dans lesquelles nos ingénieurs avaient à travailler, étaient quelquefois des plus défavorables, notamment dans le passage sur le territoire italien entre Domo d'Ossola et Cannobbio. Il faudrait cependant supposer que l'ingénieur eût commis la même erreur trois fois, pour la lecture des trois fils; en outre, le règlement prescrivait de ne pas enlever l'instrument, avant d'avoir vérifié encore une fois le nombre entier de centimètres indiqué par le fil du milieu sur la mire. Enfin, dans les opérations des années précédentes il ne s'était présenté aucun exemple d'une pareille erreur.

Ces raisons, et le fait que pareille erreur se rencontrait pour la première fois dans une opération, dans laquelle on traversait deux passages élevés des Alpes, firent naître le soupçon, que cette incertitude de 1^m,2 pouvait être attribuée peut-être aux perturbations inévitables produites par la déviation de la verticale sur le nivellement dans les montagnes. L'étude de cette question¹ amena l'un de nous à cette conclusion: en attribuant à l'intensité des déviations de la verticale dans les Alpes des valeurs parfaitement admissibles, les circonstances de pentes, d'intensité et de direction des déviations par rapport à la ligne de nivellement, etc., peuvent être assez différentes entre deux passages des Alpes, et entre les deux versants d'un même passage, pour produire des différences de l'ordre de l'erreur de clôture que nous avons trouvée dans notre grand polygone des Alpes². M. Hirsch en tira les deux conséquences suivantes:

¹ Voir « Notice sur l'influence de la déviation de la verticale sur les nivellements géométriques, » dans le « Procès-verbal de la onzième séance de la Commission géodésique suisse, tenue à l'observatoire de Neuchâtel le 3 mai 1872. »

² M. G. Zachariæ, de Copenhague, dans sa notice: « Beiträge zur Theorie des Schlussfehlers geometrischer Nivellements-polygone, » publiée dans le n° 1916 des *Astronomische Nachrichten*,

En premier lieu, la clôture des polygones, qui offre une excellente garantie de l'exactitude des nivellements dans les conditions normales, ne peut plus remplir ce but, du moment qu'on peut soupçonner l'intervention d'une autre cause, telle que des déviations sensibles de la verticale, pouvant s'opposer à la clôture.

En second lieu, les nivellements de précision peuvent servir à l'étude des déviations de la verticale et de l'attraction des montagnes, à la condition toutefois, qu'on s'assure de l'exactitude des opérations par un moyen autre que la clôture des polygones, par exemple en exécutant les lignes à double¹. Il conclua donc à la nécessité de refaire une fois les lignes des Alpes, et en premier lieu celle du St-Gothard.

A la suite de la discussion, qui eut lieu dans la séance du mois de mai 1872, la Commission géodésique décida de faire niveler une seconde fois toute la ligne du Gothard de Lucerne à Locarno, pourvu que la Société du chemin de fer entrât pour une part équitable dans les frais de ce nivellement de contrôle; et elle chargea M. Hirsch de s'entendre à cet égard avec la direction du chemin de fer du Gothard. De plus, dans le cas où M. Benz serait disponible au mois de juillet, elle nous laissait le soin de décider, s'il devait être chargé de niveler la ligne de la Furka; ou de refaire les sections douteuses des polygones du Nord-Est. M. Hirsch eut peu de temps après une entrevue avec M. Gerwig, ingénieur en chef du chemin de fer du Gothard, et ce dernier reconnut non-seulement le grand

arrive par l'analyse à la même conclusion, savoir: « qu'on ne peut pas nier à priori la possibilité d'une erreur de clôture de 1^m, produite par les déviations de la verticale, dans un polygone des Alpes. »

¹ M. le professeur Bauernfeind, dans son mémoire: « Geodætische Bestimmung der Erdkrümmung und Lothablenkung, » lu le 2 mars 1872 à l'Académie de Munich et publié dans le courant de l'été, va beaucoup plus loin et expose une méthode par laquelle, en faisant se croiser les lignes de niveau de deux instruments et en lisant leurs indications sur trois mires disposées convenablement, on peut trouver l'angle entre ces deux lignes de niveau et, par conséquent, l'angle entre les deux verticales passant par les deux instruments. En combinant cet angle avec la distance des instruments, fournie par la même opération, on obtiendrait ainsi la courbure des surfaces de niveau de station en station, et par suite, en partant d'une station où la déviation est zéro, ou connue autrement, on déterminerait ainsi la déviation dans tel autre point.

avantage qui devait résulter de ce nivellement de contrôle pour son entreprise, surtout en vue du percement du grand tunnel, mais il montra le plus grand intérêt pour les questions scientifiques qui s'y rattachent. M. Gerwig accepta donc avec empressement notre offre, et il proposa de charger la Compagnie du Gothard de la moitié des frais.

Cet arrangement étant pris, et après avoir déterminé de nouveau les constantes de l'instrument, nous envoyâmes M. Spahn au commencement de juin sur la ligne du Gothard, où il commença le nivellement le 5 juin à Amsteg. Il avait l'ordre de faire, de jour en jour, les sommes des fils du milieu entre deux repères consécutifs, et de comparer le résultat brut de son opération avec la différence de niveau obtenue dans le premier nivellement; dans le cas où il trouverait entre les deux opérations une différence dépassant 5 centimètres, il devait en faire une troisième, afin de décider de quel côté était l'erreur. Ce cas s'est présenté une seule fois, entre Goldau et Steinen, sur la section NF₉₆ (Steinen) — \odot_{13} (près Lowerz), pour laquelle M. Benz avait trouvé en 1870 la différence $+22^m,8603$, tandis que M. Spahn trouvait $+22^m,7662$. Une nouvelle opération, faite conformément à ses instructions, lui donna $+22^m,7657$; il était donc évident, que M. Benz s'était trompé d'un décimètre, le seul cas semblable qui soit arrivé dans tous nos nivellements, car la même différence en sens inverse ne s'étant pas présentée sur la section suivante, il ne pouvait pas être question d'un déplacement du repère \odot_{13} .

M. Spahn continua l'opération sur le Gothard, en ayant soin de comprendre dans son nivellement les repères que les ingénieurs du chemin de fer avaient placés, notamment ceux aux deux entrées du grand tunnel. Souvent empêché et retardé par le mauvais temps, il arriva ainsi le 19 septembre à Locarno. De là, il repassa la montagne pour faire en sens inverse la partie nord de la ligne, entre Amsteg et Lucerne, ce qu'il accomplit du 23 septembre au 30 octobre.

Revenu à l'observatoire de Neuchâtel, il compara d'abord la mire II, qu'il avait employée, sur les repères normaux de Neuchâtel, et se mit en-

suite à la réduction de son nivellement, tandis que le calculateur de Genève en faisait autant sur les copies des feuilles d'observation; car nous tenions à fournir le plus tôt possible le résultat du nivellement de contrôle à l'ingénieur en chef du Gothard.

M. Spahn termina ses calculs au commencement de décembre, où il nous quitta pour occuper une place d'ingénieur au chemin de fer du Nord-Est. Nous devons donner aussi à M. Spahn un témoignage de complète satisfaction, aussi bien pour son nivellement fait avec grand soin, que pour ses calculs de réduction remarquablement exacts.

Voyez ci-dessous le tableau des lignes que M. Spahn a nivelées:

M. Benz s'était mis à la disposition de la Commission à partir du mois d'août; les calculs du polygone du Nord-Est n'étaient pas encore terminés à cette époque, en sorte que la nécessité de faire des opérations de contrôle dans cette région ne nous était pas encore connue; comme d'un autre côté il importait de savoir, par le nivellement de la diagonale de la Furka, si les opérations de contrôle de l'année suivante devaient comprendre seulement la ligne du Simplon, de Locarno à Brigue, ou aussi celle de Brigue à Lausanne, nous envoyâmes M. Benz au commencement d'août à Hospenthal, pour faire le nivellement de la Furka jusqu'à Brigue.

Sections.	Nombre de jours.	Repères en bronze	Repères secondaires.	Autres points nivelés.	Distance nivelée.
A. Nivellement de contrôle entre Aarbourg et Brugg, du 4 au 24 avril 1872.					
					kilom.
Aarbourg-Olten	6	2	3	—	4,621
Olten-Aarau	6	1	10	—	13,106
Aarau-Brugg	9	1	16	—	19,810
Total	21	4	29	—	37,537
B. Nivellement de contrôle entre Amsteg et Locarno, du 5 juin au 19 septembre.					
					kilom.
Amsteg-Wasen	9	1	16	—	11,229
Wasen-Göschenen	6	1	8	—	5,552
Göschenen-Andermatt	8	1	14	—	6,197
Andermatt-Hospenthal	2	1	2	—	2,391
Hospenthal-Sommet	20	1	10	—	9,802
Sommet-Hospice	1	1	—	—	0,743
Hospice-Airolo	20	1	22	4	14,495
Airolo-Piotta	2	1	4	—	4,944
Piotta-Fiesso	2	1	4	—	6,024
Fiesso-Daziogrande	1	1	—	—	1,053
Daziogrande-Faido	4	1	6	—	4,684
Faido-Lavorgo	3	1	5	1	6,885
Lavorgo-Giornico	4	1	5	—	4,467
Giornico-Biasca	4	1	10	—	9,134
Biasca-CastioneArbedo	7	1	18	—	17,145
CastioneArbedo-Bellinzone	1	1	4	—	4,220
Bellinzone-Locarno	11	1	21	—	18,817
Total	105	17	149	5	127,782
C. Nivellement de contrôle entre Amsteg et Lucerne, du 23 septembre au 30 octobre 1872.					
					kilom.
Amsteg-Erstfeld	3	1	3	1	6,338
Erstfeld-Altorf	3	1	6	—	7,608
Altorf-Flüelen	2	1	2	2	3,068
Flüelen-Brunnen	7	1	11	—	11,837
Brunnen-Schwytz	2	1	3	—	4,980
Schwytz-Steinen	2	1	5	—	4,813
Steinen-Goldau	5	1	8	—	6,482
Goldau-Art	2	1	3	—	2,846
Art-Tellskapelle	2	1	5	—	6,992
Tellskapelle-Küssnacht	1	1	1	—	1,772
Küssnacht-Lucerne	4	1	11	—	12,550
Total	33	14	58	3	69,286

Les retards causés par le mauvais temps, et surtout par des vents violents, ont étendu à près de trois mois le temps employé par M. Benz pour cette opération, dont voici le résumé :

Nivellement de la ligne de la Furka, du 6 août au 30 octobre 1872.

Sections.	Nombre de jours.	Repères en bronze.	Repères secondaires.	Autres points nivelés.	Distance nivelée.
					kilom.
Hospenthal-Realp	5	1	3	—	5,229
Realp-Furka	19	2	15	—	12,473
Furka-Glacier du Rhône	11	1	15	1	11,455
Glacier du Rhône-Oberwald	5	1	4	—	4,598
Oberwald-Obergestelen	4	1	5	—	4,837
Obergestelen-Münster	7	1	4	—	5,820
Münster-Biel	5	1	4	1	5,595
Biel-Niederwald	3	1	2	—	3,456
Niederwald-Viesch	8	1	5	—	6,337
Viesch-Kupferboden	11	1	6	—	6,242
Kupferboden-Mörel	2	1	2	—	4,493
Mörel-Brigue	6	1	5	2	7,477
Total	86	13	70	4	77,512

A son retour, M. Benz s'arrêta à Martigny pour y faire, par un double nivellement exécuté le 1^{er} novembre, le raccordement entre le repère NF₃ et l'obélisque. Le socle de cet obélisque avait servi de point de départ pour le nivellement que MM. Plantamour et Burnier ont exécuté en 1855 entre Martigny et le St-Bernard.

M. Spahn ayant donné son congé, la Commission le remplaça par M. Redard, des Verrières, ancien élève de l'école polytechnique. M. Redard entra en fonctions le 1^{er} janvier 1873, et fut chargé des calculs de réduction, d'abord pour le nivellement de contrôle entre Aarbourg et Brugg, et ensuite pour celui du nivellement de la Furka. Comme les calculs du nivellement de la Furka faits à Genève par M. Schram, aide

astronome à l'observatoire, étaient peu avancés, M. Redard a été chargé de faire une seconde fois le calcul pour la partie en retard, savoir de Brigue au Glacier du Rhône. Ce second calcul a été fait d'une manière tout à fait indépendante, l'ingénieur n'ayant pas sous les yeux les résultats du premier, en sorte que le contrôle est le même que par la coopération de deux personnes différentes.

Dans le courant de l'hiver 1872-73, nous avons eu, soit à Genève, soit à Neuchâtel, de nombreuses conférences, pour confronter les calculs de réduction faits à double sur toutes les lignes nivelées en 1871 et 1872. Nous avons pu ainsi fournir à l'administration du chemin de fer du Gothard, et cela avant la fin de l'année 1872, les tableaux des cotes définitives de la partie centrale comprenant le tunnel, et un mois plus tard ceux des autres sections. Nous publions dans cette livraison les résultats du double nivellement de la ligne entière du Gothard.

Quant au polygone des lacs, nivelé par M. Benz en 1871, nous avons pu nous assurer par l'achèvement des calculs, qu'il était loin de se clore d'une manière satisfaisante, car il présente une erreur de clôture de 477^{mm} sur un périmètre de 275^{kil}, ce qui fait une erreur de près de 21^{mm} par kilomètre. Nous préférons donc ne pas publier ce premier nivellement, et attendre qu'il ait été contrôlé par une seconde opération.

Par contre, le nivellement de la Furka donne un résultat tel, que nous croyons pouvoir le publier, ainsi que la ligne de Lausanne à Brigue, nivelée en 1870, sans attendre le résultat du nivellement de contrôle du Simplon, qu'on va exécuter cette année. En effet, cette ligne diagonale partage notre grand polygone des Alpes en deux parties Nord et Sud, dont la première se clôt d'une manière satisfaisante; voici les chiffres qui sont tous calculés avec les nouvelles valeurs des mires (voir le paragraphe suivant):

Polygone nord.

		m	Distance	kilom.
Hospenthal (NF ₅₄) — Lucerne (NF ₅₁)	=	+1013,663	94	
Lucerne (NF ₅₁) — Aarbourg (NF ₃₀)	=	+ 48,489	»	49,5 (voir 3 ^{me} livraison).
Aarbourg (NF ₃₀) — Lausanne (NF ₂₃)	=	- 144,3915	»	163 (voir 2 ^{me} livraison).
Lausanne (NF ₂₃) — Brigue (NF ₃₄)	=	- 139,0195	»	155,5
Brigue (NF ₃₄) — Hospenthal (NF ₅₄)	=	- 778,8525	»	77,5
Hospenthal — Hospenthal			=	- 0,1115 Périmètre 539,5

Or, cette erreur de clôture, qui ne s'élève qu'à 4^{mm},7 par kilomètre, nous semble parfaitement admissible dans un polygone, qui présente d'un point à l'autre des différences de niveau de plus de 2000 mètres et dans lequel, par conséquent, la variabilité des mires exerce une influence considérable sur l'incertitude du résultat. On verra dans le dernier paragraphe de cette livraison, où nous discuterons les résultats du double nivellement du Gothard, au point de vue de l'importance relative des erreurs d'observation et des erreurs provenant des mires, que ces dernières suffisent largement pour expliquer les 111^{mm} que nous trouvons dans le polygone du Nord. Du reste, la seule section de Lucerne à Hospenthal est affectée, d'après le double nivellement, d'une incertitude de $\pm 41^{\text{mm}},3$. Ainsi, la clôture satisfaisante du polygone du Nord nous semble justifier la publication des deux lignes de Lausanne-Brigue et de Brigue-Hospenthal, que l'on trouvera dans cette livraison. Nous nous réservons naturellement d'apporter aux résultats de toutes ces sections les corrections qui résulteront du calcul de compensation, une fois que le nivellement de contrôle de la ligne du Simplon, et peut-être de la Furka, nous permettra de l'exécuter. Car nous n'entendons point préjuger la question de savoir, si l'erreur de clôture considérable (1^m,212) qui existe actuellement dans le polygone Sud, Hospenthal-Brigue-Locarno-Hospenthal, est due à une faute d'opération commise sur la ligne du Simplon, ou bien, si elle doit être attribuée finalement aux perturbations exercées par la déviation de la verticale; le seul moyen de la décider est de faire contrôler par une seconde opération le nivellement du Simplon. Nous avons donc

chargé notre ingénieur, M. Redard, d'exécuter cette opération de contrôle; M. Redard est parti le 17 mars pour Zurich, afin de répéter d'abord la section Zurich-Pfäffikon, qui doit être également contrôlée, puisqu'elle fait partie de deux polygones, dont l'erreur de clôture est trop considérable. Il fera cette opération en commun avec M. Benz, afin de s'exercer sous la direction de ce dernier dans le maniement de nos instruments et dans l'emploi de nos méthodes. Dès qu'il aura achevé cette petite ligne, il se rendra à Locarno pour exécuter le second nivellement du Simplon. S'il trouve quelque part une erreur s'élevant à 1 mètre environ, il s'arrêtera à Brigue; sinon, nous avons l'intention de l'envoyer faire aussi une seconde fois la ligne de la Furka, afin d'obtenir des données certaines au sujet de l'influence éventuelle des attractions locales sur les nivellements.

Nous devons encore ajouter, que le soin du repérage et de la conservation des points fixes de second ordre est confié depuis l'année 1871 au bureau d'état-major fédéral; auquel nous remettons après chaque campagne la liste des repères secondaires, avec leurs distances relatives. L'ingénieur du bureau, envoyé le printemps suivant, les fait graver au ciseau, et en relève avec soin la position qu'il inscrit sur un registre spécial, en l'accompagnant d'un plan et d'un dessin. Les administrations cantonales, qui étaient chargées dans l'origine de ce travail, avaient souvent trop tardé à l'exécuter, ce qui a eu pour conséquence la perte d'un nombre assez notable de signaux. Maintenant, grâce à l'exécution consciencieuse et rapide du travail par les ingénieurs du bureau d'état-major, on peut être assuré de la conservation de presque la totalité de ces points de repère, qui sont d'une grande utilité pour la topographie de notre pays et pour de nombreux usages pratiques. La Commission géodésique tient à exprimer sa reconnaissance à M. le colonel Siegfried, chef du bureau d'état-major, pour l'empressement qu'il a mis à se charger de cette tâche, et pour le soin avec lequel il en surveille l'exécution.

D'après les renseignements qu'il nous a transmis sur l'état du repè-

rement à la fin de 1871, l'on avait pour le nombre des repères de second ordre :

gravés par la Confédération	269	non gravés	19
» les cantons	<u>427</u>	»	<u>155</u>
	total 696		total 174

Le nombre des points fixes repérés sera augmenté de quelques centaines dans le courant de ce printemps.

§ XVII

Détermination des constantes instrumentales et de la longueur des mires.

Les constantes des deux instruments, les distances des fils des lunettes, aussi bien que la valeur d'une partie des niveaux, ont été déterminées ordinairement au commencement, ou à la fin de chaque campagne, d'après les méthodes expliquées dans la première livraison. Comme on le verra, ces valeurs ont acquis depuis quelques années une remarquable constance, à tel point que nous pouvons, depuis cinq ans, nous servir des mêmes tables principales de réduction, construites en 1867.

Quant au premier instrument, voici d'abord les déterminations qui ont été faites des distances des fils depuis notre dernière publication.

1870, 20 mai	$A = 409,59 \pm 0,27;$	$\frac{A_2 - A_1}{3} = -0,32 \pm 0,07$
1871, 26 mai	$= 409,61 \pm 0,27;$	$= -0,45 \pm 0,09$
1872, 2 avril	$= 410,19 \pm 0,31;$	$= -1,16 \pm 0,12$
1872, 2 nov.	$= 409,92 \pm 0,35;$	$= -0,67 \pm 0,10$

On voit que la distance des fils extrêmes (A) n'a guère varié au delà des erreurs de détermination; la variation est relativement plus forte pour la réduction au fil du milieu.

La constance est encore plus remarquable pour la valeur des parties du niveau N° 9084, d'après les déterminations suivantes faites depuis 1869:

1869, 10, 11, 12 mai	$1^p = 3,096 \pm 0,011$
1870, 20 mai	$= 3,0775 \pm 0,017$
1871, 5 février	$= 3,073 \pm 0,018$
1872, 16, 20 janvier	$= 3,100 \pm 0,022$
1872, 2 novembre	$= 3,067 \pm 0,026$

Nous remarquons à ce sujet, que depuis 1869 nous déterminons la valeur des niveaux, en les fixant dans leur monture même au cercle méridien, en sorte que la pression des brides sur le tube est exactement la même dans cette détermination, et dans les opérations sur le terrain. Cette précaution est importante, car nous nous sommes assurés, que la courbure du tube peut être modifiée au point de faire varier d'un dixième la valeur d'une partie, si l'on sort le tube de sa monture, et si l'on écarte ainsi la pression des brides qui l'y fixent.

Nous avons adopté dans la réduction de chaque nivellement la valeur d'une partie du niveau, telle qu'elle résulte de la moyenne des déterminations faites avant et après chaque campagne, savoir en :

1870, la moyenne	$3,075 \pm 0,017$
1871, »	$3,086 \pm 0,020$
1872, printemps	$3,100 \pm 0,022$ (pour l'opération du mois d'avril).
1872, automne	$3,084 \pm 0,017$

Avec ces données, et avec les distances correspondantes des fils, nous avons pour nos tables de réduction les constantes suivantes :

	Table I	Table II	Table III
1870,	$D = c \times 5,0359^m$	$R = -c \times 0,078$	$X = c \times p \times 0,75085$
1871,	$D = c \times 5,0356$	$R = -c \times 0,110$	$X = c \times p \times 0,75339$
1872, avril	$D = c \times 5,0285$	$R = -c \times 0,283$	$X = c \times p \times 0,75575$
1872, automne	$D = c \times 5,0301$	$R = -c \times 0,223$	$X = c \times p \times 0,75208$

Les tables I et II, qui sont d'une faible étendue, ont été reconstruites chaque année; la grande table III, au contraire, de laquelle on tire les corrections pour l'inclinaison et pour les erreurs instrumentales, a pu être conservée, telle qu'elle avait été calculée en 1867 avec la constante 0,73973; car les facteurs par lesquels il faut multiplier cette constante, pour avoir celles des autres années, sont respectivement 1,015; 1,018; 1,022; 1,017. Tant que le chiffre de la correction, calculé par la table de 1867, ne dépassait pas pour ces différentes années les valeurs respectives 0^{cm},66; 0^{cm},55; 0^{cm},49; 0^{cm},58, il était exact à un dixième de millimètre près, et on pouvait le prendre tel quel, ce qui était presque toujours le cas, les corrections n'atteignant pour ainsi dire jamais ces limites; dans les cas très-rares, où ces limites étaient atteintes, il suffisait d'augmenter d'une unité la dernière décimale de la correction donnée par la table.

Pour l'instrument N° II, qui n'a pas servi en 1871, nous avons deux déterminations des distances des fils qui ne s'éloignent pas non plus considérablement des anciennes valeurs de 1867; car nous avons

1867, mai, novembre	$\Lambda = 413,52 \pm 0,20;$	$\frac{A_2 - A_1}{3} = +4,09 \pm 0,04$
1870, 20, 21 mai	$= 412,79 \pm 0,19;$	$= +3,94 \pm 0,12$
1872, 3 juin	$= 413,29 \pm 0,35;$	$= +4,21 \pm 0,13$

Pour le niveau N° 8762 de l'instrument II, nous avons anciennement deux déterminations qui s'accordaient parfaitement

$$1865 \quad 1^p = 3,387 \pm 0,006$$

$$1867 \quad 1^p = 3,388 \pm 0,017$$

et une nouvelle détermination, faite en 1870, a donné la même valeur dans les limites de l'incertitude. En 1871, l'instrument n'a pas été employé; avant la campagne de 1872 il avait été envoyé à M. Kern pour être nettoyé, et nous avons l'intention de déterminer la valeur du niveau à la fin de cette campagne; malheureusement la caisse de l'instrument a été tellement maltraitée dans le transport en chemin de fer, de Zurich à Neuchâtel, qu'en l'ouvrant nous avons trouvé le niveau cassé. Il fallait donc employer pour les réductions de 1872 la dernière valeur déterminée en 1870, savoir $3",407 \pm 0",013$; ce qui n'a aucun inconvénient, vu la faible variation montrée par ce niveau.

Avec ces données, nous avons donc les constantes suivantes pour les tables de réduction:

	Table I	Table II	Table III
1870	$D = c \times 4,9967^m$	$R = +c \times 0,954$	$X = c \times p \times 0,82535$
1872	$D = c \times 4,9908$	$R = +c \times 1,019$	$X = c \times p \times 0,82436$

Nous pouvons par conséquent conserver aussi dans ce cas la grande table III de 1866, calculée avec le coefficient 0,81594; car le chiffre de la correction donné par cette table était exact à un dixième de millimètre près, tant que la correction n'atteignait pas $0^{cm},50$. Dans les cas très-rares, où cette limite était dépassée, il suffisait d'augmenter d'une unité la dernière décimale de la correction tirée de la table.

Nous avons continué à vouer des soins particuliers à l'étalonnage et aux comparaisons des mires, puisque cet élément de réduction a une importance majeure pour les opérations dans les hautes montagnes. Elles ont donc été comparées à plusieurs reprises à l'étalon en fer du bureau fédéral des poids et mesures à Berne, dont le directeur, M. Hermann, s'est toujours prêté avec beaucoup d'obligeance à ces vérifications; savoir, le

23 janvier 1871, par nous deux; au printemps de 1872, par MM. Plantamour et Hermann; et à la fin de cette même année, par MM. Hirsch et Hermann. De plus, elles ont été comparées entre elles aux repères fondamentaux de Neuchâtel, au commencement et à la fin des campagnes de 1870 et de 1872, dans lesquelles on s'est servi des deux mires.

Voici d'abord les nouvelles comparaisons de Berne :

	Mire I. 290 ^{cm} de la mire = 2900 ^{mm} +			Mire II. 290 ^{cm} de la mire = 2900 ^{mm} +		
	1871 23 janvier.	1872 30 mars.	1872 20 déc.	1871 23 janvier.	1872 30 mars.	1872 19, 20 déc.
	Températ. 11°,9.	Températ. 13°,25.	Températ. 11°,4.	Températ. 11°,9.	Températ. 13°,9.	Températ. 11°,65.
Entre 3 ^{cm} et 293 ^{cm} . . .	2,254	2,210	2,134	1,181	0,854	1,118
4 » 294 . . .	2,238	2,156	2,113	1,020	0,870	1,113
5 » 295 . . .	2,204	2,159	2,110	0,997	0,920	1,138
6 » 296 . . .	2,171	2,123	2,070	1,104	0,911	1,110
7 » 297 . . .	2,317	2,179	2,142	1,024	0,927	1,148
8 » 298 . . .	—	—	2,105	—	—	1,133
9 » 299 . . .	—	—	2,060	—	—	1,135
Moyenne . . .	2,237 ±0,025	2,1655 ±0,014	2,1045 ±0,0115	1,065 ±0,034	0,897 ±0,0145	1,1275 ±0,0054

Comme nous possédons à présent un assez grand nombre de mesures faites à Berne entre les mêmes traits, il était intéressant de voir, par la comparaison des longueurs obtenues d'un trait à l'autre, quelle est l'influence du choix des traits entre lesquels on opère sur la longueur de la mire, en d'autres termes, quelles sont les erreurs accidentelles de division des mires que nous employons. Nous n'avions jusqu'à présent sur ce point que des évaluations approchées, qui avaient cependant suffi pour nous donner une idée favorable de l'exactitude de la division. Pour éviter l'influence de la variation des mires dans cette détermination, il faut

prendre naturellement pour chaque couple de traits les mesures des mêmes années. Nous avons alors pour 5 couples de traits les 5 déterminations suivantes :

Mire I.

	3 ^{cm} à 293 ^{cm}	4 ^{cm} à 294 ^{cm}	5 ^{cm} à 295 ^{cm}	6 ^{cm} à 296 ^{cm}	7 ^{cm} à 297 ^{cm}	Moyenne.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1869, 20, 21 mai	2901,936	2 188	1,969	2,011	1,892	2,031
1870, 21, 22 janvier	2,286	2,257	2,285	2,209	2,211	2,256
1871, 23 janvier	2,254	2,238	2,204	2,171	2,317	2,237
1872, 30 mars	2,210	2,156	2,159	2,123	2,179	2,165
1872, 20 déc.	2,134	2,113	2,110	2,070	2,142	2,104
Moyenne . . .	2902,164	2,190	2,145	2,117	2,148	2,153

Mire II.

	3 ^{cm} à 293 ^{cm}	4 ^{cm} à 294 ^{cm}	5 ^{cm} à 295 ^{cm}	6 ^{cm} à 296 ^{cm}	7 ^{cm} à 297 ^{cm}	Moyenne.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1869, 20, 21 mai	2900,952	0,883	0,866	0,998	0,958	0,921
1870, 21, 22 janvier	1,291	1,267	1,230	1,227	1,266	1,256
1871, 23 janvier	1,181	1,020	0,997	1,104	1,024	1,065
1872, 30 mars	0,854	0,870	0,920	0,911	0,927	0,897
1872, 19, 20 déc.	1,118	1,113	1,138	1,110	1,148	1,128
Moyenne . . .	2901,079	1,031	1,030	1,070	1,065	1,055

En comparant les 5 couples de traits de chaque mire entre eux, on trouve que l'erreur d'un de ces couples est

$$\begin{aligned} & \pm 0^{\text{mm}},027 \text{ pour la mire I,} \\ & \pm 0^{\text{mm}},023 \quad \text{»} \quad \text{II.} \end{aligned}$$

Ces nombres contiennent encore, à côté des erreurs de division, les erreurs d'observation, ou de pointer; chaque mesure repose ordinairement sur 3, ou du moins, sur 2 pointers alternatifs des traits de la mire et de l'étalon, et nous savons par expérience, que l'erreur d'observation est

en moyenne pour une mesure $\pm 0^{\text{mm}},02$, par conséquent pour la moyenne des cinq, $\pm 0^{\text{mm}},009$.

En tenant compte de cette quantité, on a

pour la mire I, erreur d'un couple de traits $\pm 0^{\text{mm}},025$; erreur de division d'un trait $\pm 0^{\text{mm}},018$,
 » II, » $\pm 0^{\text{mm}},024$; » $\pm 0^{\text{mm}},015$.

Si l'on attribue, comme cela est probable, aux autres parties de la division la même exactitude qu'à celles que nous avons examinées sous les microscopes de l'appareil de Berne, l'on voit que la moyenne de cinq couples de traits réduit déjà l'incertitude provenant des erreurs de division sur la longueur de la mire à $\pm 0^{\text{mm}},01$, et par conséquent celle de 1 mètre, à $\pm 0^{\text{mm}},003$. Nous verrons tout à l'heure, que l'erreur d'une détermination, obtenue ordinairement par la moyenne de 5 couples de traits, est un peu plus forte ($\pm 0^{\text{mm}},005$), ce qui ne doit pas surprendre, puisqu'elle comprend, à côté des erreurs de division, encore celles d'observation, de variation de température pendant les observations, etc.

Nous rassemblons dans le tableau suivant toutes les déterminations des mires que nous avons faites jusqu'à présent à Berne depuis 1867; nous ajoutons à chacune la température à laquelle elle a été faite, ainsi que l'incertitude (ϵ) qui résulte de la comparaison des mesures individuelles; nous inscrivons également les écarts (e) de chaque détermination avec la moyenne de toutes. Ces écarts dépassent de beaucoup l'incertitude de chaque détermination, en sorte qu'il serait peu rationnel de vouloir attribuer à celles-ci des poids suivant leur incertitude, et qu'il vaut mieux prendre simplement les moyennes arithmétiques. Il ressort des chiffres de ce tableau, que les mires subissent d'une détermination à l'autre de véritables variations, dont nous avons calculé les valeurs moyennes par la formule

$$\pm \sqrt{e^2 - \epsilon^2}.$$

Enfin nous procédons de la même manière à l'égard de l'équation des deux mires :

NIVELLEMENT DE PRÉCISION

Tableau des comparaisons des mètres à l'étalon en fer de Berne.

DATE	Mire I.				Mire II.				Équation des mètres I-II.			
	Température.	Longueur d'un mètre de la mire I.	Erreur moyenne.	Écart avec la moyenne.	Température.	Longueur d'un mètre de la mire II.	Erreur moyenne.	Écart avec la moyenne.	Par mètre.	ϵ .	ϵ .	
1867, 18 mars	14,1	1,000 706	0,003	-0,029	15,0	1,000 302	0,003	-0,008	mm +0,404	0,004	-0,021	
1868, 20 avril	9,9	1,000 493	0,003	+0,184	10,1	1,000 131	0,003	+0,163	0,362	0,004	+0,021	
1868, 7 mai	17,8	1,000 562	0,003	-0,115	17,9	1,000 179	0,003	-0,115	0,333	0,004	0,000	
1868, 15, 20 mai	19,1	1,000 607	0,003	+0,070	20,4	1,000 214	0,003	+0,080	0,393	0,004	-0,010	
1869, 20, 21 mai	18,0	1,000 700	0,018	-0,023	17,9	1,000 318	0,008	-0,024	0,382	0,020	+0,001	
1870, 21, 22 janv.	10,4	1,000 778	0,005	-0,101	11,4	1,000 433	0,004	-0,139	0,345	0,006	+0,038	
1871, 23 janv.	11,9	1,000 771	0,009	-0,094	11,9	1,000 367	0,012	-0,073	0,404	0,015	-0,021	
1872, 30 mars	13,25	1,000 747	0,005	-0,070	13,9	1,000 309	0,005	-0,015	0,438	0,007	-0,035	
1872, 19, 20 déc.	11,4	1,000 726	0,004	-0,049	11,6	1,000 389	0,002	-0,095	0,337	0,004	+0,046	
Moyenne arithmétique des 9 déterminations		±1,000 677 ±0,000 033	0,006	±0,032		1,000 294 ±0,000 0335	0,005	±0,079	mm +0,383 ±0,010	0,008	±0,024	
Variation moyenne $\pm \sqrt{\epsilon^2 - \epsilon^2}$.		±0 ^{mm} ,082				±0 ^{mm} ,079			±0 ^{mm} ,023			

Les remarques, que nous avons déjà faites dans les livraisons précédentes, se confirment de nouveau; savoir, que les variations des mires ne s'expliquent nullement par l'influence seule de la température; et qu'elles ne sont pas non plus proportionnelles aux intervalles de temps compris entre les différentes comparaisons. Les signes des écarts semblent indiquer une certaine périodicité dans les variations; on voit du moins que les deux mires ont eu des valeurs notablement au-dessous de la moyenne pendant l'année 1868. Du reste, ces quelques observations de Berne ne sont pas assez nombreuses pour pouvoir établir avec certitude; soit la valeur moyenne de la variation, soit sa marche; il est préférable de faire entrer aussi dans cette recherche les comparaisons de Neuchâtel, qui sont plus nombreuses et plus rapprochées. Nous réunissons toutes ces dernières dans le tableau suivant, en indiquant pour chacune les circonstances atmosphériques, comme nous l'avons fait les années précédentes :

Tableau des comparaisons faites sur les repères normaux de Neuchâtel.

DATE	Différence des deux repères, mesurée par		Nombre des comparaisons.	Équation des mires I-II pour 2905 ^{mm} .	Température.	Humidité.	État du ciel.
	Mire I.	Mire II.					
1867, 28 février.	2902,82 +0,11	2904,09 +0,12	15	+1,31 +0,16	9,5	0,78	Clair.
1867, 4 juillet.	2903,37 0,06	2904,46 0,05	9	1,43 0,08	20,0	0,56	Clair.
1868, 23, 25 mai	2903,48 0,04	2904,54 0,05	12	1,10 0,06	22,9	0,57	Nuageux. Soleil par moments.
1868, 4 juin	2903,47 0,06	2904,69 0,07	18	1,26 0,09	16,6	0,57	Couvert, après la pluie.
1868, 9 juin	2903,61 0,08	2904,52 0,13	6	0,94 0,15	9,7	0,93	Pendant la pluie.
1868, 10 juin	2903,46 0,11	2904,38 0,03	12	0,95 0,11	11,8	0,83	Couvert.
1869, 28 mai	2903,12 0,13	2904,47 0,08	6	1,39 0,15	20,8	0,69	Couvert.
1869, 13 déc.	2902,95 0,15	2904,22 0,30	5	1,31 0,35	2,4	0,98	Clair.
1869, 21 déc.	2903,06 0,14	2904,21 0,19	7	1,19 0,25	2,2	0,91	Clair.
1870, 20 mai	2903,54 0,05	2904,58 0,20	6	1,08 0,21	24,0	0,66	Clair.
1870, 21 mai	2903,22 0,72	2904,88 0,59	3	1,71 0,93	24,0	0,60	Clair.
1871, 17 nov.	2903,35 0,14	2904,33 0,11	7	1,01 0,18	5,0	0,77	Clair.
1871, 18 nov.	2903,04 0,09	2904,08 0,10	8	1,08 0,13	1,2	0,88	Clair.
1872, 4 mars	2902,98 0,20	—	10	—	5,0	0,82	Clair.
1872, 6 mars	2902,90 0,14	—	10	—	5,0	0,71	Clair.
1872, 13 mars	—	2904,63 0,20	10	—	7,0	0,64	Clair.
1872, 25 nov.	2903,08 0,14	2903,89 0,18	10	0,84 0,20	10,0	0,71	Clair.

Pour tirer parti de ces observations, il faut d'abord exprimer en unité métrique la différence de niveau entre les deux repères donnée par les mesures faites avec chaque mire; on doit ainsi multiplier les nombres du tableau précédent par les facteurs déduits des comparaisons faites à Berne, savoir par 1,000677 pour la mire I, et par 1,000294 pour la mire II. On obtient alors les résultats suivants :

DATE	Mire I		Mire II.	
	Différence de niveau.	v.	Différence de niveau.	v.
	mm	mm	mm	mm
1867, 28 février	2904,785	+ 0,43	2904,944	+ 0,27
1867, 4 juillet	5,335	— 0,12	5,314	— 0,10
1868, 23, 25 mai	5,445	— 0,23	5,394	— 0,18
1868, 4 juin	5,435	— 0,22	5,544	— 0,33
1868, 9 juin	5,575	— 0,36	5,374	— 0,16
1868, 10 juin	5,425	— 0,21	5,234	— 0,02
1869, 28 mai	5,085	+ 0,13	5,324	— 0,11
1869, 13 décembre	4,915	+ 0,30	5,074	+ 0,14
1869, 21 décembre	5,025	+ 0,19	5,064	+ 0,15
1870, 20 mai	5,505	— 0,29	5,434	— 0,22
1870, 21 mai	5,185	— 0,03	5,734	— 0,52
1871, 17 novembre	5,315	— 0,10	5,184	+ 0,03
1871, 18 novembre	5,005	+ 0,21	4,934	+ 0,28
1872, 4 mars.	4,945	+ 0,27	—	—
1872, 6 mars.	4,865	+ 0,35	—	—
1872, 13 mars.	—	—	5,484	— 0,27
1872, 25 novembre	5,045	+ 0,17	4,744	+ 0,47

Nous avons pris d'abord la moyenne arithmétique de toutes les 31 déterminations, qui donne pour la différence de niveau des deux repères

$$H = 2905^{\text{mm}},215 \pm 0^{\text{mm}},046;$$

et nous avons inscrit dans le tableau les écarts de chaque détermination avec cette moyenne. L'écart moyen est de $\pm 0^{\text{mm}},221$; il est plus fort, dans le rapport de 3 à 2 environ, que l'erreur moyenne d'une détermination, pour laquelle on obtient $\pm 0^{\text{s}},154$, d'après la moyenne des erreurs

inscrites au tableau, page 231, à côté de chaque détermination, et déduites de l'accord des mesures individuelles entre elles. On en conclut donc pour la *variation moyenne*

$$\pm \sqrt{(0,221)^2 - (0,154)^2} = \pm 0^{\text{mm}},158;$$

ce chiffre se rapporte à une longueur de 2905^{mm} des mires, ce qui donne, par conséquent pour la variabilité d'un mètre d'une mire $\pm 0^{\text{mm}},0545$.

Nous trouvons ainsi que la variation moyenne des mires est sensiblement égale à l'erreur moyenne des déterminations; comme ces erreurs varient beaucoup d'une série à l'autre, dans les limites de $\pm 0^{\text{mm}},03$ à $\pm 0^{\text{mm}},72$, et comme les séries reposent sur un nombre de mesures individuelles variant de 3 à 18, il nous semble rationnel de ne pas donner à toutes les séries le même poids, mais de tenir compte de leur exactitude différente; toutefois, il faut avoir égard aussi à l'incertitude causée par la variation des mires, qui est du même ordre que celle due aux erreurs d'observation. L'incertitude provenant de la variabilité des mires étant $\pm 0^{\text{mm}},158$, et l'erreur d'une détermination provenant des erreurs d'observation étant $\pm \epsilon$, les poids ont été calculés en les supposant inversement proportionnels aux nombres $(0,158)^2 + \epsilon^2$.

En procédant ainsi, et en traitant séparément les séries relatives à chacune des deux mires, nous avons trouvé la différence de niveau des deux repères

$$\begin{aligned} \text{exprimée en unités de la mire I, } h' &= 2903^{\text{mm}},257 \pm 0^{\text{mm}},066 \\ \text{» II, } h'' &= 2904^{\text{mm}},393 \pm 0^{\text{mm}},058 \end{aligned}$$

Si nous multiplions ensuite ces moyennes probables par les facteurs déduits des comparaisons faites à Berne, nous obtenons pour la différence de niveau en unité métrique

$$\begin{array}{ll} \text{par la mire I.} & H = 2905^{\text{mm}},2085 \pm 0^{\text{mm}},066 \\ \text{» II.} & H = 2905^{\text{mm}},247 \pm 0^{\text{mm}},058 \\ \hline \text{Moyenne probable des 31 déterminations} & H = 2905^{\text{mm}},230 \pm 0^{\text{mm}},019 \end{array}$$

Ce résultat ne diffère donc de la moyenne arithmétique $2905^{\text{mm}},215$ que de $0^{\text{mm}},015$. Comme l'ancienne valeur de II, que nous avons adoptée dans la troisième livraison, était $2905^{\text{mm}},14 \pm 0^{\text{mm}},055$, la différence, soit avec la nouvelle moyenne arithmétique, soit avec la nouvelle moyenne probable, ne dépasse guère la limite des erreurs.

Il reste encore à déterminer, au moyen des comparaisons de Neuchâtel, l'équation des deux mires. Si l'on voulait simplement prendre la différence $h' - h''$, on trouverait $+1^{\text{mm}},136 \pm 0^{\text{mm}},088$ et, par conséquent, pour l'équation des mires I-II $= +0^{\text{mm}},591 \pm 0^{\text{mm}},030$ par mètre. Mais comme plusieurs séries de mesures n'ont été faites qu'avec une seule mire, et comme la variation de l'équation est à peine le tiers de celle de chaque mire, il est évidemment préférable de prendre seulement les jours, où les deux mires ont été comparées à la fois, et de calculer la moyenne probable en donnant à chaque équation un poids en rapport avec son erreur. En procédant ainsi, la moyenne probable des 14 équations, inscrites dans le tableau page 231, est $+1^{\text{mm}},120 \pm 0^{\text{mm}},034$, et, par conséquent,

$$\text{l'équation probable des mires I-II par mètre} = + 0^{\text{mm}},386 \pm 0^{\text{mm}},012.$$

Or nous avons trouvé par les mesures de Berne $+0^{\text{mm}},383 \pm 0^{\text{mm}},011$, c'est-à-dire la même valeur qui, en outre, s'accorde dans les limites de l'incertitude avec celle adoptée anciennement, savoir $+0^{\text{mm}},378 \pm 0^{\text{mm}},014$.

Il est enfin intéressant de combiner ensemble toutes les données, soit de Berne, soit de Neuchâtel, pour en tirer des moyennes générales pour la longueur des mires, et surtout pour obtenir la valeur la plus probable de leur variation; cette dernière sera déterminée d'autant plus sûrement qu'elle aura été déduite d'un nombre plus considérable de comparaisons. Maintenant que la différence de niveau de nos repères est connue avec une grande exactitude, on ne doit pas hésiter à assimiler les

déterminations de Neuchâtel à celles de Berne, et même à leur donner le même poids. On peut montrer, en effet, que l'incertitude moyenne d'une mesure de Berne est égale à celle d'une comparaison de Neuchâtel; pour les premières, l'incertitude se compose de l'erreur moyenne, résultant de l'accord des mesures individuelles de chaque série (ε) et de la variation moyenne constatée à Berne (v); donc

$$E = \pm \sqrt{\varepsilon^2 + v^2}$$

or nous avons trouvé

$$\begin{array}{r} \varepsilon = \pm 0^{\text{mm}},0055 \\ v = \pm 0,080 \\ \hline \text{d'où } E = \pm 0,0805 \end{array}$$

pour celles de Neuchâtel, il faut encore tenir compte de l'incertitude dH sur la différence de niveau entre les deux repères, ainsi

$$E' = \pm \sqrt{\varepsilon'^2 + v'^2 + dH^2}$$

avec les valeurs de

$$\begin{array}{r} \text{mm} \\ \varepsilon' = \pm 0,053 \\ v' = \pm 0,0545 \\ dH = \pm 0,021 \\ \hline \text{d'où } E' = \pm 0,079 \end{array}$$

On est donc justifié en donnant aux résultats de Neuchâtel la même importance qu'à ceux de Berne et en prenant, par conséquent, la moyenne arithmétique de toutes les valeurs indistinctement, ce que nous avons fait dans le tableau suivant :

Calcul de la valeur des mires et de leur variabilité par l'ensemble des déterminations de Berne et de Neuchâtel.

DATE	Détermination.	Mire I.			Mire II.		
		1 ^m de la mire =	Erreur moyenne ε.	Écart e.	1 ^m de la mire =	Erreur moyenne ε.	Écart e.
		m	mm	mm	m	mm	mm
1867, 28 février	N	1,000 830	±0,038	-0,142	1,000 392	±0,042	-0,103
18 mars	B	706	0,003	-0,018	302	0,003	-0,013
4 juillet	N	641	0,021	+0,047	265	0,017	+0,024
1868, 20 avril	B	493	0,003	+0,195	131	0,003	+0,158
7 mai	B	562	0,003	+0,126	179	0,003	+0,110
15 mai	B	607	0,003	-0,081	214	0,003	+0,075
23 mai	N	603	0,014	+0,085	238	0,017	+0,051
4 juin	N	606	0,021	+0,082	186	0,024	+0,103
9 juin	N	558	0,028	+0,130	244	0,045	+0,045
10 juin	N	610	0,038	+0,078	293	0,010	-0,004
1869, 20 mai	B	700	0,018	-0,012	318	0,008	-0,029
28 mai	N	727	0,045	-0,039	262	0,028	+0,027
13 déc.	N	785	0,052	-0,097	348	0,103	-0,059
21 déc.	N	747	0,048	-0,059	351	0,066	-0,062
1870, 21 janvier	B	778	0,005	-0,090	433	0,004	-0,144
20 mai	N	582	0,017	+0,106	224	0,069	+0,065
21 mai	N	692	0,248	-0,004	120	0,203	+0,169
17 nov.	N	647	0,048	+0,041	310	0,038	-0,021
18 nov.	N	754	0,031	-0,066	396	0,034	-0,107
1871, 23 janvier	B	771	0,009	-0,083	367	0,012	-0,078
1872, 4 mars	N	775	0,069	-0,087	—	—	—
6 mars	N	803	0,048	-0,115	—	—	—
13 mars	N	—	—	—	207	0,069	+0,082
30 mars	B	747	0,005	-0,059	309	0,005	-0,020
25 nov.	N	741	0,048	-0,053	461	0,062	-0,172
20 déc.	B	726	0,004	-0,038	389	0,002	-0,100
Moyenne arithmétique		1,000 688 ±0,018	±0,035	±0,077	1,000 289 ±0,019	±0,036	±0,076
Variation moyenne		±0,069			±0,067		

Si l'on considère les différences énormes qui existent dans les erreurs des séries, et qui varient de $\pm 0^{\text{mm}},003$ à $\pm 0^{\text{mm}},248$ pour la mire I, et de $\pm 0^{\text{mm}},002$ à $\pm 0^{\text{mm}},203$ pour la mire II, il semble cependant préférable de tenir compte dans une juste mesure de ces erreurs, sans toutefois les prendre pour unique élément à considérer dans la détermination des poids; car il faut aussi tenir compte de la variation réelle des mires d'une série à l'autre. En adoptant pour les séries de Berne le chiffre de $\pm 0^{\text{mm}},080$ pour la variation trouvée dans les comparaisons faites dans cette ville, et pour celles de Neuchâtel la variation moyenne à Neuchâtel $\pm 0^{\text{mm}},054$, et en tenant compte dans ces dernières de l'incertitude de H, savoir $\pm 0^{\text{mm}},021$, les poids ont été calculés

$$\begin{aligned} \text{pour les séries de Berne, d'après } & \frac{1}{\epsilon^2 + (0,080)^2} \\ \text{pour celles de Neuchâtel, } & \frac{1}{\epsilon^2 + (0,0545)^2 + (0,021)^2} \end{aligned}$$

En attribuant ces poids aux valeurs du dernier tableau, on obtient les moyennes probables suivantes :

pour la mire I	pour la mire II	Équation mire I-II par mètre.
1 ^m de la mire = $1^{\text{m}},000680 \pm 0^{\text{mm}},018$	$1^{\text{m}},000291 \pm 0^{\text{mm}},017$	+ $0^{\text{mm}},388$
Variation probable $\pm 0,071$	$\pm 0,067$	$\pm 0^{\text{mm}},025$

Ces valeurs sont presque identiques avec celles déduites des comparaisons de Berne seules, qui étaient

$$\begin{array}{l} \text{mire I} \qquad \qquad \qquad \text{mire II} \qquad \qquad \qquad \text{Équation mire I-II} \\ 1^{\text{m}} \text{ de la mire} = 1^{\text{m}},000677 \pm 0^{\text{mm}},033; = 1^{\text{m}},000294 \pm 0^{\text{mm}},0335; = + 0^{\text{mm}},383 \pm 0^{\text{mm}},010. \end{array}$$

Vu cette identité, nous avons jugé préférable de réduire les données de nos nivellements avec ces dernières valeurs des mires, déduites directement de l'étalon de Berne. Par contre, dans la discussion des résul-

tats, nous adopterons pour la variation moyenne de nos mires le chiffre qui résulte de toutes les déterminations, savoir $\pm 0^{\text{mm}},069$.

Nous avons réduit, par conséquent, tous les résultats des nivellements, anciens et nouveaux, qui vont être publiés dans cette livraison avec les facteurs suivants :

1,000677 pour la mire I et 1,000294 pour la mire II.

§ XVIII.

Résultats des nivellements exécutés en 1870 en 1872.

Les tableaux suivants renferment, sous la même forme que ceux des livraisons précédentes, les résultats des opérations exécutées en 1870 et 1872¹. Pour la section Aarbourg-Brugg, nivelée en 1867 par M. Schönholzer, les chiffres obtenus dans les deux opérations sont indiqués, de même que leur moyenne. Pour la ligne du Gothard également, de Lucerne à Locarno, nous indiquons le chiffre de la première opération, exécutée par M. Benz en 1869, de Lucerne à Meggen, et de Fluelen à Giornico; par le même ingénieur, en 1870, de Meggen à Fluelen et par M. Schönholzer, en 1870, de Giornico à Locarno; la colonne suivante donne la seconde opération exécutée par M. Spahn en 1872. Nous donnons ensuite le nivellement de la Furka, exécuté par M. Benz en 1872, et celui de la vallée du Rhône, de Lausanne à Brigue, par le même ingénieur en 1870.

¹ Dans les livraisons précédentes nous avons arrondi les chiffres au millimètre près, en supprimant les fractions résultant des calculs de réduction. Il nous a paru préférable de conserver dans ces tableaux les dixièmes de millimètre, et de publier les données telles qu'elles nous serviront plus tard pour le calcul des cotes définitives; les corrections provenant de la compensation du réseau, et éventuellement d'une légère modification dans l'équation des mires d'après des comparaisons ultérieures, portent essentiellement sur des fractions de millimètre, d'où résulte la convenance de conserver le dixième dans le chiffre qui sert de point de départ. Lorsque nous publierons les tableaux des cotes définitives, nous supprimerons les fractions, car nous n'avons naturellement pas la prétention de leur attribuer une exactitude allant au dixième de millimètre près.

**Résultats des deux opérations de nivellement exécutées sur la ligne
d'Aarbourg à Brugg.**

La 1^{re} en 1867 par M. Schönholzer, la 2^{me} en 1872 par M. Spahn.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
1^o De \odot50 Aarbourg (gare) à NF 31 Olten.					
\odot 51— \odot 50	km 2,159	m —14,2817	m —14,2840	m —14,2828	\odot 50 r sur le socle du premier pilier (côté gauche), soutenant l'avant-toit de la gare d'Aarbourg.
NF31— \odot 51	1,604	— 0,9935	— 0,9907	— 0,9921	\odot 51 r sur une borne du chemin de fer, à droite de la route, au pied du mur de soutènement du chemin de fer.
					NF31 r en bronze scellé sur la marche supérieure du perron de la gare d'Olten, façade ouest, à gauche de la porte du milieu du restaurant 1 ^{re} et 2 ^{me} classes.
NF31— \odot 50	3,763	—15,2752	—15,2747	—15,2749	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section \odot50 à NF 31.</i>					
NF30— \odot 50	km 0,884	m —14,4922	m		NF30 r en bronze scellé sur un angle du rocher sur lequel l'église d'Aarbourg est bâtie, angle du rocher à droite de la route vers la ville ¹ .
\odot rocher— \odot 50	0,884		—14,4894		\odot rocher r sur le rocher à côté de NF30.
\odot 50 _a — \odot 50	0,866		— 3,6119		\odot 50 _a r sur une borne à gauche de la route, à environ 10 ^m au delà de la dernière maison d'Aarbourg.
\odot 52— \odot 51	1,261	— 1,5627			\odot 52 r 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.
NF31 _a —NF31			— 0,1497		NF31 _a sur la seconde marche, comptée d'en haut, du perron de la gare d'Olten, façade ouest, à gauche de la porte du milieu de la salle d'attente 1 ^{re} et 2 ^{me} classes.
2^o De NF 31 Olten à NF 32 Aarau.					
\odot 55—NF31	km 3,442	m — 2,7399	m — 2,7357	m — 2,7378	\odot 55 r sur une borne du chemin de fer, à gauche de la route, à la première maison de garde entre Starkirch et Däniken.
\odot 56— \odot 55	1,375	— 6,3886	— 6,3870	— 6,3878	\odot 56 r 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.
\odot 57— \odot 56	1,452	— 5,4944	— 5,4933	— 5,4939	\odot 57 r sur la base du parapet de droite du pont sur le Däniker-Bach, à l'extrémité du village de Däniken.
\odot 58— \odot 57	0,994	+ 0,7126	+ 0,7149	+ 0,7137	\odot 58 r sur l'extrémité du parapet de droite du pont sur le ruisseau de Grenzenbach.
\odot 60— \odot 58	2,683	— 4,4582	— 4,4656	— 4,4619	\odot 60 r sur la 2 ^{me} borne devant la dernière maison de Schönenwerd, à gauche de la route.
\odot 61— \odot 60	1,629	+ 0,3194	+ 0,3147	+ 0,3171	\odot 61 r sur la borne de délimitation des cantons de Soleure et d'Argovie, à gauche de la route, près du moulin de Wöschnau.
¹ En 1872, l'ingénieur n'a plus retrouvé le repère en bronze NF 30, qui avait été enlevé et détruit par malveillance.					

**Résultats des deux opérations de nivellement exécutées sur la ligne
d'Aarbourg à Brugg.**

La 1^{re} en 1867 par M. Schönholzer, la 2^{me} en 1872 par M. Spahn.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
2° De NF 31 Olten à NF 32 Aarau (suite).					
⊙62—⊙61	km 1,189	+ 9,2183 ^m	+ 9,2089 ^m	+ 9,2136 ^m	⊙62 r sur le mur de clôture de la fontaine, à droite de la route, à l'entrée de la ville d'Aarau.
NF32—⊙62	0,246	+ 0,9310	+ 0,9422	+ 0,9366	NF32 r 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	13,010	— 7,8998	— 7,9009	— 7,9004	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF31 à NF32.</i>					
⊙53—NF31	km 1,695	+ 22,2575 ^m	+ 27,9333 ^m		⊙53 r sur une borne à droite, en face de la première maison à gauche, du village de Starkirch.
⊙54—NF31	1,930	+ 22,2575			⊙54 r sur une grosse pierre à droite de la route, à la croisée de routes en face de la maison n° 55 du village de Starkirch.
⊙59 ¹ —⊙58	1,252	+ 5,2075			⊙59 r sur un couvercle de coulisse à droite de la route, en face de la fontaine, à l'entrée de Schönenwerd.
⊙59 _a ¹ —⊙58	1,252		+ 5,2744		⊙59 _a même repère que le précédent, avec la différence de cote indiquée dans la note.
⊙60 _a —⊙60	0,786		+ 2,7535		⊙60 _a r sur la 1 ^{re} borne, à gauche de la route, au delà d'une maison à gauche, dans le voisinage du chemin de fer, près d'un pommier.
3° De NF 32 Aarau à NF 35 Brugg.					
⊙63—NF32	km 0,605	— 5,7737 ^m	— 5,7696 ^m	— 5,7716 ^m	⊙63 r sur la bordure du quai, à la gare d'Aarau, extrémité gauche du côté de Zurich.
⊙64—⊙63	1,767	— 11,6343	— 11,6376	— 11,6360	⊙64 r sur la pierre d'angle du pont sur la Suhr, près du dernier balustre en fer, côté gauche, rive droite.
⊙65—⊙64	1,368	+ 3,2698	+ 3,2720	+ 3,2709	⊙65 r sur une borne à gauche de la route, devant le milieu de la maison n° 15, village de Rohr.
⊙66—⊙65	2,314	— 0,0981	— 0,1012	— 0,0996	⊙66 r sur la borne de délimitation de forêt, portant le n° 26, à gauche de la route.
⊙67—⊙66	1,152	— 6,4514	— 6,4522	— 6,4518	⊙67 r sur une borne à droite de la route, presque à l'extrémité du village de Ruppertschwyl.
⊙68—⊙67	1,859	— 8,4813	— 8,4832	— 8,4823	⊙68 r sur une borne près de l'indicateur des routes, à la croisée de celles qui mènent à Hunzenschwyl, Brugg et Aarau.
⊙69—⊙68	1,083	— 6,1257	— 6,1183	— 6,1220	⊙69 r 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.
<p>¹ Le repère ⊙59 a été probablement déplacé entre 1867 et 1872; dans la deuxième opération, le nivellement a été fait à double, les deux valeurs s'accordent à 5^{mm} près, mais diffèrent de 67^{mm} avec la première opération.</p>					

**Résultats des deux opérations de nivellement exécutées sur la ligne
d'Aarbourg à Brugg.**

La 1^{re} en 1867 par M. Schönholzer, la 2^{me} en 1872 par M. Spahn.

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.	
3^e De NF 32 Aarau à NF 35 Brugg (suite).					
⊙70—⊙69	0,928 ^{km}	— 0,0069 ^m	+ 0,0008 ^m	— 0,0030 ^m	⊙70 r sur le banc en pierre, à droite de la route, entre Wildegg et Holderbank.
⊙71—⊙70	0,989	+11,0739	+11,0714	+11,0727	⊙71 r sur le bassin en pierre de la fontaine devant l'église de Holderbank.
⊙72—⊙71	1,064	—12,6924	—12,6895	—12,6910	⊙72 r 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	2,238	+ 1,9937	+ 2,0006	+ 1,9971	⊙73 r 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	1,552	— 9,5018	— 9,5145	— 9,5081	⊙74 r 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	+ 7,4706	+ 7,4751	+ 7,4728	⊙75 r sur la pierre de voûte, à gauche de la route, du canal sous le chemin de fer, avant la station de Brugg.
NF35—⊙75	0,739	— 0,9239	— 0,9279	— 0,9259	NF35 r en bronze scellé sur le socle du pilier de droite de la porte d'entrée de la caserne à Brugg.
NF35—NF32	19,605	—37,8815	—37,8741	—37,8778	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF32 à NF35.					
⊙63 _a —⊙63	1,551 ^{km}		— 3,9993 ^m		⊙63 _a r sur une borne à gauche de la route, à 16 ^m au delà du signal cantonal n° VII, dans le voisinage de la route de Rohr.
⊙72 _a —⊙72	1,480		+14,2794		⊙72 _a r sur une borne à droite de la route, à 26 ^m de la propriété de M. Hünerwadel, au-dessus de la station de Schinznach.
⊙74 _a —⊙74	1,365		+ 7,1948		⊙74 _a r sur une borne à droite de la route, à 87 ^m environ d'un indicateur de pente du chemin de fer, où la rampe passe du 5 ‰ au 2 ‰.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
1^o De NF 51 Lucerne à ⊙29 Meggen.					
⊙27—NF51	4,100 ^{km}	+29,9240 ^m	+29,9082 ^m	+29,9161 ^m	NF51 <i>r</i> en bronze scellé sur une pierre saillante du soubassement de la cathédrale à Lucerne.
⊙28—⊙27	1,433	+ 5,5669	+ 5,5657	+ 5,5663	⊙27 <i>r</i> sur une borne à droite de la route. ⊙28 <i>r</i> sur une dalle servant de passage, à 20 ^m environ en deçà de la chapelle de Vorder-Meggen.
⊙29—⊙28	2,282	-11,2703	-11,2687	-11,2695	⊙29 <i>r</i> sur un rocher servant de piédestal d'une croix en bois à Letten, entre Meggen et Mörlischachen.
⊙29—NF51	7,815	+24,2206	+24,2052	+24,2129	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 51 à ⊙29.</i>					
⊙25—NF51	0,716 ^{km}	-10,7924 ^m			⊙25 <i>r</i> sur la marche inférieure du perron de la brasserie Seefeld, près de Lucerne.
⊙25 _a —NF51	1,014		- 8,9631 ^m		⊙25 _a <i>r</i> sur le soubassement du pilier de droite du portail de la propriété « Bellerive. »
⊙26 _a —NF51	2,908		-10,8704 ^m		⊙26 _a <i>r</i> sur une borne à gauche de la route, à l'entrée de la pension Seeburg.
⊙26—NF51	2,915	-11,5587			⊙26 <i>r</i> à l'extrémité inférieure du passage près de l'auberge « Seeburg. »
⊙26 _b —NF51	3,485		- 2,4539 ^m		⊙26 _b <i>r</i> sur une borne à droite, un peu en dessous de la maison « zum Rebstock. »
⊙28 _a —⊙28	0,974		+ 3,0320 ^m		⊙28 _a <i>r</i> sur le soubassement de l'indicateur des routes, à la jonction des routes Seeburg-Lucerne et Kreuzbach-Lucerne.
2^o De ⊙29 Meggen à NF 52 Küssnacht.					
⊙25—⊙29	1,669 ^{km}	-15,0722 ^m	-15,0731 ^m	-15,0727 ^m	⊙25 <i>r</i> sur le soubassement d'un indicateur de distances en fer, portant : « 5 Stunden von Schwyz, » au delà de Mörlischachen.
⊙24—⊙25	0,742	+ 5,2346	+ 5,2383	+ 5,2365	⊙24 <i>r</i> à l'angle sud-ouest du perron devant la maison à gauche de la route, à Bischofswyl.
NF52—⊙24	2,319	-23,7072	-23,6973	-23,7023	NF52 <i>r</i> en bronze scellé sur le socle de l'angle sud-ouest de l'église de Küssnacht.
NF52—⊙29	4,730	-33,5448	-33,5321	-33,5385	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section ⊙29 à NF 52.</i>					
⊙25 _a —⊙29	0,704 ^{km}		-33,2177 ^m		⊙25 _a <i>r</i> sur une borne à droite de la route, près du point de départ d'un chemin menant au lac, entre Mörlischachen et la frontière cantonale.
⊙23 _a —⊙24	1,500		-24,6267 ^m		⊙23 _a <i>r</i> sur un couvercle de coulisse, à gauche de la route, à l'entrée du village de Nieder-Küssnacht (Letzi).

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
3^e De NF 52 Kussnacht à NF 99 Tellskapelle.					
⊙23—NF52	km 0,913	+ m 7,4148	+ m 7,4182	+ m 7,4165	⊙23 r sur le soubassement de l'indicateur des routes, près de l'auberge « zum Schützenhaus. »
NF99—⊙23	0,856	+35,5688	+35,5693	+35,5690	NF99 r en bronze scellé sur le soubassement en granit de la chapelle de Tell, angle nord-ouest.
NF99—NF52	1,769	+42,9836	+42,9875	+42,9855	
4^e De NF 99 Tellskapelle à NF 98 Art.					
⊙22—NF99	km 0,483	- m 13,6306	- m 13,6312	- m 13,6309	⊙22 r sur le soubassement de l'indicateur des routes, à la bifurcation de la route d'Immensee.
⊙21—⊙22	1,894	-35,5589	-35,5597	-35,5593	⊙21 r sur un petit mur de soutènement devant le perron de l'auberge de M ^{me} Siedler « im Ghürsch. »
⊙20—⊙21	2,142	-13,4107	-13,4108	-13,4108	⊙20 r sur la pierre près de la fontaine, à droite de la route « im Strick. »
⊙19—⊙20	1,231	- 1,5671	- 1,5692	- 1,5681	⊙19 r sur une pierre à l'angle nord-ouest de la maison « im Rütli. »
⊙18—⊙19	0,538	+ 2,3923	+ 2,3900	+ 2,3912	⊙18 r sur une borne, à l'angle nord-est de l'auberge « zum Thurm. »
NF98—⊙18	0,717	+ 4,1529	+ 4,1557	+ 4,1543	NF98 r en bronze scellé sur le soubassement en granit, à l'angle sud-ouest de l'église d'Art.
NF98—NF99	7,005	-57,6221	-57,6252	-57,6236	
5^e De NF 98 Art à NF 97 Goldau.					
⊙17—NF98	km 1,440	+ m 29,0292	+ m 29,0355	+ m 29,0323	⊙17 r sur l'angle sud-ouest du bassin de la fontaine, devant la maison du landammann Fassbind à Oberart.
⊙16—⊙17	0,627	+22,3326	+22,3337	+22,3332	⊙16 r sur un rocher à droite de la route, dans une courbe de celle-ci « im Harmättli. »
NF97—⊙16	0,740	+47,6804	+47,6810	+47,6807	NF97 r en bronze scellé sur le seuil du portail principal de l'église de Goldau.
NF97—NF98	2,807	+99,0422	+99,0502	+99,0462	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 98 à NF 97.</i>					
⊙17 _a —NF98	km 1,105		+ m 19,2285		⊙17 _a r sur une borne près d'une remise, à droite de la route.
6^e De NF 97 Goldau à NF 96 Steinen.					
⊙15—NF97	km 1,109	+ m 40,7286	+ m 40,7278	+ m 40,7282	⊙15 r sur un bloc de rocher, à droite, au point le plus élevé de la route au-dessus de l'éboulement.
⊙14—⊙15	1,330	-65,7608	-65,7519	-65,7563	⊙14 r sur le socle du poteau indicateur, au point de jonction de la route de Lowerz.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
6° De NF97 Goldau à NF96 Steinen (suite).					
⊙13—⊙14	km 1,822	-46,1223	-46,1081	-46,1152	⊙13 r sur un bloc de granit, à droite, entre la route et l'extrémité ouest du lac de Lowerz.
NF96—⊙13 ¹	2,219	+22,7662	+22,7657	+22,7659	NF96 r en bronze scellé sur une dalle à droite de l'entrée de l'hôtel de la Couronne à Steinen.
NF96—NF97	6,480	-48,3883	-48,3665	-48,3774	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF97 à NF96.</i>					
⊙14 _a —⊙15	km 0,260		-18,3486		⊙14 _a r sur un rocher à gauche, au contour de la route en amont du pont sur le ruisseau « im Schutt. »
⊙13 _a —⊙14	0,697		-40,2950		⊙13 _a r sur un rocher de nagelfluh à 2 ^m ,5 de la route à gauche, près d'un pont en bois sur un ruisseau.
⊙12 _a —⊙13	0,970		+ 9,2014		⊙12 _a r sur la 4 ^{me} borne à gauche de la route, le long du ruisseau « im Mùsigricht. »
7° De NF96 Steinen à NF95 Schwyz.					
⊙12—NF96	km 4,170	- 0,6487	- 0,6536	- 0,6512	⊙12 r sur une borne à gauche de la route, en deçà d'une rampe, environ 80 ^m avant une maison à droite.
⊙11—⊙12	0,699	- 4,2392	- 4,2337	- 4,2364	⊙11 r sur un rocher à gauche, au point le plus bas de la route, après la descente au delà de Blatten.
⊙10—⊙11	2,081	+61,1686	+61,1687	+61,1686	⊙10 r sur le parapet gauche, rive droite, du pont sur le Mythenbach.
NF95—⊙10	0,872	-15,1550	-15,1523	-15,1536	NF95 r en bronze scellé sur le perron de l'hôtel « zum weissen Rössli » à Schwyz.
NF95—NF96	4,822	+41,1257	+41,1291	+41,1274	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF96 à NF95.</i>					
⊙11 _a —⊙12	km 0,369		+16,3450		⊙11 _a r sur un bloc de rocher à droite de la route, à 20 ^m environ en deçà de la maison « zur Blatten. »
⊙10 _a —⊙11	1,818		+50,0269		⊙10 _a r sur un petit bloc de rocher, à gauche de la route, devant la chapelle un peu en aval du pont du Mythenbach.
8° De NF95 Schwyz à NF94 Brunnen.					
⊙ 9—NF95	km 1,378	-61,8826	-61,8830	-61,8828	⊙ 9 r sur le soubassement, angle sud-ouest de l'hôtel « du Lion » à Ibach.
NF94—⊙ 9	3,602	-16,9018	-16,8943	-16,8980	NF94 r en bronze scellé sur une dalle du péristyle de la chapelle de Brunnen, devant la colonne de droite.
NF94—NF95	4,980	-78,7844	-78,7773	-78,7808	
<p>¹ Le résultat de la 1^{re} opération, faite en 1870 par M. Benz, donnait NF96—⊙13 = 22^m,8603; M. Spahn a fait deux fois le nivellement de cette section en 1872; les deux opérations s'accordent à un demi-millimètre près, mais donnent une différence de 94^{mm} avec celle de M. Benz. Cette dernière paraît ainsi fautive; nous l'avons laissée de côté et nous avons pris pour la section NF96—⊙13 les deux opérations concordantes de M. Spahn.</p>					

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF95 à NF94.</i>					
⊙ 9 _a - NF95	0,292		-22,8219		⊙ 9 _a r sur la marche supérieure du péristyle « zu den zwei Kapellen » à gauche de la route, un peu au delà de Schwyz.
⊙ 8 _a - ⊙ 9	2,433		-13,9714		⊙ 8 _a r sur le seuil de la porte du jardin, à droite de la route, vis-à-vis de l'église d'Ingenbohl.
⊙ E - NF94		- 0,1938			⊙ E zéro de l'échelle limnimétrique dans le port de Brunnen.
9^o De NF94 Brunnen à NF69 Flüelen.					
⊙ 8 - NF94	0,303	+ 9,0101	+ 9,0075	+ 9,0088	⊙ 8 r sur une dalle au-dessus d'une cascade, à gauche de la route, un peu en aval de la pension « auf der Mauer. »
⊙ 7 - ⊙ 8	1,006	+40,9522	+40,9446	+40,9484	⊙ 7 r sur le socle du monument de Henri Telbin, à la bifurcation de la route de l'Axenstein.
⊙ 6 - ⊙ 7	1,394	-37,2505	-37,2403	-37,2454	⊙ 6 r sur le parapet à droite de la route, dans un contour vis-à-vis du « Rütli. »
⊙ 5 - ⊙ 6	1,371	-10,9686	-10,9704	-10,9695	⊙ 5 r sur un couvercle de coulisse à gauche de la route, à l'entrée de la galerie de Sisikon.
⊙ 4 - ⊙ 5	1,392	+15,8197	+15,8212	+15,8205	⊙ 4 r sur la culée du pont sur le Dorfbach à Sisikon, rive droite, à droite de la route.
⊙ 3 - ⊙ 4	1,703	+45,6600	+45,6562	+45,6581	⊙ 3 r sur une borne à droite de la route, au contour après la borne kilométrique n° 8.
⊙ 2 - ⊙ 3	1,706	+12,5864	+12,5892	+12,5878	⊙ 2 r sur une saillie du rocher à la sortie de la dernière galerie, près de la borne kilométrique n° 6.
⊙ 1 - ⊙ 2	2,019	-64,8816	-64,8778	-64,8797	⊙ 1 r sur une pierre à gauche de la route, à environ 45 ^m au delà de la borne kilométrique n° 4, au point de départ d'un sentier.
NF69 - ⊙ 1	0,942	-11,2289	-11,2237	-11,2263	NF69 r en bronze scellé sur une dalle du porche de l'église de Flüelen, près du socle de la colonne de droite.
NF69 - NF94	11,836	- 0,3012	- 0,2935	- 0,2973	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF94 à NF69.</i>					
⊙ 4 _a - ⊙ 5	0,425		+ 2,1528		⊙ 4 _a r sur le soubassement d'un poteau indicateur, à droite de la route: 1 lieue de Brunnen, 1/4 de lieue de Sisikon.
⊙ 3 _a - ⊙ 4	0,459		+10,9271		⊙ 3 _a r sur le rocher à droite de la route, à la sortie de la première galerie au delà de Sisikon.
⊙ 1 _a - ⊙ 2	1,105		-40,5143		⊙ 1 _a r sur l'extrémité de la bordure d'un canal à droite de la route, à 110 ^m environ au delà de la borne kilométrique n° 5.
⊙ E' - NF69	0,116	+ 0,0094	+ 0,0088	+ 0,0091	⊙ E' zéro de l'échelle limnimétrique dans le port de Flüelen.
10^o De NF69 Flüelen à NF68 Altorf.					
NF68 - NF69	3,062	+23,6264	+23,6329	+23,6297	NF68 r en bronze scellé sur le seuil en granit devant l'hôtel de ville à Altorf.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 69 à NF 68.</i>					
⊙A—NF69	0,113 ^{km}	— 0,0537 ^m	— 0,0564 ^m	— 0,0550 ^m	⊙A repère du chemin de fer sur une borne, près de la façade sud de l'hôtel de l'Aigle, à Fluelen.
⊙28 _a —NF69	1,607		+ 2,0042		⊙28 _a r sur le bord sud d'une dalle servant de passage, dans le voisinage d'une petite remise à droite, à mi-chemin environ entre les bornes kilométriques n° 2 et n° 1.
11° De NF 68 Altorf à NF 67 Erstfeld.					
⊙28—NF68	0,287 ^{km}	+ 6,3144 ^m	+ 6,3118 ^m	+ 6,3131 ^m	⊙28 r sur la marche inférieure du perron de la maison de M. Loser, avocat.
⊙27—⊙28	1,214	+ 26,5564	+ 26,5628	+ 26,5596	⊙27 r sur l'extrémité nord, en amont, du parapet du pont sur le Schächenbach.
⊙26—⊙27	1,874	— 38,7917	— 38,7899	— 38,7908	⊙26 r sur le parapet à droite entre les deux ruisseaux, près de la Reinachfluh.
⊙25—⊙26	2,630	+ 10,6480	+ 10,6563	+ 10,6521	⊙25 r sur la borne kilométrique n° 6.
NF67—⊙25	1,574	+ 8,2475	+ 8,2497	+ 8,2486	NF67 r en bronze scellé sur le seuil en granit de la porte principale de la chapelle à Erstfeld.
NF67—NF68	7,579	+ 12,9746	+ 12,9907	+ 12,9826	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 68 à NF 67.</i>					
⊙25 _a —⊙26	1,639 ^{km}		+ 4,2102 ^m		⊙25 _a r sur la borne kilométrique n° 5.
⊙24 _a —⊙25	0,990		— 0,3142		⊙24 _a r sur une dalle d'une passerelle sur un fossé, à droite, à l'entrée du village d'Erstfeld.
12° De NF 67 Erstfeld à NF 66 Amsteg.					
⊙24—NF67	0,718 ^{km}	+ 3,1536 ^m	+ 3,1487 ^m	+ 3,1511 ^m	⊙24 r sur la borne kilométrique n° 8.
⊙23—⊙24	2,089	+ 30,2443	+ 30,2499	+ 30,2471	⊙23 r sur la 3 ^{me} borne à partir de l'Est, à droite de la route, au coude après la borne kilométrique n° 10.
⊙22—⊙23	1,872	+ 31,3006	+ 31,3056	+ 31,3031	⊙22 r sur la borne kilométrique n° 12.
NF66—⊙22	1,666	— 16,9638	— 16,9586	— 16,9612	NF66 r en bronze scellé sur le seuil de l'entrée principale de l'église de Amsteg, côté droit.
NF66—NF67	6,345	+ 47,7347	+ 47,7456	+ 47,7401	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 67 à NF 66.</i>					
⊙B—⊙24	0,272 ^{km}	— 1,7872 ^m	— 1,7812 ^m	— 1,7842 ^m	⊙B repère du chemin de fer sur une borne, près de l'entrée de l'hôtel de la Croix à Klus.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
13° De NF66 Amsteg à NF65 Wasen.					
⊙21—NF66	0,340	+ 5,7537	+ 5,7523	+ 5,7540	⊙21 r sur la borne kilométrique n° 14.
⊙20—⊙21	0,986	+69,2035	+69,2006	+69,2031	⊙20 r sur la borne kilométrique n° 15.
⊙19—⊙20	1,539	+67,4570	+67,4518	+67,4544	⊙19 r sur le parapet du pont sur le ruisseau Intschi, extrémité sud en aval.
⊙18—⊙19	1,282	+13,7550	+13,7504	+13,7527	⊙18 r sur le parapet du pont sur la Reuss, près de Meitschlingen, extrémité ouest en aval.
⊙17—⊙18	1,153	+46,3618	+46,3606	+46,3612	⊙17 r sur le parapet du pont sur le Fellibach, côté droit, à 12 ^m au Nord-Ouest du milieu du pont.
⊙16—⊙17	1,523	+27,8303	+27,8189	+27,8246	⊙16 r sur une borne à droite de la route, entre les bornes kilométriques n°s 20 et 21, un peu au delà d'un gros rocher à droite de la route.
⊙15—⊙16	0,651	+22,2035	+22,2257	+22,2156	⊙15 r sur une pierre du soubassement de l'auberge de la Poste à Wyler, façade ouest.
⊙14—⊙15	1,599	+65,2954	+65,2925	+65,2939	⊙14 r sur un rocher à 1 ^m à gauche de la route, à 10 ^m à l'Est du pont du Pfaffensprung.
⊙13—⊙14	1,133	+46,3382	+46,3267	+46,3325	⊙13 r sur la borne kilométrique n° 24
⊙12—⊙13	0,850	+58,7533	+58,7548	+58,7540	⊙12 r sur le rebord d'une colonne, à l'extrémité du mur de soutènement de droite du perron de l'hôtel du Bœuf, à Wasen.
NF65—⊙12	0,134	+16,4917	+16,4925	+16,4921	NF65 r en bronze scellé sur un rocher, à 1 ^m 1/2 de la façade nord de l'église de Wasen.
NF65—NF66	11,190	+411,9394	+411,9260	+411,9327	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF66 à NF65.					
⊙21 _a —⊙21	0,653	m	+47,3933	m	⊙21 _a r sur un bloc de rocher, à droite de la route, à environ 10 ^m en amont du poteau télégraphique n° 253.
⊙20 _a —⊙20	0,726		+29,9923		⊙20 _a r sur une pierre d'un mur, à gauche de la route, à 6 ^m environ en amont du poteau télégraphique n° 271, un peu avant le hameau de Intschi.
⊙19 _a —⊙19	0,743		— 5,9899		⊙19 _a r sur l'extrémité sud du petit pont de Marchli, à droite de la route, environ 360 ^m du pont d'Intschi.
⊙17 _a —⊙18	0,937		+44,9005		⊙17 _a r sur une borne à droite de la route, à 37 ^m environ en deçà du poteau télégraphique n° 329, dans le voisinage du pont de Fellibach.
⊙14 _a —⊙15	1,031		+42,4125		⊙14 _a r sur l'avant-dernière borne à droite de la route, à 15 ^m environ en deçà de la première maison à gauche de la route « in der Sürüti, » à la sortie de la forêt de Wasen.
⊙ α—⊙13	0,222	—16,3811	—16,3693	—16,3752	⊙ α repère du chemin de fer sur le parapet du pont sur la Reuss à Maien, à l'extrémité nord, en aval.
14° De NF65 Wasen à NF64 Göschenen.					
⊙12—NF65	0,134	+16,4917	+16,4925	+16,4921	⊙12 même repère que plus haut.
⊙11—⊙12	0,386	+ 3,1825	+ 3,1783	+ 3,1804	⊙11 r sur un rocher à gauche de la route, à l'extrémité d'un long mur de soutènement.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
14° De NF 65 Wasen à NF 64 Göschenen (suite).					
⊙10—⊙11	km 0,962	m — 2,9977	m — 2,9916	m — 2,9946	⊙10 r sur un gros rocher, à 1 ^m à droite de la route, à 50 ^m au delà du pont à Wattigen.
⊙ 9—⊙10	1,605	+63,1424	+63,1442	+63,1433	⊙ 9 r sur un rocher, à 5 ^m à droite de la route, près de l'extrémité ouest du parapet du pont sur la Reuss (Schöne Brücke).
⊙ 8—⊙ 9	0,835	+52,8216	+52,8235	+52,8225	⊙ 8 r sur un rocher au bord droit de la route, à 65 ^m en aval de la passerelle en bois sur la Reuss.
NF64—⊙ 8	1,253	+65,8356	+65,8410	+65,8383	NF64 r en bronze scellé sur un rocher contre la façade nord de l'église de Göschenen.
NF64—NF65	5,175	+165,4927	+165,5029	+165,4978	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 65 à NF 64.</i>					
⊙ 9 _a —⊙10	km 0,849		m +46,8176		⊙ 9 _a r sur la borne kilométrique n° 27.
⊙ 8 _a —⊙ 9	0,241		+13,7827		⊙ 8 _a r sur la borne kilométrique n° 28.
⊙ 7 _a —⊙ 8	0,406		+29,6923		⊙ 8 _a r sur la borne kilométrique n° 29.
15° De NF 64 Göschenen à NF 53 Andermatt.					
⊙ 7—NF64	km 0,562	m +29,1474	m +29,1381	m +29,1427	⊙ 7 r sur la pierre inférieure du signal trigonométrique, près de l'embouchure nord du tunnel projeté.
⊙ 6—⊙ 7	0,397	+ 5,9645	+ 5,9681	+ 5,9663	⊙ 6 r sur l'angle du parapet du pont sur la Reuss, extrémité sud à droite.
⊙ 5—⊙ 6	0,775	+64,3994	+64,3992	+64,3993	⊙ 5 r sur un rocher encastré dans un mur de soutènement à gauche de la route.
⊙ 4—⊙ 5	0,377	+34,0245	+34,0250	+34,0247	⊙ 4 r sur un gros rocher situé à 2 ^m à droite de l'extrémité du mur de soutènement, près du pont (Spreng-Brücke) sur la Reuss, rive droite.
⊙ 3—⊙ 4	1,262	+104,8624	+104,8573	+104,8599	⊙ 3 r sur une borne à droite de la route, la 4 ^{me} comptée d'en haut, près du coude qui se trouve au delà de la borne kilométrique n° 33.
⊙ 2—⊙ 3	0,759	+63,4471	+63,4519	+63,4495	⊙ 2 r sur une cadette du mur de soutènement à gauche de la route, à 18 ^m en amont de l'extrémité du parapet gauche du pont du Diable.
⊙ 1—⊙ 2	1,300	+37,4529	+37,4584	+37,4537	⊙ 1 r sur un pilier en granit, à l'angle nord-est d'une grange, à droite de la route, avant Andermatt.
NF53—⊙ 1	0,637	+ 4,5975	+ 4,6002	+ 4,5989	NF53 r en bronze scellé sur le seuil de la porte de l'église d'Andermatt, façade ouest.
NF53—NF64	6,069	+343,8957	+343,8982	+343,8970	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 64 à NF 53.</i>					
⊙ d—NF64	km 0,128	m + 5,2693			⊙ d r sur le parapet du pont de Göschenen, extrémité sud, à droite (n° 40 des repères du chemin de fer).

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 64 à NF 53 (suite).</i>					
⊙ T—⊙ 7	km 0,232	m — 1,1670			⊙ T r sur le nouveau signal dans l'axe du tunnel, sur une colline à gauche de la route, près d'une remise nouvellement construite à gauche, entre Göschenen et ⊙ 7.
⊙ e—⊙ 6	0,057	+ 1,0025			⊙ e r du chemin de fer, sur le parapet du pont sur la Reuss, extrémité nord à droite.
⊙ f—⊙ 4	0,030	+ 1,8831			⊙ f r sur le parapet de droite du pont sur la Reuss (Sprengbrücke), extrémité ouest (n° 34 des repères du chemin de fer).
⊙ 3 _a —⊙ 4	0,297		+20,9975		⊙ 3 _a r sur une borne à gauche de la route, à 110 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 32.
⊙ 3 _b —⊙ 4	0,890		+75,4930		⊙ 3 _b r sur une borne à gauche de la route, à 40 ^m environ au Nord de l'entrée de la galerie.
⊙ 2 _a —⊙ 3	0,439		+33,7109		⊙ 2 _a r sur un bloc de rocher à 2 ^m environ à gauche de la route, dans un contour, à 48 ^m environ en aval de l'extrémité d'un mur de soutènement à gauche, avant le pont du Diable.
⊙ 1 _a —⊙ 2	0,716		+31,0158		⊙ 1 _a r sur une borne de 20 ^{cm} de hauteur à droite de la route, vis-à-vis de l'extrémité d'un petit mur de soutènement à gauche, à 110 ^m environ au delà d'un contour de la Reuss, où elle s'éloigne de la route.
16° De NF 53 Andermatt à NF 54 Hospenthal.					
⊙ 1—NF53	km 0,158	m — 3,8525	m — 3,8532	m — 3,8529	⊙ 1 r sur la borne kilométrique n° 37.
⊙ 2—⊙ 1	0,575	+ 5,0051	+ 5,0103	+ 5,0077	⊙ 2 r sur un rocher de granit, à 2 ^m à gauche de la route, à 20 ^m de la chapelle Sainte-Anna.
NF54—⊙ 2	0,657	+18,0740	+18,0736	+18,0738	NF54 r en bronze scellé sur le perron près de la colonne la plus occidentale du Meierhof, à Hospenthal.
NF54—NN53	2,390	+19,2266	+19,2307	+19,2286	
17° De NF 54 Hospenthal à NF 55 St-Gothard (sommets du col).					
⊙ 3—NF54	km 0,905	m +64,2462	m +64,2390	m +64,2426	⊙ 3 r sur un rocher de granit, à droite de la route, à l'extrémité du premier lacet au-dessus de la borne kilométrique n° 39.
⊙ 4—⊙ 3	0,840	+63,5347	+63,5350	+63,5349	⊙ 4 r sur un rocher à gauche de la route, à 20 ^m au delà de la borne kilométrique n° 40.
⊙ 5—⊙ 4	0,904	+51,4025	+51,3822	+51,3923	⊙ 5 r sur une borne, à gauche de la route, la 20 ^{me} en deçà de la borne kilométrique n° 41.
⊙ 6—⊙ 5	1,155	+71,1628	+71,1674	+71,1651	⊙ 6 r sur la première cadette d'un mur de soutènement, à gauche de la route, à 80 ^m environ au delà de la borne kilométrique n° 42.
⊙ 7—⊙ 6	1,096	+77,6762	+77,6748	+77,6755	⊙ 7 r sur un rocher, à droite de la route, au 2 ^{me} lacet au-dessus de la Cantoniera « Mättli »
⊙ 8—⊙ 7	0,906	+72,6456	+72,6444	+72,6450	⊙ 8 r sur un rocher incliné, au bord droit de la route, à 15 ^m en deçà de l'extrémité ouest du parapet au premier tournant au delà de la borne kilométrique n° 44.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
17° De NF 54 Hospenthal à NF 55 St-Gothard (sommet du col) (suite).					
⊙ 9—⊙ 8	km 1,071	m +70,6990	m +70,6954	m +70,6972	⊙ 9 r sur le premier rocher à droite de la route, après un replat à l'entrée du val Piotta.
⊙ 10—⊙ 9	1,605	+83,7165	+83,6992	+83,7079	⊙ 10 r sur un rocher à droite de la route, près du pont sur la Reuss au delà de la Cantoniera.
⊙ 11—⊙ 10	0,551	+42,8374	+42,8276	+42,8325	⊙ 11 r sur un petit rocher à 95 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 129.
NF55—⊙ 11	0,706	+50,7206	+50,7181	+50,7193	NF55 r en bronze scellé sur un rocher de granit, à 1 ^m ,5 à gauche de la route; ce repère marque le point culminant du col du St-Gothard.
NF55—NF54	9,739	+648,6415	+648,5831	+648,6123	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 54 à NF 55.</i>					
⊙ 8 _a —⊙ 8	km 0,568	m		m +43,6611	⊙ 8 _a r sur un rocher à droite de la route, à 5 ^m environ au-dessus du premier lacet au Nord de la borne frontière des cantons d'Uri et du Tessin.
⊙ g—⊙ 9	0,422	-20,2658			⊙ g r sur le sommet de la borne limite des cantons d'Uri et du Tessin.
18° De NF 55 St-Gothard (sommet du col) à NF 56 St-Gothard (hospice).					
NF56—NF55	km 0,729	m -17,0476	m -17,0472	m -17,0474	NF56 r en bronze scellé sur un rocher de granit, à 4 ^m de l'extrémité ouest du mur du lac, près de l'hôtel de la Prosa au St-Gothard.
19° De NF 56 St-Gothard (hospice) à NF 57 Airolo.					
⊙ 12—NF56	km 0,640	m -52,0603	m -52,0596	m -52,0600	⊙ 12 r sur un rocher à droite de la route, à 4 ^m ,5 en deçà de la borne kilométrique n° 127.
⊙ 13—⊙ 12	0,225	-16,6466	-16,6455	-16,6460	⊙ 13 r sur la dernière borne à droite de la route, au-dessous du premier pont sur la Tremola.
⊙ 14—⊙ 13	0,775	-58,3472	-58,3492	-58,3482	⊙ 14 r sur la dernière borne à droite de la route, au premier tournant après la borne kilométrique n° 126.
⊙ 15—⊙ 14	0,585	-47,5331	-47,5333	-47,5332	⊙ 15 r sur une borne à gauche de la route, à la croisée de l'ancienne route et de la nouvelle.
⊙ 16—⊙ 15	1,192	-92,0203	-92,0249	-92,0226	⊙ 16 r sur la borne kilométrique n° 124, au tournant après le premier refuge.
⊙ 17—⊙ 16	0,782	-62,7042	-62,6840	-62,6941	⊙ 17 r sur une borne à gauche de la route, au deuxième lacet au-dessus de la borne kilométrique n° 123.
⊙ 18—⊙ 17	0,860	-69,5896	-69,6185	-69,6040	⊙ 18 r sur la 6 ^{me} borne à gauche de la route, en deçà du 2 ^{me} refuge, bâtiment au Nord.
⊙ 19—⊙ 18	0,323	-28,6231	-28,5955	-28,6093	⊙ 19 r sur une borne à gauche de la route, la 25 ^{me} au delà de la borne kilométrique n° 122.
⊙ 20—⊙ 19	0,640	-54,9480	-54,9456	-54,9468	⊙ 20 r sur un rocher à droite de la route, près du premier tournant en deçà de la borne kilométrique n° 121.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
19° De NF56 St-Gothard (hospice) à NF57 Airolo (suite).					
⊙21—⊙20	km 1,182	m -75,3252	m -75,3279	m -75,3266	⊙21 r sur la borne kilométrique n° 120, à droite de la route.
⊙22—⊙21	0,950	-74,7274	-74,7305	-74,7289	⊙22 r sur la borne kilométrique n° 119, à droite de la route.
⊙23—⊙22	0,414	-32,2850	-32,2800	-32,2825	⊙23 r sur un rocher à droite de la route.
⊙24—⊙23	0,956	-73,9955	-73,9943	-73,9949	⊙24 r sur la marche supérieure du perron de la petite chapelle, entre les bornes kilométriques nos 118 et 117.
⊙25—⊙24	1,183	-94,6997	-94,6992	-94,6995	⊙25 r sur le sommet arrondi d'une borne à gauche de la route.
⊕ 1—⊙25	1,233	-74,8198	-74,8093	-74,8145	⊕ 1 r en bronze scellé sur une tête d'aqueduc à droite de la route, à 170 ^m environ en deçà de la borne kilométrique n° 115. Ce repère porte comme désignation le n° 1 avec la date 1866 et la croix fédérale.
NF57—⊕ 1	0,734	-21,7338	-21,7348	-21,7343	NF57 r en bronze scellé sur le seuil en granit du portail du cimetière d'Airolo, près du pilier de gauche.
NF57—NF56	12,674	-930,0588	-930,0321	-930,0454	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF56 à NF57.					
⊙15 _a —⊙15	km 0,961	m	m -72,0111		⊙15 _a r sur la première borne à gauche de la route, 6 ^m en deçà de l'aqueduc en amont du premier refuge.
⊙17 _a —⊙17	0,240		-19,3707		⊙17 _a r sur un rocher au bord gauche de la route d'hiver, environ 35 ^m en aval du 2 ^{me} pont en pierre sur la Tremola.
⊙20 _a —⊙20	0,557		-39,4872		⊙20 _a r sur une borne, à droite de la route, un peu en deçà du 2 ^{me} tournant en amont du pont sur la Tremola.
⊙23 _a —⊙23	0,270		-18,9629		⊙23 _a r sur une borne à droite de la route.
⊙24 _a —⊙24	0,394		-29,2205		⊙24 _a r sur une borne arrondie à droite de la route, à 11 ^m environ en deçà de la première remise à gauche de la route, en aval de la chapelle.
⊙24 _b —⊙24	0,897		-68,8787		⊙24 _b r sur une borne à gauche, à l'extrémité du 2 ^{me} tournant avant Airolo.
⊙25 _b —⊙25	0,451		-36,2910		⊙25 _b r sur une borne à droite de la route, à 57 ^m environ au delà de la borne kilométrique n° 116.
⊙ h—NF57	0,163	+ 2,5525			⊙ h r sur le milieu du seuil de la porte d'entrée de l'hôtel de la Poste à Airolo.
19°a Nivellement latéral pour le raccordement des repères placés à l'embouchure sud du tunnel.					
⊕ 1—NF57	km 0,734	m +21,7338	m +21,7348	m +21,7343	
⊙ T—⊕ 1	0,193	-25,1094	-25,1152	-25,1123	⊙ T r sur une dalle sur un fossé, à l'Est de l'ouverture du tunnel, près d'un sentier dans le voisinage d'une petite chapelle.
⊙ T—NF57	0,927	- 3,3756	- 3,3804	- 3,3780	

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
19^a Nivellement latéral pour le raccordement des repères placés à l'embouchure sud du tunnel (suite).					
⊙ A—⊙ T	0,558	^{km} —13,1474	^m —13,1328	^m —13,1401	⊙ A r sur l'ancien signal trigonométrique au delà du Tessin.
⊙ S—⊙ T	0,259		—22,6365		⊙ S r sur un bloc de rocher, à 1 ^m ,6 de l'angle nord-est de la 2 ^{me} remise à partir de l'Est, dans le voisinage de la scierie.
⊙ R—⊙ S	0,301		+ 6,2635		⊙ R r sur le nouveau signal, dans le prolongement de l'axe du nouveau tunnel, au delà du Tessin.
⊙ R—⊙ T			—16,3730		
⊙ R—NF57				—19,7510	
⊙ A—NF57				—16,5181	
20^e De NF57 Airolo à NF58 Piotta.					
⊙26—NF57	1,031	^{km} —46,9267	^m —46,9305	^m —46,9286	NF57 r en bronze scellé sur le seuil en granit du portail du cimetière d'Airolo, près du pilier de gauche.
⊙27—⊙26	2,526	—77,9058	—77,9201	—77,9129	⊙27 r sur le parapet gauche, extrémité ouest, du pont sur la Canaria.
NF58—⊙27	1,396	—27,3320	—27,3307	—27,3314	⊙27 r sur le parapet de droite du pont sur le Tessin, entre Airolo et Piotta, au-dessus de la pile du centre.
					NF58 r en bronze scellé sur le perron de l'église de Piotta, côté gauche.
NF58—NF57	4,953	—152,1645	—152,1813	—152,1729	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF57 à NF58.					
⊙25 _a —NF57	0,455		^m —29,4563		⊙25 _a r sur une borne à droite de la route, à environ 50 ^m au delà de la borne kilométrique n° 114.
⊙26 _a —⊙26	0,953		—21,9329		⊙26 _a r sur la 1 ^{re} borne à droite après la 3 ^{me} place de dépôt d'empierrement après le tunnel de Stalvedo, près du poteau télégraphique n° 240.
21^e De NF58 Piotta à NF59 Fiesso.					
⊙28—NF58	2,241	^{km} —31,3841	^m —31,4005	^m —31,3923	⊙28 r sur un couvercle de coulisse à droite de la route, à mi-chemin entre Ambri-dessus et Ambri-dessous.
⊙29—⊙28	3,149	—10,7177	—10,7319	—10,7248	⊙29 r sur la borne kilométrique n° 104.
NF59—⊙29	0,682	—21,1876	—21,1800	—21,1838	NF59 r en bronze scellé sur le pilier de droite du pont sur le premier ruisseau au delà de Fiesso.
NF59—NF58	6,072	—63,2894	—63,3124	—63,3009	

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF58 à NF59.</i>					
⊙28 _a —⊙28	km 1,156		m — 0,3600		⊙28 _a r sur la borne kilométrique n° 106 à droite de la route, au delà de Ambri-dessous.
⊙28 _b —⊙28	2,702		— 9,0198		⊙28 _b r sur une borne à gauche de la route, entre les bornes kilométriques n° 105 et 104, non loin d'une petite remise à droite.
22° De NF59 Fiasco à NF60 Daziogrande.					
NF60—NF59	km 1,057	m —15,9626	m —15,9695	m —15,9660	NF60 r en bronze scellé sur un rocher, à 8 ^m à gauche de la route, à l'extrémité du premier pont sur le Tessin, au-dessous de Daziogrande.
23° De NF60 Daziogrande à NF61 Faido.					
⊙30—NF60	km 0,222	m —20,3104	m —20,3126	m —20,3115	⊙30 r sur un mur de soutènement, à droite de la route, au premier tournant après une chapelle située entre les deux ponts sur le Tessin.
⊙32—⊙30	1,829	—114,2531	—114,2529	—114,2530	⊙32 r sur un mur de soutènement (à 20 ^m de l'extrémité supérieure) à gauche de la route, en deçà de la borne kilométrique n° 100.
⊙33—⊙32	0,692	—35,5725	—35,5689	—35,5707	⊙33 r sur le parapet gauche d'un pont voûté sur le Tessin, entre les bornes kilométriques n° 100 et 99.
⊙34—⊙33	1,542	—28,8138	—28,8304	—28,8221	⊙34 r sur la borne kilométrique n° 98.
NF61—⊙34	0,307	—16,8572	—16,8522	—16,8547	NF61 r en bronze scellé sur le seuil de la porte de l'église de Faido.
NF61—NF60	4,592	—215,8070	—215,8170	—215,8120	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF60 à NF61.</i>					
⊙30 _a —⊙30	km 0,314	m	m —25,2499		⊙30 _a r sur la cadette du mur à droite de la route, à environ 50 ^m en deçà du premier pont sur le Tessin, en aval de la chapelle.
⊙31—⊙30	1,027	—85,5738			⊙31 r sur le parapet gauche du pont en ruine sur le Tessin, à l'extrémité inférieure de la nouvelle correction de la route.
⊙31 _a —⊙30	1,191		—85,3645		⊙31 _a r sur un bloc de rocher à 5 ^m à droite de la route, à environ 15 ^m au delà de la borne kilométrique n° 101, en deçà du pont en ruine sur le Tessin.
24° De NF61 Faido à NF62 Lavorgo.					
⊙35—NF61	km 0,707	m + 6,1439	m + 6,1318	m + 6,1378	⊙35 r sur la borne kilométrique n° 97.
⊙36—⊙35	1,701	—55,3536	—55,3837	—55,3686	⊙36 r sur la 7 ^{me} borne, à gauche de la route, au delà de la dernière maison de Chiggiogna.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
24° De NF 61 Faido à NF 62 Lavorgo (suite).					
⊙37—⊙36	km 2,507	m -42,8566	m -42,8344	m -42,8455	⊙37 r sur un rocher, à droite de la route, à 210 ^m environ au delà de la borne kilométrique n° 93. NF62 r en bronze scellé sur le parapet gauche du premier pont sur le Tessin au-dessous de Lavorgo, rive gauche du Tessin.
NF62—⊙37	1,970	-39,3290	-39,3309	-39,3300	
NF62—NF61	6,885	-131,3953	-131,4172	-131,4063	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 61 à NF 62.</i>					
⊙ i—NF61	km 0,193	m -1,0626	m -1,0631	m -1,0628	⊙ i r sur le perron de l'hôtel de l'Ange à Faido. ⊙35 _a r sur la 2 ^{me} borne, à droite de la route, au delà du pont en pierre près de la borne kilométrique n° 96. ⊙37 _a r sur une borne, à droite de la route, au commencement de la première partie du replat après la borne kilométrique n° 92, au delà de Lavorgo.
⊙35 _a —⊙35	1,049		-20,9890		
⊙37 _a —⊙37	1,011		-11,8186		
25° De NF 62 Lavorgo à NF 63 Giornico.					
⊙38—NF62	km 1,081	m -46,6810	m -46,6810	m -46,6810	⊙38 r sur un mur de soutènement, à droite de la route, à 300 ^m environ au delà de la borne kilométrique n° 90. ⊙39 r sur un mur de soutènement, à droite de la route, au delà de la borne kilométrique n° 89. ⊙40 r sur une borne, à droite de la route, à 350 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 87. NF63 r en bronze scellé sur un banc en granit, à droite de l'entrée de la poste (hôtel de l'Étoile), à Giornico
⊙39—⊙38	0,874	-61,1188	-61,1197	-61,1192	
⊙40—⊙39	1,474	-61,3268	-61,3297	-61,3283	
NF63—⊙40	1,030	-21,8943	-21,8949	-21,8966	
NF63—NF62	4,459	-191,0209	-191,0293	-191,0251	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 62 à NF 63.</i>					
⊙37 _b —NF62	km 0,809		m -24,2066		⊙37 _b r sur la borne kilométrique n° 90, à droite de la route, en deçà d'un pont en bois sur le Tessin. ⊙39 _a r sur une borne, à droite de la route, au 2 ^{me} contour au delà d'une petite chapelle.
⊙39 _a —⊙39	1,257		-51,6508		
26° De NF 63 Giornico à NF 118 Biasca.					
⊙ 1—NF63	km 0,321	m -16,1446	m -16,1444	m -16,1445	⊙ 1 r sur la borne kilométrique n° 86 à droite de la route. ⊙ 2 r sur le mur de soutènement, à gauche de la route, à environ 60 ^m de la borne kilométrique n° 85. ⊙ 3 r sur la 6 ^{me} borne, à droite de la route, à 55 ^m environ au delà de la borne kilométrique n° 83.
⊙ 2—⊙ 1	1,074	-19,8922	-19,8876	-19,8899	
⊙ 3—⊙ 2	1,974	-23,7413	-23,7306	-23,7360	

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
26° De NF 63 Giornico à NF 118 Biasca (suite).					
⊙ 4—⊙ 3	1,314	—17,3023	—17,3040	—17,3032	⊙ 4 r sur la 3 ^{me} marche de l'escalier d'une maison (grange) isolée, entre les bornes kilométriques n ^{os} 82 et 81.
⊙ 5—⊙ 4	1,909	—15,9784	—15,9833	—15,9808	⊙ 5 r sur le seuil du portail de l'église de Polleggio, à droite.
⊙ 6—⊙ 5	0,870	—4,0540	—4,0528	—4,0534	⊙ 6 r sur un couvercle de coulisse, à droite de la route, à 180 ^m environ au delà de la borne kilométrique n ^o 79.
⊙ 7—⊙ 6	0,737	+ 9,1665	+ 9,1648	+ 9,1657	⊙ 7 r sur le parapet gauche à l'extrémité du pont sur le Brenno, près de Pasquerio.
⊙ 8—⊙ 7	0,816	—2,0591	—2,0615	—2,0603	⊙ 8 r sur la marche inférieure du perron de la maison à droite de la route, à la jonction des routes du Saint-Gothard et du Lukmanier à Biasca.
NF118—⊙ 8	0,146	+ 4,2472	+ 4,2472	+ 4,2472	NF118 r en bronze scellé sur le seuil de la porte principale de la maison communale à Biasca.
NF118—NF63	9,161	—85,7582	—85,7522	—85,7552	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 63 à NF 118.					
⊙ 2 _a —⊙ 2	0,910		—15,7850		⊙ 2 _a r sur un rocher de granit, à droite de la route, à 9 ^m en deçà de la borne kilométrique n ^o 84.
⊙ 3 _a —⊙ 3	0,482		—6,3549		⊙ 3 _a r sur la marche supérieure du perron de la 2 ^{me} maison (grange), à droite de la route, à Bodio.
27° De NF 118 Biasca à NF 119 Castione Arbedo.					
⊙ 8—NF118	0,146	—4,2472	—4,2472	—4,2472	⊙ 8 même repère que ci-dessus.
⊙ 9—⊙ 8	1,443	—14,7338	—14,7283	—14,7311	⊙ 9 r sur le parapet à droite de la route, au commencement du pont sur le Rio-Froda.
⊙ 10—⊙ 9	0,416	—4,6086	—4,6109	—4,6097	⊙ 10 r sur une pierre plate dressée à gauche de la route, à environ 50 ^m au delà d'une remise à gauche.
⊙ 11—⊙ 10	1,030	—5,4939	—5,4891	—5,4915	⊙ 11 r sur une borne à droite de la route, entre les pierres kil. n ^{os} 75 et 74, près du poteau télégraphique n ^o 324.
⊙ 12—⊙ 11	0,932	—1,2713	—1,2725	—1,2719	⊙ 12 r à l'extrémité sud de la bordure d'un canal ouvert, «al Travacone della Justizia,» à mi-chemin entre les bornes kilométriques n ^{os} 74 et 73.
⊙ 13—⊙ 12	0,756	—6,5588	—6,5603	—6,5595	⊙ 13 r sur un couvercle de coulisse, à droite de la route, à environ 300 ^m au delà de la borne kilométrique n ^o 73.
⊙ 14—⊙ 13	1,051	+ 8,3298	+ 8,3350	+ 8,3324	⊙ 14 r sur le parapet gauche au milieu du pont voûté sur le ruisseau « Nalla » à Osogna.
⊙ 15—⊙ 14	1,209	—12,3733	—12,3738	—12,3736	⊙ 15 r sur le parapet de gauche du premier pont sur la « Boggera. »
⊙ 16—⊙ 15	1,178	—5,4454	—5,4428	—5,4441	⊙ 16 r sur un rocher à gauche de la route, à environ 210 ^m en deçà de la borne kilométrique n ^o 69.
⊙ 17—⊙ 16	1,409	—2,8822	—2,8822	—2,8822	⊙ 17 r sur un mur de parapet au-dessus d'une cascade à gauche de la route, en deçà des 4 dernières maisons de Cresciano.
⊙ 18—⊙ 17	1,478	—5,1442	—5,1445	—5,1443	⊙ 18 r sur un rocher à 3 ^m de la route à gauche, où se détache un sentier.

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

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.	
27° De NF 118 Biasca à NF 119 Castione Arbedo (suite).					
⊙19—⊙18	0,645	+ 7,9440	+ 7,9471	+ 7,9455	⊙19 <i>r</i> à l'extrémité sud du parapet de droite d'un pont voûté, entre les bornes kilométriques nos 66 et 65.
⊙20—⊙19	0,892	+ 6,0718	+ 6,0756	+ 6,0737	⊙20 <i>r</i> sur une pierre en saillie dans un mur de soutènement, servant de marche, à droite de la route.
⊙21—⊙20	1,146	— 4,4818	— 4,4773	— 4,4795	⊙21 <i>r</i> sur une pierre de fondation d'un mur à droite de la route, à l'extrémité du village de Claro.
⊙23—⊙21	2,615	— 21,3314	— 21,3364	— 21,3339	⊙23 <i>r</i> sur l'extrémité sud d'un mur de parapet, à droite de la route, à environ 20 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 61.
NF119—⊙23	0,829	+ 7,1034	+ 7,1074	+ 7,1054	NF119 <i>r</i> en bronze scellé sur le parapet de droite à l'extrémité nord du pont voûté sur la Moësa, entre Castione et Arbedo.
NF119—NF118	17,175	— 59,1229	— 59,1002	— 59,1115	
Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF118 à NF119.					
⊙11 _a —⊙11	0,427		+ 0,6932		⊙11 _a <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à environ 70 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 74.
⊙22 _a —⊙21	1,252		— 19,3485		⊙22 _a <i>r</i> sur un couvercle de coulisse, à gauche de la route, dans un contour; un chemin vicinal se détache de la route à gauche, vis-à-vis du village de Gnosca, au delà du Tessin.
⊙22—⊙21	1,256	— 19,2863			⊙22 <i>r</i> sur la pierre d'ouverture d'une coulisse au-dessus de la route, au point de départ d'un chemin à gauche entre les poteaux nos 41 et 40, à environ 400 ^m en amont de la borne kilométrique n° 62, vis-à-vis de Gnosca.
⊙22 _b —⊙21	1,826		— 21,4872		⊙22 _b <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à environ 200 ^m au delà de la borne kilométrique n° 62.
28° De NF 119 Castione Arbedo à NF 93 Bellinzona.					
⊙24—NF119	0,671	+ 1,5527	+ 1,5547	+ 1,5537	⊙24 <i>r</i> sur le parapet de gauche, extrémité sud, d'un pont voûté à l'entrée de Molinazzo-Arbedo.
⊙25—⊙24	1,490	— 18,9783	— 18,9776	— 18,9780	⊙25 <i>r</i> sur la marche inférieure d'un petit escalier, à gauche de la route, à 35 ^m environ avant la borne kilométrique n° 58.
⊙26—⊙25	1,239	— 1,5460	— 1,5518	— 1,5504	⊙26 <i>r</i> à l'extrémité d'un mur à droite de la route, à 100 ^m environ au delà de la caserne à Bellinzona.
NF93—⊙26	0,829	— 0,0776	— 0,0805	— 0,0790	NF93 <i>r</i> en bronze scellé sur la saillie du socle à gauche de l'entrée principale du palais du gouvernement, à Bellinzona.
NF93—NF119	4,229	— 19,0492	— 19,0582	— 19,0537	

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF119 à NF93.</i>					
⊙24 _a - ⊙24	0,526 ^{km}		-12,9958 ^m		⊙24 _a r sur la borne kilométrique n° 59, à l'extrémité du village Molinazzo-Arbedo.
29° De NF93 Bellinzona à NF92 Locarno.					
⊙15—NF93	0,958 ^{km}	+ 1,8098 ^m	+ 1,8102 ^m	+ 1,8100 ^m	⊙15 r sur le parapet nord du pont voûté sur le Tessin, au-dessus de la pile du milieu.
⊙14—⊙15	0,215	- 4,6488	- 4,6480	- 4,6484	⊙14 r sur un rocher à gauche, entre la route et le Tessin, à environ 100 ^m au Sud du pont.
⊙13—⊙14	1,258	+31,2993	+31,2922	+31,2957	⊙13 r sur le seuil du portail d'un jardin à gauche de la route, à la dernière maison de Monte Carasso.
⊙12—⊙13	1,036	-35,4265	-35,4249	-35,4257	⊙12 r sur un couvercle de coulisse à droite de la route, un peu au delà du point le plus bas de la route, après Sementina.
⊙11—⊙12	1,267	+ 8,5623	+ 8,5619	+ 8,5621	⊙11 r sur un couvercle de coulisse à droite de la route, à 120 ^m environ en deçà de la borne kilométrique n° 5.
⊙10—⊙11	1,336	- 7,4758	- 7,4817	- 7,4787	⊙10 r sur le seuil du portail du cimetière, à gauche de la route, dans le village de Gudo.
⊙ 9—⊙10	0,985	+ 8,8483	+ 8,8440	+ 8,8461	⊙ 9 r sur le commencement du parapet de droite d'un pont voûté sur un ruisseau à la sortie de Santa-Maria.
⊙ 8—⊙ 9	1,723	- 2,1675	- 2,1707	- 2,1691	⊙ 8 r sur le commencement du parapet de gauche d'un pont voûté sur le ruisseau à l'entrée de Cugnasco.
⊙ 7—⊙ 8	0,827	-27,9438	-27,9414	-27,9426	⊙ 7 r sur un couvercle de coulisse à gauche de la route, au premier contour après le pont de Cugnasco.
⊙ 6—⊙ 7	1,189	- 2,7488	- 2,7577	- 2,7532	⊙6 r sur la borne kilométrique n° 11, à droite de la route, entre Cugnasco et Gordola.
⊙ 5—⊙ 6	2,040	+ 7,8219	+ 7,8188	+ 7,8203	⊙ 5 r sur l'angle d'un mur de parapet, à droite de la route, à environ 45 ^m au delà de la borne kilométrique n° 13, un peu avant Gordola.
⊙ 4—⊙ 5	1,073	+21,3980	+21,3929	+21,3954	⊙ 4 r sur l'extrémité du parapet de droite du pont sur la Verzasca, un peu au delà de Gordola.
⊙ 3—⊙ 4	1,811	- 4,3573	- 4,3619	- 4,3596	⊙ 3 r sur le milieu du parapet de gauche d'un petit pont voûté, à 40 ^m environ avant la borne kilométrique n° 16.
⊙ 2—⊙ 3	0,870	+10,8469	+10,8443	+10,8456	⊙ 2 r sur le parapet de droite d'un pont voûté sur un ruisseau, à environ 170 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 17.
⊙ 1—⊙ 2	0,965	+ 6,6315	+ 6,6283	+ 6,6299	⊙ 1 r sur l'extrémité nord du parapet de gauche d'un pont sur un ruisseau, à environ 200 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 18.
NF92—⊙ 1	1,290	-42,6103	-42,6150	-42,6126	NF92 r en bronze scellé sur le socle de la colonne à droite de l'entrée principale du palais du gouvernement, à Locarno.
NF92—NF93	18,844	-30,1608	-30,2087	-30,1848	

Résultats des deux opérations de nivellement sur la ligne du Gothard.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.			Désignation des repères.
		1 ^{re} opération.	2 ^{me} opération.	Moyenne.	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF93 à NF92.</i>					
⊙ B—⊙ 14	0,086	— 2,0869			⊙ B zéro de l'échelle du Tessin à Bellinzona, à environ 100 ^m en aval du pont sur le Tessin.
⊙ 12 _a —⊙ 13	0,400		— 8,9300		⊙ 12 _a r sur la 1 ^{re} borne à gauche de la route, à environ 30 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 3.
⊙ 11 _a —⊙ 11	0,391		— 0,8037		⊙ 11 _a r sur la borne kilométrique n° 4, à droite de la route.
⊙ 8 _a —⊙ 9	1,292		— 13,7107		⊙ 8 _a r sur une pierre plate à droite de la route, à l'entrée d'une prairie, un peu en deçà de Cugnasco.
⊙ 5 _a —⊙ 6	0,996		+ 0,0908		⊙ 5 _a r sur la borne kilométrique n° 12, à droite de la route.
⊙ 3 _a —⊙ 4	0,739		— 15,5991		⊙ 3 _a r sur l'extrémité du parapet de gauche d'un pont sur un ruisseau, à environ 120 ^m en deçà de la borne kilométrique n° 15
⊙ 1 _a —⊙ 2	0,392		+ 6,5519		⊙ 1 _a r sur la marche inférieure de l'escalier extérieur de la première église, à droite de la route, à l'entrée du village de Minusio.
⊙ P—NF92	0,446	— 2,1049			⊙ P' zéro de l'échelle de l'ancien limnimètre du lac Majeur à Locarno, près de l'ancien embarcadère.
⊙ P"—NF92	0,410	— 2,0763			⊙ P" zéro de l'échelle de la même colonne limnimétrique, déplacée au mois d'octobre et érigée près du nouveau mur du port.

Nivellement de la route de la Furka, de Hospenthal à Brigue.

Exécuté par M. Benz, août à octobre 1872.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
1^o De NF 54 Hospenthal à NF 156 Realp.			
⊙ 1—NF54	0,527	+36,1377	NF54 r en bronze scellé sur le perron près de la colonne la plus occidentale du Meierhof, à Hospenthal.
⊙ 2—⊙ 1	2,454	+ 0,1790	⊙ 1 r sur une pierre à l'angle sud de la dernière maison de Hospenthal, à droite de la route de la Furka.
⊙ 3—⊙ 2	0,460	+ 0,4452	⊙ 2 r sur le soubassement, angle sud-est, d'une remise entre la route de Realp et la passerelle sur la Reuss, à Zumdorf.
NF156—⊙ 3	1,788	+27,2866	⊙ 3 r sur l'angle sud-est de la culée de droite, en amont, d'un pont avec pile intermédiaire, à environ 500 ^m au delà de Zumdorf, du côté de Realp.
NF156—NF54	5,229	+64,0485	NF156 r en bronze scellé sur le rocher sur lequel est fondée la culée de droite du pont voûté à l'Est de Realp, à 267 ^m au Sud-Est de l'angle aval de la culée.

Nivellement de la route de la Furka, de Hospenthal à Brigue.

Exécuté par M. Benz, août à octobre 1872.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
2° De NF 156 Realp à NF 157 Furka I.			
⊙ 4-NF156	0,871 ^{km}	+14,7481 ^m	⊙ 4 r sur une dalle en granit à l'angle de droite, en amont, du pont sur le Lochbach, à environ 100 ^m à l'Est de Realp.
⊙ 5-⊙ 4	0,689	+44,8209	⊙ 5 r sur une borne en granit, à l'extrémité du parapet du 2 ^{me} petit pont au delà de Realp, à 100 ^m environ avant la borne kilométrique n° 45.
⊙ 6-⊙ 5	0,865	+79,7311	⊙ 6 r sur la marche inférieure d'un petit escalier, à gauche de la route, construit dans le mur de soutènement à 50 ^m environ en aval du dernier tournant entre les bornes kilométriques nos 45 et 46.
⊙ 7-⊙ 6	0,659	+59,4456	⊙ 7 r sur une tête de coulisse en granit, à l'Ouest de la route, à 300 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 46.
⊙ 8-⊙ 7	1,080	+94,3769	⊙ 8 r sur le 2 ^{me} mur de soutènement à l'Ouest de la route, à 60 ^m environ en aval du 2 ^{me} contour après la borne kilométrique n° 47.
⊙ 9-⊙ 8	0,908	+75,9692	⊙ 9 r sur un bloc de granit à 10 ^{cm} du bord de la route à l'Est, servant de fondement à un petit mur de soutènement, dans le contour Est de la route allant à Fuchseneegg.
⊙ 10-⊙ 9	0,928	+74,4141	⊙ 10 r sur une pierre de fondation du perré du talus, au premier tournant en amont de la borne kilométrique n° 49.
⊙ 11-⊙ 10	0,275	+24,5338	⊙ 11 r sur une tête de coulisse, côté ouest de la route, à 50 ^m environ en aval du dernier tournant entre les bornes kilométriques nos 49 et 50.
⊙ 12-⊙ 11	0,660	+57,7102	⊙ 12 r sur une borne dans la plus forte courbe de la route, à 460 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 50.
⊙ 13-⊙ 12	0,426	+27,5866	⊙ 13 r sur une borne au Sud de la route, à 100 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 51.
⊙ 14-⊙ 13	0,845	+42,8279	⊙ 14 r sur un gros rocher dans le mur de soutènement, côté Sud, à 50 ^m environ en deçà du 1 ^{er} pont du Tiefenbach (à 1 ^m ,2 environ en contrebas de la route, sur une dépression du rocher à 20 ^{cm} du mur de soutènement).
⊙ 15-⊙ 14	1,041	+55,7232	⊙ 15 r sur un bloc de rocher servant de fondement au mur de soutènement de la route, à 110 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 53.
⊙ 16-⊙ 15	1,055	+88,1723	⊙ 16 r sur un bloc de rocher au Sud de la route; servant de fondement au mur de soutènement à 70 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 54, soit 100 ^m en aval du pont du Siedelbach.
⊙ 17-⊙ 16	0,526	+47,0024	⊙ 17 r sur un gros rocher de soutènement de la route et à la hauteur du tablier de la route, à 500 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 55.
⊙ 18-⊙ 17	1,078	+86,6123	⊙ 18 r sur un bloc de rocher sur lequel est fondé le mur de soutènement de la route, à l'extrémité d'aval du 4 ^{me} aqueduc en dessous de la borne kilométrique n° 56.
NF157-⊙ 18	0,567	+30,9626	NF157 r en bronze scellé sur un bloc de rocher, à 1 ^m environ du bord Sud de la route et à 55 ^m au Sud-Ouest de la borne kilométrique n° 56.
NF157-NF156	12,473	+904,6372	
3° De NF 157 Furka I à NF 158 Furka II.			
NF158-NF157	0,409 ^{km}	- 2,1405 ^m	NF158 r en bronze scellé sur un rocher au-dessous du mur de soutènement de la route, à 120 ^m environ à l'Est de la borne de délimitation des cantons d'Uri et du Valais.

Nivellement de la route de la Furka, de Hospenthal à Brigue.

Exécuté par M. Benz, août à octobre 1872.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
4° De NF158 Furka II à NF159 glacier du Rhône.			
⊙19-NF158	0,503	— 2,9740	⊙19 r sur un couvercle du premier aqueduc à l'Est de la borne kilométrique n° 59.
⊙20—⊙19	1,405	—73,7653	⊙20 r sur une borne, à gauche de la route, à 370 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 58.
⊙21—⊙20	0,392	—39,2282	⊙21 r sur un bloc de rocher servant de soutènement à la route, à gauche, à 20 ^m environ en deçà du 2 ^{me} tournant entre les bornes kilométriques n°s 58 et 57.
⊙22—⊙21	0,752	—67,2533	⊙22 r sur un bloc de rocher à l'Ouest de la route, à 30 ^m environ en amont du premier tournant avant la borne kilométrique n° 56.
⊙23—⊙22	0,434	—39,5840	⊙23 r sur la borne kilométrique n° 56.
⊙24—⊙23	0,943	—84,6403	⊙24 r sur la borne kilométrique n° 55.
⊙25—⊙24	0,442	—32,0454	⊙25 r sur une pierre de fondation en granit sous le mur de soutènement, au premier tournant en amont du pont de l'Oberalpbach.
⊙26—⊙25	0,672	—42,0740	⊙26 r sur l'angle aval de la culée de gauche du pont de l'Oberalpbach (repère 30 ^{cm} en contrebas de la route).
⊙27—⊙26	1,090	—52,4738	⊙27 r sur une grosse pierre au Sud de la route, à 170 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 53 (à 1 ^m ,80 du mur de soutènement, à 1 ^m ,50 au-dessus de la route).
⊙28—⊙27	1,086	—73,5895	⊙28 r sur une tête de coulisse à 300 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 52, au Nord, et à 50 ^{cm} en contrebas de la route.
⊙29—⊙28	0,356	—25,9954	⊙29 r sur un bloc de rocher de 1 ^m de hauteur environ, faisant partie du mur de soutènement de la route, à 330 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 51.
⊙30—⊙29	0,976	—60,6187	⊙30 r sur l'extrémité inférieure du rocher près du parapet en terre, à droite de la route, à 330 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 50.
⊙31—⊙30	0,377	—30,3456	⊙31 r sur un gros rocher au Nord de la route, à 60 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 50 (à 1 ^m ,20 de la route et à la même hauteur).
⊙32—⊙31	0,737	—43,8828	⊙32 r sur la dalle du perron de l'entrée principale de l'hôtel du glacier du Rhône.
⊙33—⊙32	0,681	—28,2251	⊙33 r sur un bloc de rocher à gauche, dans le contour en amont du pont du Rhône, à 200 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 48.
NF159—⊙33	0,200	—17,9506	NF159 r en bronze scellé sur le rocher en aval de l'angle de la culée de droite du pont voûté sur le Rhône (en aval de l'hôtel du Glacier du Rhône).
NF159-NF158	11,046	—714,6160	
5° De NF159 glacier du Rhône à NF160 Oberwald.			
⊙34-NF159	0,601	—56,6055	⊙34 r sur un rocher à l'Est de la route, à 400 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 48.
⊙35—⊙34	1,009	—60,1110	⊙35 r sur un rocher à droite, à 5 ^m environ au Nord de l'extrémité d'amont d'une coulisse dans la double courbure de la route, à 370 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 47.
⊙36—⊙35	0,971	—62,4912	⊙36 r sur un rocher au bord Sud de la route, à 40 ^m environ en amont d'un aqueduc sur un ruisseau et à 470 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 45.
⊙37—⊙36	1,234	—76,3859	⊙37 r sur un bloc de granit en forme de toit, au Sud de la route, pénétrant partiellement dans la route, à 250 ^m environ du tournant près de la chapelle de St-Nicolas.

Nivellement de la route de la Furka, de Hospenthal à Brigue.

Exécuté par M. Benz, août à octobre 1872.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
5° De NF 159 glacier du Rhône à NF 160 Oberwald (suite).			
NF160-⊙37 ¹	0,283 ^{km}	+12,5659 ^m	NF160 <i>r</i> en bronze scellé sur le rocher de fondation à l'angle Nord-Ouest de la chapelle de St-Nicolas, à 1200 ^m environ à l'Est d'Oberwald.
NF160-NF159	4,098	-243,0277	
6° De NF 160 Oberwald à NF 161 Obergestelen.			
⊙37-NF160	0,283 ^{km}	-12,5659 ^m	⊙37 même repère que ci-dessus.
⊙38-⊙37	0,359	-26,0518	⊙38 <i>r</i> sur un rocher dans le mur de soutènement au Sud de la route, à 10 ^m en aval de la borne kilométrique n° 44 (à 80 ^{cm} en contrebas de la route et à 10 ^{cm} de distance du mur).
⊙39-⊙38	0,670	-46,5844	⊙39 <i>r</i> sur un rocher au Nord de la route, à l'extrémité Est d'une paroi de rocher, à 320 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 43.
⊙40-⊙39	0,535	-16,0095	⊙40 <i>r</i> sur un soubassement en granit, à l'angle Nord-Est de la maison du pasteur Lager à Oberwald.
⊙41-⊙40	1,785	- 5,2836	⊙41 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 41, au contour entre Oberwald et Obergestelen.
NF161-⊙41	1,205	+ 3,7395	NF161 <i>r</i> en bronze scellé sur le soubassement, côté Sud, de l'église d'Obergestelen, à 8 ^m de la tour.
NF161-NF160	4,837	-102,7557	
7° De NF 161 Obergestelen à NF 162 Münster.			
⊙42-NF161	0,762 ^{km}	-16,5039 ^m	⊙42 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 39, entre Obergestelen et Ulrichen.
⊙43-⊙42	1,002	- 3,2526	⊙43 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 38, à l'extrémité Est du village d'Ulrichen.
⊙44-⊙43	1,991	+ 6,7613	⊙44 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 36, entre Ulrichen et Geschenen.
⊙45-⊙44	0,999	-20,9448	⊙45 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 35, entre Geschenen et Münster.
NF162-⊙45	1,066	+12,7521	NF162 <i>r</i> en bronze scellé sur le soubassement en granit, côté Sud, de l'église de Münster.
NF162-NF161	5,820	+20,7017	
8° De NF 162 Münster à NF 163 Biel.			
⊙46-NF162	0,652 ^{km}	-33,1929 ^m	⊙46 <i>r</i> sur un bloc de rocher à 5 ^m environ au Nord de la route, à l'Ouest du dernier jardin près de la dernière maison de Münster.
⊙47-⊙46	1,861	-11,5003	⊙47 <i>r</i> sur un bloc de rocher à la croisée du chemin qui conduit dans les prairies, à l'Est de la chapelle en deçà de Reckingen.
⊙48-⊙47 ²	0,665	- 7,1229	⊙48 <i>r</i> sur le mur en aile de droite, en aval, du pont sur le Reckingerbach, entre Reckingen et Gluringen, près de la scierie.
¹ Cette section a été nivelée deux fois; on a pris la moyenne des deux opérations qui s'accordent à 2 ^{mm} près. ² La station météorologique dans la maison de M. le Dr de Courten, à Reckingen, a été reliée au repère ⊙47 par une double opération; le zéro de l'échelle du baromètre est à — 5 ^m ,546 au-dessous du repère ⊙47.			

Nivellement de la route de la Furka, de Hospenthal à Brigue.

Exécuté par M. Benz, août à octobre 1872.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
8° De NF 162 Münster à NF 163 Biel (suite).			
⊙49—⊙48 NF163—⊙49	km 1,770 0,647	—14,9384 — 4,8680	⊙49 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 29, à l'extrémité Est du village de Ritzingen. NF163 <i>r</i> en bronze scellé sur le soubassement de l'église de Biel, du côté de la route, à 4 ^m ,30 de l'angle Ouest de l'église.
NF163-NF162	5,595	—71,6225	
9° De NF 163 Biel à NF 164 Niederwald.			
⊙50-NF163	km 0,575	— ^m 5,6361	⊙50 <i>r</i> sur la tête de la 2 ^{me} coulisse à l'Ouest de Selkingen, au Sud de la route, à 50 ^m environ à l'Ouest du village.
⊙51—⊙50	1,178	—21,3572	⊙51 <i>r</i> sur une pierre au Nord de la route, à 170 ^m environ à l'Est de la bifurcation de la route allant de Blitzingen à Bodmen.
NF164—⊙51	1,703	—35,8257	NF164 <i>r</i> en bronze scellé sur le rocher à 35 ^m environ à l'Ouest de l'église de Niederwald, à 1 ^m au Nord de la route et 1 ^m ,5 plus haut.
NF164-NF163	3,456	—62,8190	
10° De NF 164 Niederwald à NF 165 Viesch.			
⊙52-NF164	km 1,583	— ^m 12,4570	⊙52 <i>r</i> sur le radier, extrémité sud, d'une coulisse à 300 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 23, entre Niederwald et Fürgangen, un peu au-dessus de trois remises contigües entre elles.
⊙53—⊙52	1,955	—28,8283	⊙53 <i>r</i> sur le rocher (Eselplatte) au Sud de la route, en amont de Fürgangen, environ 200 ^m avant la borne kilométrique n° 21.
⊙54—⊙53	0,286	—24,0492	⊙54 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 21, près de l'auberge de Fürgangen.
⊙55—⊙54	1,538	—59,5194	⊙55 <i>r</i> sur un rocher au Sud de la route, à 450 ^m environ en amont de la borne kilométrique n° 19.
⊙56—⊙55	0,479	—35,3148	⊙56 <i>r</i> sur un rocher à gauche de la route, à 40 ^m environ en aval de la borne kilométrique n° 19 (près d'un bloc de rocher aplati à l'Ouest de la route).
NF165—⊙56	0,496	—24,1224	NF165 <i>r</i> en bronze scellé sur un bloc de granit, près de l'entrée de l'église de Viesch, à gauche.
NF165-NF164	6,337	—184,2911	
11° De NF 165 Viesch à NF 166 Kupferboden.			
⊙57-NF165	km 1,263	— ^m 47,3691	⊙57 <i>r</i> sur un bloc de rocher pénétrant dans le fossé de la route, au Nord de la route, à 140 ^m environ avant la borne kilométrique n° 17, entre Viesch et Lax.
⊙58—⊙57	1,222	+24,0130	⊙58 <i>r</i> sur la marche supérieure du perron de l'entrée principale de l'église de Lax, côté droit.
⊙59—⊙58	0,875	+21,1164	⊙59 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 15, au tournant de la route près du Deiszbach, entre Lax et Deisch.
⊙60—⊙59	0,917	—53,2471	⊙60 <i>r</i> sur un bloc de granit à droite, près du chemin d'accès de la première remise en amont de la borne kilométrique n° 14, à 40 ^m de celle-ci environ.

Nivellement de la route de la Furka, de Hospenthal à Brigue.

Exécuté par M. Benz, août à octobre 1872.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
11° De NF 165 Viesch à NF 166 Kupferboden (suite).			
⊙61—⊙60	0,542 ^{km}	—44,4174 ^m	⊙61 <i>r</i> sur une tête d'aqueduc au Nord de la route, immédiatement avant le lacet supérieur au-dessus du pont de Grengiols.
⊙62—⊙61	1,003	—85,4919	⊙62 <i>r</i> sur la borne dans l'angle du lacet inférieur à 20 ^m environ en dessus du pont de Grengiols (repère 29 d'un nivellement valaisan).
NF166—⊙62	0,420	—21,9409	NF162 <i>r</i> en bronze scellé sur un gros rocher au Nord de la route, près de la borne kilométrique n° 12 au Kupferboden, soit environ 300 ^m en aval du pont de Grengiols, entre Deisch et Mörel.
NF166-NF165	6,242	—207,3370	
12° De NF 166 Kupferboden à NF 167 Mörel.			
⊙63-NF166	1,549 ^{km}	—50,2518 ^m	⊙63 <i>r</i> sur un gros rocher près de la route, dans le lit du Rhône, à environ 45 ^m en aval du pont de Nussbaum sur le Rhône, entre les bornes kilométriques nos 11 et 10.
⊙64—⊙63	1,392	—28,2808	⊙64 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 9.
NF167—⊙64	1,552	—4,7346	NF167 <i>r</i> en bronze scellé sur le soubassement, façade Nord, de la tour de l'église à Mörel.
NF167-NF166	4,493	—83,2672	
13° De NF 167 Mörel à NF 84 Brigue.			
⊙65-NF167	1,533 ^{km}	—51,1407 ^m	⊙65 <i>r</i> sur un rocher à 4 ^{m,5} à l'Ouest de la borne kilométrique n° 6, et à 85 ^m du bord Nord de la route.
⊙66—⊙65	0,521	—1,6298	⊙66 <i>r</i> sur une grande dalle à l'extrémité Ouest du parapet le long de la rive du Rhône, du côté Ouest de la chapelle (an der hohen Fluh), entre Mörel et Naters.
⊙67—⊙66	1,453	—28,2914	⊙67 <i>r</i> sur la borne kilométrique n° 4, à environ 500 ^m en amont du pont voûté sur la Massa.
⊙68—⊙67	0,620	—3,1039	⊙68 <i>r</i> sur un bloc de granit au bord Nord de la route, au contour de la colline, à l'Ouest du pont de la Massa.
⊙69—⊙68	1,896	—14,2661	⊙69 <i>r</i> sur l'extrémité en amont de la culée de droite du pont sur le Kelchbach à Naters.
NF84—⊙69	1,454	+ 2,0688	NF84 <i>r</i> en bronze scellé sur la borne kilométrique n° 40, angle Sud-Est de l'hôtel de la Poste à Brigue, au point de jonction des routes du Simplon et du Haut-Valais.
NF84-NF167	7,477	—96,3631	

Nivellement de la vallée du Rhône, de Lausanne à Briguel¹.

Exécuté par M. Benz, mai-à juillet 1870.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
1^o De NF 23 Lausanne à NF 70 Cully.			
⊙ 1—NF23	0,483 ^{km}	—27,0470 ^m	NF23 r en bronze scellé sur le cordon, angle Nord-Ouest, de la maison du « juge criminel » en face du château à Lausanne.
⊙ 2—⊙ 1	1,370	—29,1472	⊙ 1 r sur une borne, à la sortie Ouest du tunnel de la Barre à Lausanne. ⊙ 2 r sur une borne à gauche de la route, vis-à-vis de l'angle Nord-Ouest du nouveau casino à Lausanne.
⊙ 3—⊙ 2	0,875	—62,1029	⊙ 3 r sur la 3 ^{me} borne, à droite de la route, près de la ruelle conduisant à la pension « petit Mont-Rion. »
⊙ 4—⊙ 3	0,334	—10,6075	⊙ 4 r sur le socle, à droite, du perron de l'église d'Ouchy, façade Ouest.
⊙ 5—⊙ 4	0,272	—36,1473	⊙ 5 r sur le cordon, angle Sud-Ouest, de la maison n ^o 5 à Ouchy.
⊙ 6—⊙ 5	1,227	— 1,1654	⊙ 6 r sur une borne, au contour près de l'embouchure du ruisseau la Vachère.
⊙ 7—⊙ 6	1,835	— 1,4696	⊙ 7 r sur le parapet le long du lac, à 50 ^m à l'Est du tilleul près d'une fontaine à Pully.
⊙ 8—⊙ 7	1,611	+ 2,7206	⊙ 8 r sur le parapet, côté gauche, du pont à Lutry.
⊙ 9—⊙ 8	3,826	+ 4,2427	⊙ 9 r sur le seuil d'une porte à gauche de la route, en face de la première maison de Cully.
NF70—⊙ 9	0,522	— 7,0938	NF70 r en bronze scellé sur la marche supérieure du piédestal du monument élevé au major Davel, à Cully, façade Nord.
NF70—NF23	12,355	—167,8174	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 23 à NF 70.</i>			
⊙83—NF23	0,355 ^{km}	—23,8007 ^m	⊙83 r posé par M. Schœnholzer en 1866 à l'angle d'un mur, à la bifurcation des routes qui passent à travers le tunnel de la Barre et au-dessus; en tenant compte de la nouvelle correction des mires, M. Schœnholzer avait trouvé — 23 ^m ,7941.
⊙V —⊙ 1		+ 0,4076	⊙V repère vaudois au tunnel de la Barre; on a ainsi ⊙V—NF 23 = — 26,6394; M. Schœnholzer avait trouvé en 1866 ⊙V—NF 23 = — 26,6373.
⊙V ⁱ —⊙ 2		+ 9,2404	⊙V ⁱ repère vaudois près de l'église de Saint-François.
⊙V ⁱⁱ —⊙ 3	0,210	+18,4307	⊙V ⁱⁱ repère vaudois sur le cordon de la pile de droite du pont du chemin de fer sur la route.
⊙V ⁱⁱⁱ —⊙ 4		— 0,2119	⊙V ⁱⁱⁱ repère vaudois à l'angle nord-ouest de l'église d'Ouchy.
⊙V ^{iv} —⊙ 5		— 2,2237	⊙V ^{iv} repère vaudois près du poste de police à Ouchy.
⊙V ^v —⊙ 8	0,032	— 0,7115	⊙V ^v repère vaudois, près du poids public à Lutry.
2^o De NF 70 Cully à NF 71 Vevey.			
⊙10—NF70	3,904 ^{km}	+ 9,5456 ^m	⊙10 r sur un mur, à droite de la route, un peu avant Rivaz.
⊙11—⊙10	1,552	+ 0,4905	⊙11 r sur un mur, à droite de la route, à la bifurcation d'une route escarpée conduisant à Saint-Saphorin.
<p>¹ Nous avons supprimé, dans cette livraison, le raccordement des échelles limnimétriques dans les ports d'Ouchy et de Vevey, parce que nous avons l'intention de faire exécuter dès cette année une opération de contrôle d'Ouchy à Morges. Il nous paraît préférable d'attendre le résultat de cette opération pour donner la position relative des zéros des échelles établies dans différents points des bords du lac, plutôt que de la déduire d'une opération partant de Lausanne, soit d'un point plus élevé de près de 168 mètres.</p>			

Nivellement de la vallée du Rhône, de Lausanne à Brigue.

Exécuté par M. Benz, mai à juillet 1870.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
2° De NF 70 Cully à NF 71 Vevey (suite).			
⊙12—⊙11	km 1,841	m — 2,7239	⊙12 r sur le rebord d'un mur, aux Gonelles, près d'un aqueduc.
⊙13—⊙12	1,705	+ 1,7370	⊙13 r sur le socle du pilastre de droite du portail du « Grand Hôtel » à Vevey.
NF71—⊙13	1,263	— 9,2291	NF71 r en bronze scellé sur le socle de la colonne limnimétrique à Vevey, côté Est.
NF71—NF70	10,265	— 0,1799	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 70 à NF 71.</i>			
⊙Vvi—NF70	km —	m 0,2299	⊙Vvi repère vaudois à côté de NF 70 sur le monument du major Davel, à Cully.
⊙Vvii—⊙12	0,010	— 0,5150	⊙Vvii repère vaudois près de la bifurcation de la route de Chexbres.
⊙Vviii—⊙12	0,892	+ 1,9116	⊙Vviii repère vaudois près de la propriété Nicot.
⊙Vix—⊙13	0,578	+ 0,6618	⊙Vix repère vaudois sur le pont de la Veveysse.
3° De NF 71 Vevey à NF 72 Montreux.			
⊙14—NF71	km 1,896	m +12,8005	⊙14 r sur un mur de clôture, à gauche de la route, à 60 ^m au delà de la « pension du Rivage. »
⊙15—⊙14	2,878	— 2,1417	⊙15 r sur le parapet, côté gauche, du pont sur un ruisseau un peu en deçà de Clarens.
NF72—⊙15	1,795	— 8,6908	NF72 r en bronze scellé à l'extrémité orientale du perron de la pension du Port « Hôtel Suisse » à Vernex.
NF72—NF71	6,569	+ 1,9680	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 71 à NF 72.</i>			
⊙Vx—⊙15		m — 0,1208	⊙Vx repère vaudois à côté de ⊙15.
4° De NF 72 Montreux à NF 73 Chillon.			
⊙16—NF72	km 1,953	m + 7,4077	⊙16 r à l'extrémité orientale, côté droit, du pont du chemin de fer à Territet.
⊙17—⊙16	0,626	— 3,2683	⊙17 r à l'extrémité orientale d'un mur de soutènement, un peu en deçà de la station Veytaux-Chillon.
NF73—⊙17	0,629	— 1,3775	NF73 r en bronze scellé sur le socle du côté droit de la porte du corps de garde, au château de Chillon.
NF73—NF72	3,208	+ 2,7619	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 72 à NF 73.</i>			
⊙Vxi—NF72	km 0,564	m + 6,0427	⊙Vxi repère vaudois sur un pont, Baie de Montreux.

Nivellement de la vallée du Rhône, de Lausanne à Brigue.

Exécuté par M. Benz, mai à juillet 1870.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
5° De NF 73 Chillon à NF 74 Villeneuve.			
⊙18—NF73	km 1,184	m — 2,3058	⊙18 r sur le parapet le long du lac, en face d'une maison de garde au-dessous de l'hôtel Byron.
NF74—⊙18	0,961	— 2,1737	NF74 r en bronze scellé à l'angle Sud-Est du cordon du corps de garde, près du débarcadère à Villeneuve.
NF74—NF73	2,145	— 4,4795	
6° De NF 74 Villeneuve à NF 75 Aigle.			
⊙19—NF74	km 0,859	m — 0,2507	⊙19 r sur une borne à droite de la route, la 6 ^m avant la fin d'une rangée.
⊙20—⊙19	3,392	+ 7,8203	⊙20 r sur une borne à gauche de la route, près d'un mur de clôture, à 35 ^m de la bifurcation de la route qui mène à Roche.
⊙21—⊙20	1,220	— 0,4701	⊙21 r sur un rocher à gauche de la route, à 60 ^m au delà de la limite entre les districts de Villeneuve et d'Aigle.
⊙22—⊙21	2,242	+ 8,3684	⊙22 r sur un rocher à gauche de la route.
NF75—⊙22	2,668	+ 30,0419	NF75 r en bronze scellé à l'angle Nord-Est du cordon de la maison d'école à Aigle.
NF75—NF74	10,381	+ 45,5098	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 74 à NF 75.</i>			
⊙V ^{xii} —NF74	km 0,360	m + 0,3463	⊙V ^{xii} repère vaudois, près de la dernière maison à droite, à Villeneuve.
7° De NF 75 Aigle à NF 76 Bex.			
⊙23—NF75	km 1,937	m — 26,1606	⊙23 r sur un rocher dans un pré, à 5 ^m à droite de la route, un peu en deçà de la maison d'un jardinier.
⊙24—⊙23	1,371	+ 21,8583	⊙24 r sur un mur à droite de la route, à 60 ^m en deçà de la bifurcation des routes Aigle-Bex et Ollon-Saint-Triphon.
⊙25—⊙24	1,367	— 14,9774	⊙25 r sur un couvercle de coulisse, à gauche de la route, à la croisée de la route qui mène à la station d'Ollon.
⊙26—⊙25	2,307	+ 25,4938	⊙26 r sur une borne, à droite de la route, à 150 ^m au delà du pont sur la Grionne.
NF76—⊙26	2,408	+ 0,8019	NF76 r en bronze scellé sur le perron de l'église de Bex.
NF76—NF75	9,390	+ 7,0160	
8° De NF 76 Bex à NF 77 St-Maurice.			
⊙27—NF76	km 0,940	m — 13,7052	⊙27 r sur le parapet gauche, extrémité Sud, du pont sur l'Avançon.
⊙28—⊙27	2,705	+ 3,4034	⊙28 r sur le porche du corps de garde près du pont sur le Rhône, à l'entrée de Saint-Maurice.
NF77—⊙28	0,557	+ 0,6213	NF77 r en bronze scellé sur le seuil, côté gauche, de la porte de l'église de Saint-Maurice, façade Nord.
NF77—NF76	4,202	— 9,6805	

Nivellement de la vallée du Rhône, de Lausanne à Brigüe.

Exécuté par M. Benz, mai à juillet 1870.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF76 à NF77.</i>			
⊙ ^{VIII} —⊙27	—	^m 0,5680	⊙ ^{VIII} repère vaudois sur le pont sur l'Avençon, à 10 ^m de ⊙27.
9° De NF77 St-Maurice à NF78 Martigny.			
⊙29—NF77	^{km} 1,395	+ ^m 1,6371	⊙29 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à 140 ^m au delà du pont sur le premier ruisseau après Saint-Maurice.
⊙30—⊙29	2,086	+43,3718	⊙30 <i>r</i> sur un rocher à gauche de la route, après le pont sur le ruisseau St-Barthelemi.
⊙31—⊙30	2,942	-13,4861	⊙31 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, à 20 ^m en deçà de la croisée de la route qui mène à la station d'Evionnaz.
⊙32—⊙31	2,546	+ 2,2555	⊙32 <i>r</i> sur le couronnement de la pile, côté droit, du pont voûté sur un ruisseau, au delà de Miéville.
⊙33—⊙32	3,492	+ 5,0052	⊙33 <i>r</i> sur la 5 ^{me} d'une longue rangée de bornes, à droite de la route, entre Vernayaz et Martigny.
⊙34—⊙33	1,377	+ 5,2361	⊙34 <i>r</i> sur une dalle servant de passage, à droite de la route, à 120 ^m en deçà de la 1 ^{re} maison de la Bathiaz.
NF78—⊙34	1,540	+12,3677	NF78 <i>r</i> en bronze scellé à l'angle Nord-Ouest du cordon du clocher de l'église de Martigny.
NF78—NF77	15,378	+56,3873	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF77 à NF78.</i>			
⊙A—NF78	^{km} 0,174	- ^m 1,7966	⊙A <i>r</i> sur la surface supérieure du socle, côté Sud, de l'obélisque sur la place de Martigny. Cette opération a été faite par M. Benz le 1 ^{er} novembre 1872 pour relier ce point ⊙A, qui avait servi de point de départ pour le nivellement fait en 1855 de Martigny au St-Bernard par MM. Burnier et Plantamour. Le chiffre indiqué est la moyenne de deux opérations qui s'accordent à une fraction de millimètre près.
10° De NF78 Martigny à NF79 Riddes.			
⊙35—NF78	^{km} 1,763	-13,4375	⊙35 <i>r</i> sur une dalle, à droite de la route, servant de passage sur le fossé.
⊙36—⊙35	2,055	- 0,4392	⊙36 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, en face de la borne kilométrique n° 41 du chemin de fer.
⊙37—⊙36	3,970	+ 2,1959	⊙37 <i>r</i> sur une borne, à gauche de la route, en face de la borne kilométrique n° 45 du chemin de fer.
⊙38—⊙37	4,495	+ 4,5790	⊙38 <i>r</i> sur un couvercle de coulisse, à droite de la route, entre les bornes kilométriques n° 49 et 50 du chemin de fer.
NF79—⊙38	2,416	+ 7,6254	NF79 <i>r</i> en bronze scellé sur le couronnement de la culée de droite du pont du chemin de fer sur le Rhône, près de Riddes.
NF79—NF78	14,699	+ 0,5236	

Nivellement de la vallée du Rhône, de Lausanne à Brigue.

Exécuté par M. Benz, mai à juillet 1870.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
11° De NF 79 Riddes à NF 80 Sion.			
⊙39—NF79	0,870	+ 9,0318	⊙39 <i>r</i> sur un couvercle de coulisse, le long du chemin de fer à gauche, entre les bornes kilométriques n ^{os} 52 et 53.
⊙40—⊙39	2,760	— 6,1251	⊙40 <i>r</i> sur un couvercle de coulisse, le long du chemin de fer à gauche, un peu en deçà de la dernière maison de garde avant la station d'Ardon.
⊙41—⊙40	2,982	+ 1,0827	⊙41 <i>r</i> sur un couvercle de coulisse, le long du chemin de fer à droite, au passage près de la première maison de garde après la station d'Ardon.
⊙42—⊙41	3,432	+18,9165	⊙42 <i>r</i> sur un mur à gauche de la route, un peu au-dessous d'un étang entre la Morges et Sion.
⊙43—⊙42	2,321	+11,5747	⊙43 <i>r</i> sur l'angle nord-est du cordon de la maison de M. Evego, à l'embranchement de la route qui mène à la gare de Sion.
NF80—⊙43	0,415	+ 9,5740	NF80 <i>r</i> en bronze scellé sur le seuil de l'entrée principale de l'hôtel de ville, à Sion.
NF80—NF79	12,780	+44,0546	
12° De NF 80 Sion à NF 81 Sierre.			
⊙44—NF80	1,239	+ 4,8658	⊙44 <i>r</i> sur un mur à droite de la route.
⊙45—⊙44	3,008	—27,3802	⊙45 <i>r</i> sur une dalle servant de passage sur un fossé à droite de la route, près d'une plantation de mûriers en deçà de St-Léonard.
⊙46—⊙45	0,849	+11,9493	⊙46 <i>r</i> sur une borne à l'angle Nord-Ouest de la première maison à droite de la route, sur la rive gauche du ruisseau « la Rièrè, » à St-Léonard.
⊙47—⊙46	3,517	— 0,9967	⊙47 <i>r</i> sur la marche inférieure du perron du restaurant près de la station de Granges.
⊙48—⊙47	3,811	+23,8703	⊙48 <i>r</i> sur une borne, à droite de la route, en deçà du passage sur un ruisseau avant le village de Noës.
⊙49—⊙48	2,902	+ 4,7101	⊙49 <i>r</i> sur la 6 ^{me} borne, à droite de la route, en deçà du « restaurant national » près de la gare de Sierre.
NF81—⊙49	0,271	+ 3,0069	NF81 <i>r</i> en bronze scellé sur l'angle Nord-Ouest du cordon du clocher de l'église de Sierre.
NF81—NF80	15,597	+20,0255	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 80 à NF 81.</i>			
⊙ R—NF80	0,253	+21,7250	⊙R <i>r</i> sur la tablette de la fenêtre de la maison de M. le pharmacien Brauns à Sion, dans laquelle est installée la station météorologique. Le zéro de l'échelle du baromètre est de + 0 ^m ,061 plus élevé que ⊙R.
⊙I ^r —⊙46		— 8,6923	⊙I ^r repère de la ligne d'Italie entre les bornes kilométriques n ^{os} 71 et 72; ce repère porte une croix taillée au ciseau.
⊙I ⁱⁱ —NF81	0,014	+ 0,5249	⊙I ⁱⁱ repère de la ligne d'Italie sur une borne à droite du portail Nord-Ouest du cimetière à Sierre.
13° De NF 81 Sierre à NF 82 Tourtemagne.			
⊙50—NF81	1,570	— 0,1254	⊙50 <i>r</i> sur un banc en pierre, à gauche de la route, près du pont sur le Rhône au delà de Sierre.

Nivellement de la vallée du Rhône, de Lausanne à Brigue.

Exécuté par M. Benz, mai à juillet 1870.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
13° De NF 81 Sierre à NF 82 Tourtemagne (suite).			
⊙51—NF50	$\frac{\text{km}}{2,219}$	$\frac{\text{m}}{+42,1627}$	⊙51 r sur une pierre, à gauche de la route, près du poteau télégraphique n° 73, entre Sierre et Finges.
⊙52—⊙51	2,082	-14,9886	⊙52 r sur une borne, à gauche de la route, dans le village de Finges, au point de départ d'un chemin à gauche.
⊙53—⊙52	2,928	+67,0531	⊙53 r sur le couronnement de la culée, en amont, du nouveau pont sur le torrent en face de Louèche.
⊙54—⊙53	0,674	-1,5134	⊙54 r sur la marche inférieure du perron de l'hôtel de la Souste.
⊙55—⊙54	3,527	-10,5824	⊙55 r sur la dalle servant de couverture à un aqueduc, à droite de la route.
⊙56—⊙55	1,450	+4,1949	⊙56 r sur le parapet le long d'un ruisseau, à droite de la route, à 300 ^m en deçà du pont sur la Tourtemagne.
NF82—⊙56	0,546	+5,2744	NF82 r en bronze scellé sur le seuil, côté gauche, de la porte de l'église de Tourtemagne, façade Ouest.
NF82—NF81	14,996	+91,4753	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF 81 à NF 82.</i>			
⊙I ^m —⊙53	$\frac{\text{km}}{0,453}$	$\frac{\text{m}}{-12,6481}$	⊙I ^m repère de la ligne d'Italie, près du pont sur le Rhône, au-dessous de Louèche.
14° De NF 82 Tourtemagne à NF 83 Viège.			
⊙57—NF82	$\frac{\text{km}}{2,482}$	$\frac{\text{m}}{+3,8483}$	⊙57 r sur un couvercle de coulisse, à gauche de la route, à 30 ^m en deçà du ruisseau à Tennen.
⊙58—⊙57	0,886	-2,9091	⊙58 r sur la dalle recouvrant un aqueduc à gauche de la route, à 120 ^m du pont sur le Rhône à Gampel.
⊙59—⊙58	2,646	+2,6174	⊙59 r sur une borne, à droite de la route, près du pont sur un ruisseau en face de Niedergestelen.
⊙60—⊙59	3,340	+3,9288	⊙60 r sur le seuil en pierre de la porte de la maison « im Koller, » façade Nord; le ⊙60 est un repère de la ligne d'Italie.
⊙61—⊙60	3,435	+12,7745	⊙61 r sur le cordon du parapet le long de la Viège, entre les poteaux télégraphiques nos 482 et 483.
⊙62—⊙61	1,582	-0,9011	⊙62 r sur le soubassement à l'angle Nord-Est du café-billard à Viège.
NF83—⊙62	0,124	+15,0406	NF83 r en bronze scellé sur le seuil de la porte, façade Nord, de l'église paroissiale à Viège; la section NF83—⊙62 a été nivelée deux fois, les deux opérations s'accordent à huit dixièmes de millimètre près.
NF83—NF82	14,495	+34,3994	
15° De NF 83 Viège à NF 84 Brigue.			
⊙62—NF83	$\frac{\text{km}}{0,124}$	$\frac{\text{m}}{-15,0406}$	⊙62 même repère que ci-dessus.
⊙63—⊙62	3,016	+2,0695	⊙63 r sur une dalle sous le porche de la façade Ouest de la chapelle entre Eyholz et Rütli; le ⊙63 est un repère de la ligne d'Italie.

Nivellement de la vallée du Rhône, de Lausanne à Brigue.

Exécuté par M. Benz, mai à juillet 1870.

Repères.	Distance d'un repère à l'autre.	Différence de niveau d'un repère à l'autre.	Désignation des repères.
15° De NF83 Viège à NF84 Brigue (suite).			
⊙64—⊙63	2,124 ^{km}	+15,8243 ^m	⊙64 <i>r</i> sur la 5 ^m borne, à partir du Sud-Ouest, d'une rangée de bornes à gauche de la route, à 60 ^m en deçà du torrent Manzer entre Rütli et Gamsen.
⊙65—⊙64	1,040	— 2,0583	⊙65 <i>r</i> sur une dalle sous le porche de l'église à Gamsen; le ⊙65 est un repère de la ligne d'Italie.
⊙66—⊙65	1,204	— 1,4970	⊙66 <i>r</i> sur un rocher, à droite de la route, au bas de la rampe en deçà de Gliss.
⊙67—⊙66	1,416	+15,1220	⊙67 <i>r</i> sur un couvercle de coulisse à droite de la route, à 120 ^m en deçà de la première maison de Brigue.
NF84—⊙67	0,304	+ 2,6354	NF84 <i>r</i> en bronze scellé sur la borne à l'angle Sud-Est de l'hôtel de la Poste à Brigue, à la bifurcation des routes du Simplon et de la Furka.
NF84—NF83	9,228	+17,0553	
<i>Raccordement de repères intermédiaires sur la section NF83 à NF84.</i>			
⊙I ^v —⊙63	1,574 ^{km}	+ 7,6907 ^m	⊙I ^v repère de la ligne d'Italie sur une borne, sous la paroi de rochers entre Rütli et Gamsen.

§ XIX.

Nous avons déjà dû nous occuper à deux reprises (voyez §§ XI et XIV) de l'importance relative des différentes sources d'erreurs qui affectent les nivellements de précision, et en particulier de l'influence de la variabilité des mires. A présent, que nous possédons un double nivellement dans les hautes montagnes, il sera intéressant d'examiner, en premier lieu, l'exactitude qu'on a pu atteindre dans ces opérations, et de la comparer à celle qu'on a obtenue dans des conditions moins difficiles, ensuite de chercher quelle part de l'incertitude doit

être attribuée aux erreurs d'observation, et quelle part est due à la variabilité des mires.

Nous résumons dans le tableau suivant les données de cette discussion, en indiquant pour les 28 sections de la ligne du Gothard, comprises entre les repères principaux, la distance, la différence de niveau et l'erreur moyenne de cette dernière, qui résulte de l'accord entre les deux opérations. L'explication des colonnes suivantes du tableau se trouvera dans la suite de la discussion ; enfin, nous avons résumé toute la ligne en quelques grandes sections qui auront de l'importance pour les calculs futurs de compensation, ou pour la discussion de l'effet de la déviation de la verticale.

(Voyez le tableau ci-derrière.)

Pour se faire une idée approximative de l'incertitude relative du nivellement du Gothard, on peut d'abord envisager chaque double opération entre deux repères comme une espèce de polygone, et déterminer l'erreur de clôture de ces 28 polygones, par kilomètre, en divisant la différence des deux opérations par la racine carrée de la double distance entre les repères. En prenant la moyenne de ces erreurs de clôture qui sont indiquées dans la dernière colonne du tableau, on trouve pour la ligne du Gothard $\pm 3^{\text{mm}},57$. Si l'on fait le même calcul pour les 22 sections nivelées à double antérieurement (voir le tableau page 122, 2^{me} livraison), et si l'on ajoute les résultats analogues pour les trois sections Aarbourg-Olten-Aarau-Brugg, contenues dans cette livraison, on trouve pour l'erreur moyenne de clôture de ces 25 sections $\pm 1^{\text{mm}},97$ par kilomètre. La moyenne pour toutes les 53 sections nivelées à double, jusqu'à présent, serait de $\pm 2^{\text{mm}},81$. Il n'est pas étonnant que l'erreur soit presque deux fois plus forte pour la ligne du Gothard que pour les autres lignes, dont la plupart appartiennent à la plaine, à cause de l'influence beaucoup plus considérable de la variabilité des mires sur les sections à très-fortes pentes dans la traversée des Alpes. Car, si l'on cherche l'erreur moyenne de

Resumé du double nivellement de la ligne du Gothard.

Sections.	Longueur de la section.	Différence de niveau. Moyenne des deux opérations.	Erreur de la moyenne.	Somme des carrés des pentes et contre-pentes. Σh^2	Erreur d'observation.		Erreur provenant des miras $\pm 0^{\text{mm}},067\sqrt{\Sigma h^2}$	Erreur théorique totale.	Erreur de clôture des sect. par kilomètre $\pm 2 \frac{\text{mm}}{\sqrt{2 \text{ km}}}$
					$\pm 3^{\text{mm}},033\sqrt{\text{km}}$	mm			
	kil.	m	mm		mm	mm	mm	mm	mm
NF ₅₂ —NF ₅₁	12,545	— 9,326	± 1,35	1860	± 10,7	± 2,9	± 11,1	± 0,55	
99 — 52	1,769	+ 42,986	1,95	1319	4,0	2,4	4,7	2,1	
98 — 99	7,005	— 57,624	1,55	1654	8,0	2,7	8,5	0,8	
97 — 98	2,807	+ 99,046	4,0	3614	5,1	4,0	6,5	3,3	
96 — 97	6,480	— 48,377	10,9	8622	7,7	6,2	9,9	6,1	
95 — 96	4,822	+ 41,127	1,7	3981	6,7	4,2	7,9	1,1	
94 — 95	4,980	— 78,781	3,55	4117	6,8	4,3	8,0	2,2	
69 — 94	11,836	— 0,297	3,85	10093	10,4	6,7	12,4	1,6	
68 — 69	3,062	+ 23,630	3,25	558	5,3	1,6	5,5	2,6	
67 — 68	7,579	— 12,983	8,05	2430	8,35	3,3	9,0	4,1	
66 — 67	6,345	+ 47,740	5,45	2190	7,6	3,1	8,25	3,05	
65 — 66	11,190	— 411,933	6,7	23108	10,15	10,1	14,3	2,85	
64 — 65	5,175	+ 165,498	5,05	11401	6,9	7,1	9,9	3,2	
53 — 64	6,069	+ 343,897	1,2	26183	7,5	10,8	13,1	0,7	
54 — 53	2,390	+ 19,229	2,0	368	4,7	1,3	4,9	1,8	
55 — 54	9,739	— 648,612	29,3	43576	9,5	13,9	16,8	13,3	
56 — 55	0,729	+ 17,047	0,2	291	2,6	1,1	2,8	0,3	
57 — 56	12,674	— 930,045	13,4	62541	10,8	16,7	19,9	5,3	
58 — 57	4,953	— 152,173	8,4	9018	6,8	6,3	9,3	5,3	
59 — 58	6,072	— 63,301	11,5	1549	7,5	2,6	7,9	6,6	
60 — 59	1,057	+ 15,966	3,45	255	3,1	1,1	3,3	4,8	
61 — 60	4,592	— 215,812	5,0	15844	6,5	8,4	10,6	3,3	
62 — 61	6,885	— 131,406	10,95	6483	8,0	5,4	9,6	5,9	
63 — 62	4,459	+ 191,025	4,2	10155	6,4	6,7	9,3	2,8	
118 — 63	9,161	— 85,755	3,0	1895	9,2	2,9	9,6	1,4	
119 — 118	17,175	— 59,111	11,35	6505	12,6	5,4	13,7	3,8	
93 — 119	4,229	— 19,054	4,5	364	6,2	— 1,3	6,4	3,1	
92 — 93	18,844	— 30,185	23,95	5774	13,1	5,1	14,1	7,9	

1) Schwytz (NF₉₅) — Lucerne (NF₅₁).									
NF ₉₅ —NF ₅₁	kil.	m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
	35,428	+ 67,833	± 15,65	21050	± 18,1	± 9,7	± 20,5	± 3,7	
2) Hospenthal (NF₅₄) — Schwytz (NF₉₅).									
NF ₅₄ —NF ₉₅	58,626	+ 945,830	± 25,7	80448	± 23,2	± 18,9	± 30,0	± 4,8	
3) Locarno (NF₉₂) — Hospenthal (NF₅₄).									
NF ₉₂ —NF ₅₄	100,569	— 1262,269	± 73,3	164250	± 30,4	± 27,0	± 40,7	± 10,3	
4) Airolo (NF₅₇) — Göschenen (NF₆₄).									
NF ₅₇ —NF ₆₄	31,601	+ 64,645	± 12,45	132959	± 17,0	± 24,3	± 29,7	± 3,1	
5) Sommet (NF₅₅) — Lucerne (NF₅₁).									
NF ₅₅ —NF ₅₁	103,793	+ 1662,275	± 12,1	145074	± 30,9	± 25,4	± 40,0	± 1,7	
6) Locarno (NF₉₂) — Sommet (NF₅₅).									
NF ₉₂ —NF ₅₅	90,830	— 1910,881	± 44,0	120674	± 28,9	± 23,2	± 37,0	± 6,5	
7) Locarno (NF₉₂) — Lucerne (NF₅₁).									
NF ₉₂ —NF ₅₁	194,623	— 248,606	± 31,9	263748	± 42,3	± 34,4	± 54,5	± 3,2	

clôture pour les 8 sections anciennes relatives aux nivellements exécutés dans le Jura, c'est-à-dire dans des conditions se rapprochant de celles dans les Alpes, on obtient $\pm 3^{\text{mm}},18$, chiffre qui ne s'écarte pas beaucoup de celui donné ci-dessus pour les sections du Gothard; s'il lui est encore un peu inférieur, cela s'explique par le fait que les différences de niveau sont plus faibles encore que celles dans les Alpes. Comme les 28 sections de la ligne du Gothard diffèrent assez entre elles, aussi bien par la longueur que par la différence de niveau, il doit être possible de déterminer d'après l'incertitude, variable de l'une à l'autre suivant ces circonstances, la grandeur de l'erreur d'observation et celle de l'erreur provenant des mires; seulement, ainsi que nous l'avons déjà fait observer précédemment, pour pouvoir trouver la valeur moyenne de la variation des mires, il faut nécessairement faire une hypothèse sur la durée moyenne de ces variations. De même que nous l'avons déjà fait dans les calculs de compensation, nous sommes partis des deux suppositions suivantes: 1° La durée moyenne d'une variation est telle, que les mires conservent la même longueur pendant l'opération entre deux repères secondaires consécutifs, c'est-à-dire pendant un demi-jour, ou au plus un jour; dans ce cas, l'incertitude produite par la variabilité des mires sur la différence de niveau pour une section comprise entre deux repères principaux peut être représentée par

$$y \sqrt{\Sigma h^2}$$

en désignant par h la différence de niveau pour chaque sous-section comprise entre deux repères secondaires.

2° Les mires conservent la même longueur pendant tout le temps employé à niveler une section entre deux repères principaux, et ne varient que d'une de ces sections à l'autre; alors, si l'on désigne par H la différence de niveau pour une section, l'influence de la variabilité des mires sera exprimée par $H \times y'$.

Nous avons donc formé deux systèmes de 28 équations de condition,

de la forme suivante, correspondant à ces deux hypothèses :

$$\varepsilon = \pm \sqrt{k \times x^2 + \Sigma h^2 \times y^2} \quad \text{et} \quad \varepsilon = \sqrt{k \times x'^2 + H^2 y'^2}$$

ε étant l'incertitude de chaque section, résultant du double nivellement;

k la longueur de la section, ou la distance entre deux repères principaux, en kilomètres;

x et x' les erreurs moyennes d'observation dans les deux hypothèses.

En résolvant ces deux systèmes de 28 équations par la méthode des moindres carrés, nous avons trouvé

dans la 1^{re} hypothèse

$$x = \pm 3,033$$

$$y = \pm 0,067$$

dans la 2^{me} hypothèse

$$x' = \pm 3,434$$

$$y' = \pm 0,018$$

La ligne du Gothard offre en général très-peu de contrepentes, mais au contraire de nombreuses sections à pente continue, avec une différence de niveau très-considérable; dans ces conditions, une bien plus faible variation des mires ($\pm 0,018$) suffit pour expliquer la différence entre les deux opérations, si l'on suppose les mires invariables pendant le nivellement de toute une section, parce que H est notablement plus grand que $\sqrt{\Sigma h^2}$.

Si l'on compare entre elles les valeurs de x et de y dans les deux hypothèses, on trouve une différence de un huitième seulement pour celles de x , tandis que celles de y varient dans le rapport de près de 4 à 1. Les erreurs d'observation sont, il est vrai, notablement plus fortes que nous les avons trouvées autrefois dans les nivellements de la plaine, où elles dépassaient rarement 1^{mm}. Mais il nous semble assez naturel que les erreurs d'observation augmentent pour les opérations dans les hautes

montagnes, où non-seulement l'instrument est exposé à des changements de température plus brusques et plus fréquents, et surtout à des vents presque continuels et souvent très-génants, mais où l'ingénieur a dû opérer parfois par la neige et à une température très-basse, dans des conditions physiologiques qui ne devaient pas contribuer à augmenter la précision de ses observations.

Il est naturellement impossible de décider *à priori* lequel de ces deux systèmes d'équations représente les variations qui ont réellement eu lieu; la réalité est peut-être intermédiaire entre les deux suppositions; mais il y a des raisons pour croire que la première hypothèse est de beaucoup la plus probable. En effet, avec la seconde supposition on arrive à une variabilité des mires près de trois fois plus faible que celle que nous avons constatée par les comparaisons faites soit à Berne, soit à Neuchâtel; car nous avons trouvé dans le § XVII pour cette valeur $\pm 0^{\text{mm}},069$, et par conséquent $\pm 0^{\text{mm}},049$ pour la valeur qu'il faut employer dans la moyenne d'une double opération. Or, il n'est guère probable que les mires aient subi des variations trois fois plus faibles dans les Alpes que dans les comparaisons à Berne, ou même à Neuchâtel, car les conditions atmosphériques de température et d'humidité ont été évidemment bien plus variables pendant les opérations dans les hautes montagnes que dans le bureau des poids et mesures à Berne, ou devant l'observatoire de Neuchâtel. On doit donc s'attendre à trouver par les opérations de la ligne du Gothard une valeur un peu plus forte pour la variabilité des mires que celle résultant de leurs comparaisons; c'est précisément le cas dans la première hypothèse, qui est par conséquent la plus probable. On arrive à la même conclusion par le raisonnement inverse, c'est-à-dire, si l'on part de la valeur de la variabilité des mires qui résulte de leurs comparaisons, savoir $0^{\text{mm}},05$ pour la moyenne de deux opérations, valeur que nous devons envisager comme un minimum pour les raisons indiquées tout à l'heure; la seconde hypothèse pour les périodes de variation devient inadmissible. En effet, en prenant pour y cette valeur de $0^{\text{mm}},05$, on peut calculer la valeur pro-

nable de x qui correspond à cette variabilité dans les deux hypothèses, il suffit pour cela de résoudre par la méthode des moindres carrés les deux systèmes de 28 équations de la forme

$$\varepsilon = \pm \sqrt{kx^2 + 0^{\text{mm}},0025 \Sigma h^2}, \text{ et } \varepsilon = \pm \sqrt{kx'^2 + 0^{\text{mm}},0025 \times H^2}$$

En procédant ainsi, on trouve dans le premier cas

$$x = \pm 3^{\text{mm}},386$$

tandis que x' devient imaginaire; il est donc impossible, en partant de la variabilité moyenne des mires $\pm 0^{\text{mm}},05$ donnée par les comparaisons, de supposer que ces variations aient eu lieu seulement de section en section, les mires étant restées constantes pendant le nivellement entre deux repères principaux, parce que l'on obtient dans cette hypothèse des erreurs supérieures à celles qui résultent de l'accord entre les deux opérations.

D'après le résultat de cette discussion, il faut donc abandonner la seconde hypothèse, et l'on doit admettre qu'en général les mires ont varié d'une sous-section à l'autre, c'est-à-dire d'un jour à l'autre, ou dans le courant du même jour, ce qui est du reste assez plausible, si l'on a égard aux grandes variations de température et d'humidité qui surviennent dans les montagnes entre les heures de la matinée, du milieu de la journée et du soir.

Il ne reste donc plus que cette double alternative: ou bien d'adopter pour les opérations sur le terrain la variation moyenne des mires, telle qu'elle a été trouvée par les comparaisons, c'est-à-dire de prendre pour y la valeur $\pm 0^{\text{mm}},05$; dans ce cas, x est égal à $\pm 3^{\text{mm}},386$; ou bien de ne faire aucune hypothèse sur la valeur de la variation des mires, et de déduire des observations mêmes les deux inconnues. Avec ce dernier mode de faire, qui nous semble préférable, le double nivellement de la ligne du Gothard donne pour les valeurs probables de

l'erreur moyenne d'observation $\pm 3^{\text{mm}},033$ par kilomètre
pour la variation moyenne des mires $\pm 0^{\text{mm}},067 \times \sqrt{2} = \pm 0^{\text{mm}},095$.

Le tableau de la page 272 donne pour chacune des 28 sections l'incertitude provenant de ces deux causes, calculée avec ces valeurs, ainsi que l'erreur théorique totale

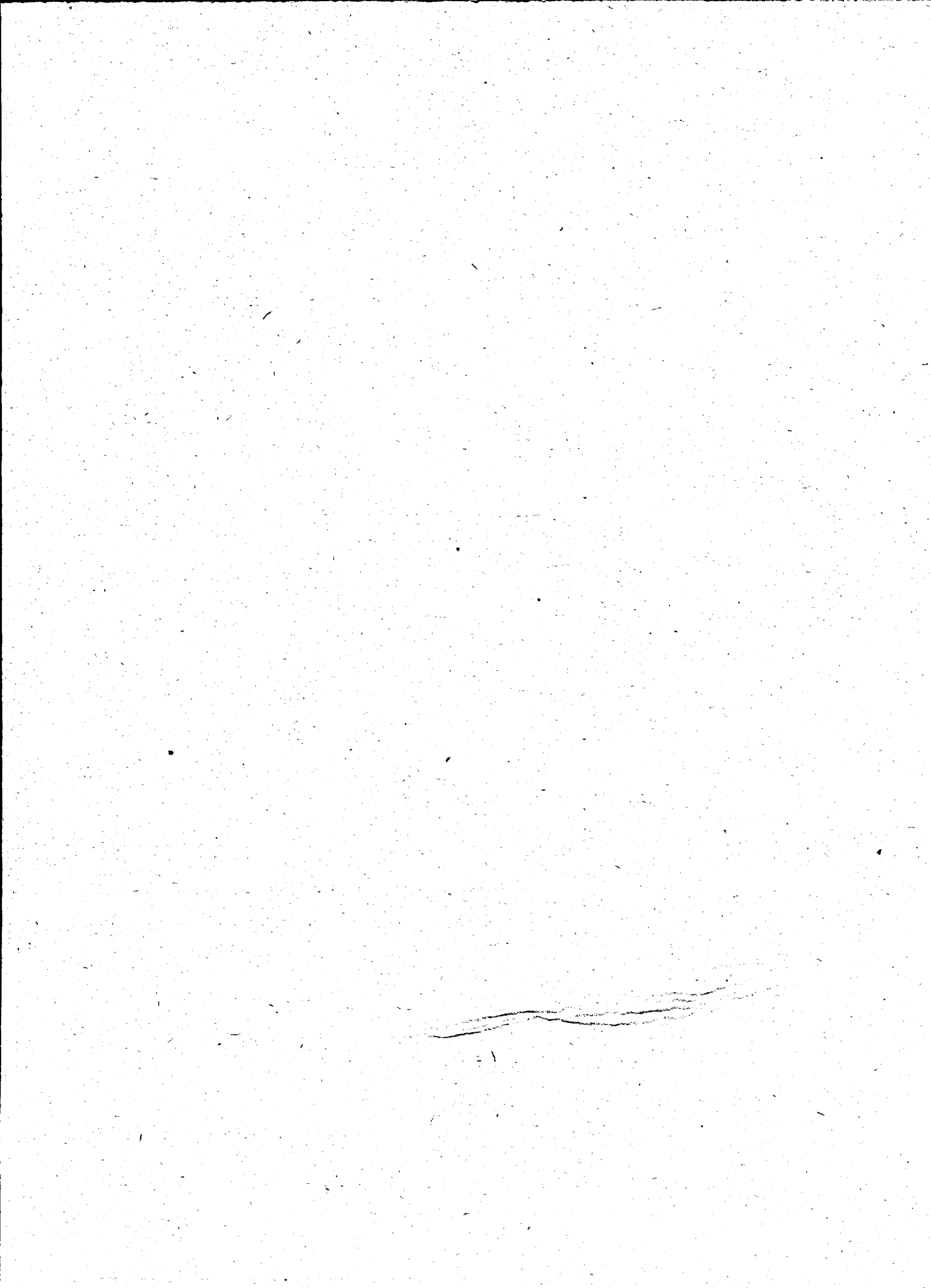
$$\pm \sqrt{k (3,033)^2 + \sum h^2 (0,067)^2}$$

et l'on pourra faire pour chaque section la comparaison entre l'erreur théorique calculée et l'erreur résultant de l'accord entre les deux opérations.

Nous avons déjà insisté sur les raisons pour lesquelles les erreurs d'un nivellement dans les Alpes doivent dépasser celles que l'on trouve dans des conditions ordinaires. Sur les 28 sections de la ligne du Gothard, il s'en trouve 22, pour lesquelles l'erreur déduite de l'accord entre les deux opérations est plus faible que l'erreur théorique calculée, et 6 seulement, pour lesquelles elle est plus forte. Sur ces 6, les deux sections NF 55 — NF 54 et NF 92 — NF 93 présentent seules un excédant un peu notable, et la discordance entre les deux opérations sur ces deux sections contribue à augmenter sensiblement le chiffre trouvé ci-dessus pour les valeurs de x et de y . Si l'on voulait laisser de côté ces deux sections dans la résolution des équations de condition, en partant de l'idée qu'il est intervenu une cause spéciale d'erreur, telle qu'un déplacement de la plaque, ou une erreur d'écriture ou de lecture, on trouverait pour x la valeur de $\pm 2^{\text{mm}},225$, au lieu de $\pm 3^{\text{mm}},033$ et pour y celle de $\pm 0^{\text{mm}},033$ au lieu de $\pm 0^{\text{mm}},067$.

Toutefois, nous ne croyons pas devoir admettre cette supposition et éliminer en conséquence ces deux sections; d'une part, les carnets d'observation ne portent aucune remarque des ingénieurs qui la justifierait; d'autre part, la valeur de $\pm 0^{\text{mm}},047$, qui en résulterait pour la variabilité moyenne des mires pendant l'opération, est considérablement

inférieure à celle que les comparaisons des mires ont donnée, tandis que le contraire est bien plus probable, comme nous l'avons vu. On peut remarquer enfin, que la discordance entre les deux opérations pour ces deux sections, bien que dépassant notablement celle pour les autres sections, n'atteint cependant pas le double de l'erreur théorique; il suffirait, pour expliquer cette discordance, de supposer que la variation réelle des mires dans le cours des opérations sur ces sections ait dépassé la variation moyenne d'une quantité un peu notable, hypothèse qui est parfaitement admissible, d'après les écarts constatés dans plusieurs cas dans les comparaisons des mires.



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

Publications de la Commission géodésique suisse:

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

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

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

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

Nivellement de précision de la Suisse, exécuté sous la direction de A. Hirsch et E. Plantamour. Livraisons I, II et III. — 1867-1870, in-4. Prix de chaque livraison :
Pour la Suisse Fr. 2 50
Pour l'étranger Fr. 4 —

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

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