

COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE



RAPPORT

SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN SUISSE DEPUIS
LA PREMIÈRE ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE LA SECTION DE GÉODÉSIE
DE L'UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE,
RÉUNIE A ROME EN MAI 1922

par

Raoul GAUTIER



GENÈVE

IMPRIMERIE ATAR, RUE DE LA DOLE

1924



COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE

RAPPORT

SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN SUISSE DEPUIS
LA PREMIÈRE ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE LA SECTION DE GÉODÉSIE
DE L'UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE INTERNATIONALE,
RÉUNIE A ROME EN MAI 1922

INTRODUCTION.

Parmi les travaux que la *Commission géodésique suisse* a exécutés durant ces deux dernières années, figurent en première ligne les mesures de *différences de longitude*. Ces déterminations ont été exécutées, comme les précédentes, sur le territoire de la Suisse, et, cette fois par les deux méthodes de télégraphie avec et sans fil. Les mesures, dirigées par M. le professeur F. BÆSCHLIN, ont été exécutées par MM. BRUNNER et HUNZIKER, ingénieurs de la Commission.

M. le professeur Th. NIETHAMMER a poursuivi ses études sur la compensation isostatique en Suisse.

Le *Service topographique fédéral* a, de son côté, mené presque à terme le nouveau *Nivellement de précision de la Suisse* et achevé les réseaux de I^{er}, II^{me} et III^{me} ordre de la *Triangulation* de notre pays.

Les notes suivantes, rédigées par des membres de la Commission et par l'un de ses ingénieurs, donnent les détails nécessaires qui viennent compléter les indications fournies dans le « Rapport sur les travaux exécutés en Suisse depuis la dix-septième et dernière Conférence générale de l'Association géodésique internationale à Hambourg, en 1912 », rapport présenté à Rome par le soussigné et qui a paru dans les « Travaux de la Section de Géodésie de l'Union géodésique et géophysique internationale, tome I publié par le secrétaire, Georges PERRIER, Paris 1923 ».

I. MESURES DE DIFFÉRENCES DE LONGITUDE EXÉCUTÉES EN 1922 ET EN 1923.

(Note de M. É. BRUNNER.)

Nous rappellerons tout d'abord que le programme des mesures en question, les méthodes et les instruments utilisés, ainsi que les résultats obtenus jusqu'en 1921 avaient été exposés dans le rapport précité. Depuis, ce programme a été poursuivi sans modifications et complété par des essais de télégraphie sans fil pour la comparaison des pendules.

L'année 1922 a vu se réaliser le rattachement en longitude de la station de Bellinzone aux deux observatoires fondamentaux de Genève et de Zurich, et l'année 1923 celui de la station du Gäbris, à l'extrême nord-est du pays, à ces deux mêmes points. Il n'existait en effet pour cette dernière station qu'une ancienne mesure Gäbris-Zurich (côté du triangle Pfänder-Gäbris-Zurich), datant de 1872 et ne répondant plus aux exigences modernes; la nouvelle valeur la dépasse de $0^s,141$. L'été favorable de 1923 a permis d'ajouter aux travaux décidés une nouvelle détermination directe de la différence de longitude Zurich-Genève, dont la première valeur, obtenue en 1920, un peu forte, avait suscité un certain scepticisme, heureusement non fondé, comme l'ont prouvé les résultats de 1923.

De la sorte, le réseau des longitudes de premier ordre à l'intérieur du pays peut être considéré comme achevé, si l'on fait abstraction de la station du Righi, dont les rattachements de 1867 avec Zurich et Neuchâtel donnent pour la différence de longitude entre ces deux dernières stations une valeur de plus d'un dixième de seconde inférieure à celle déterminée directement en 1914. Dans ces conditions, il ne peut être question de comprendre le Righi dans la compensation du nouveau réseau. Celui-ci se compose actuellement de la longitude fondamentale Zurich-Genève, de poids 2 (6 après compensation) et des stations de Bâle, Gurten, Neuchâtel, Coire, Brigue, Poschiavo, Bellinzone, Gäbris, reliées chacune aux deux premières par une détermination de longitude comptée avec un poids égal à l'unité.

Quelques essais sur l'application de la T.S.F. aux déterminations de longitude avaient déjà été tentés en 1922 entre Bellinzone et Zurich à la suite de diverses expériences de laboratoire, mais ce n'est qu'en 1923 que des résultats satisfaisants ont été obtenus. Au cours des trois déterminations de cette dernière année, les comparaisons de pendules par échange de signaux télégraphiques ordinaires avec fil et enregistrés sur des chronographes ont été doublées de comparaisons résultant de la réception simultanée par T.S.F. des signaux horaires rythmés émis chaque soir par les postes de Lafayette et de la tour Eiffel. Ainsi chacune des trois différences de longitude se trouve déterminée par les deux procédés: avec et sans fil.

La réception des signaux avait lieu avec un cadre, un amplificateur à haute fréquence de 4 lampes et un amplificateur à basse fréquence de 2 à 3 lampes, entre lesquels était intercalé un transformateur; l'hétérodyne complétait cet appareillage pour obtenir les ondes entretenues. Il était inutile de porter le casque téléphonique, car, même à l'est de la Suisse, les signaux étaient si sonores qu'on les percevait distinctement à plusieurs mètres du téléphone.

La méthode servant à l'observation des coïncidences entre les signaux rythmés et les battements de la pendule consistait, selon la proposition de M. Hänni, ingénieur de T.S.F. à Zurich, à faire intercepter automatiquement les signaux rythmés au moment de la coïncidence. Ce principe avait déjà été mis en pratique en 1917 par MM. W. E. et F. B. Cooke (*Monthly Notices*, 77, pag. 469

à 473), qui faisaient interrompre un instant le circuit téléphonique à chaque battement de pendule. Nous avons modifié la disposition en branchant simplement le téléphone en parallèle sur les bornes secondaires du relais de notre pendule. Ce relais, chaque fois qu'il se fermait pour un instant, c'est-à-dire à chaque seconde, s'intercalait en shunt d'une résistance très faible (court-circuit) entre les extrémités de la bobine téléphonique, accaparant tout le courant et empêchant ainsi les vibrations de la membrane, et par suite la production du son dans le téléphone.

Au lieu de noter la coïncidence de deux sons, il suffisait d'inscrire le moment de la suppression d'un son et le numéro d'ordre du signal supprimé, phénomène mieux marqué et moins sujet à des différences personnelles d'appréciation, comme il a été démontré par des expériences comparées entre les deux procédés et entre différents observateurs. Une remarque s'impose cependant: la durée de fermeture de nos relais, bien que réglable, est restée supérieure à celle d'un signal de T.S.F., de sorte que ce n'est pas un, mais bien quelques signaux qui cessent d'être perçus au téléphone. Cet état de choses ne présente aucune difficulté si l'on a soin de préciser la définition d'une coïncidence comme représentant la superposition du début d'un signal avec le début de la fermeture du relais. Alors, puisque l'intervalle des signaux est inférieur à une seconde, c'est le dernier signal supprimé qu'il faudra prendre en considération. Comme la durée d'un signal est d'environ $0^s,10$ et l'intervalle de $0^s,98$, ce n'est que le cinquième ou le sixième des signaux réapparus qui atteindra sa force normale. De ce fait, un observateur exercé pourra indiquer l'époque de la coïncidence avec l'approximation d'une demi-seconde.

L'ensemble des coïncidences ainsi observées nous permettra de calculer, pour chaque station, l'heure que marquait la pendule pour un signal donné, le 150^{me} par exemple. Mais la différence de ces heures ne peut entrer dans le calcul de la longitude qu'après avoir été ramenée à ce qu'elle eût été si les battements des pendules et les signaux de T.S.F. avaient été enregistrés sur les chronographes, en passant par les mêmes séries d'appareils intermédiaires que pour l'enregistrement du passage des étoiles au moyen du micromètre impersonnel. Ceci nous oblige à la mesure de la parallaxe des pointes, effectuée aisément par la fermeture simultanée des deux circuits en question; les pointes du chronographe peuvent d'ailleurs être réglées de manière à rendre cette parallaxe à peu près nulle.

L'échange habituel des observateurs, avec leurs instruments des passages, a été complété par celui des relais, des chronographes et des casques téléphoniques, afin d'éliminer les erreurs systématiques dues au fonctionnement de ces appareils; par contre, les stations réceptrices elles-mêmes n'ont pas été interchangées. L'équation personnelle et instrumentale pour l'ensemble des opérations d'une détermination de longitude par T.S.F. n'a d'ailleurs pas dépassé $0^s,003$.

Une comparaison de pendules par T.S.F. comprenant l'observation à chaque station de 5 à 6 coïncidences avec les signaux rythmés, ainsi que les mesures des parallaxes respectives est affectée en moyenne d'une erreur probable de $\pm 0^s,0028$, tandis qu'une comparaison basée sur l'enregistrement télégraphique de 30 signaux de chaque station nous donnait en moyenne $\pm 0^s,0016$ seulement. Cette différence provient de la supériorité, non pas de la télégraphie ordinaire sur la T.S.F., mais bien de la méthode d'enregistrement, avec laquelle il est possible de multiplier à volonté le nombre des signaux, sur la méthode des coïncidences, dont le nombre est forcément restreint, mais dont nous devons nous contenter, les appareils actuellement à notre disposition ne nous permettant pas encore l'enregistrement de signaux de T.S.F.

Voici les résultats des 5 nouvelles différences de longitude déterminées en 1922 et en 1923 et qui s'ajoutent aux 13 relatées dans le rapport présenté en 1922 à l'Assemblée de Rome:

Année :	Longitude		Détermination	
	Est	Ouest	par fil	sans fil
1922	Bellinzone-Genève		11 ^m 29 ^s ,352	
	Bellinzone-Zurich		1 ^m 53 ^s ,597	
1923	Gäbris-Zurich		3 ^m 40 ^s ,211	3 ^m 40 ^s ,224
	Gäbris-Genève		13 ^m 15 ^s ,979	13 ^m 15 ^s ,988
	Zurich-Genève		9 ^m 35 ^s ,728	9 ^m 35 ^s ,720

Les erreurs probables ont atteint en moyenne $\pm 0^s,004$ ($0^s,011$ pour une soirée) pour les déterminations par fil et $\pm 0^s,006$ ($0^s,015$) pour celles sans fil. De plus, on voit que la différence entre les résultats des deux méthodes est minime, soit d'environ un centième de seconde dans un sens ou dans l'autre.

Par soustraction de la deuxième détermination de 1922 de la première et de la première par fil de 1923 de la deuxième, nous obtiendrons deux nouvelles valeurs pour la différence de longitude Zurich-Genève, soit:

$$9^m35^s,755 \quad \text{et} \quad 9^m35^s,768.$$

La moyenne des deux déterminations directes de 1920 et 1923, comporte:

$$9^m35^s,746$$

et la moyenne de toutes les déterminations par fil, directes et indirectes, de cette longitude:

$$\underline{9^m35^s,744 \pm 0^s,003},$$

résultat identique à celui d'il y a deux ans, mais dont le poids a passé de 4 à 6, l'unité étant une détermination directe.

Nous constatons donc que les valeurs extrêmes des années 1912 à 1921 ($9^m35^s,714$ et $9^m35^s,764$) n'avaient rien d'anormal, puisque celles de la seule année 1923 s'en rapprochent elles-mêmes beaucoup. Les trois déterminations sans fil, d'autre part, fournissent pour Zurich-Genève une valeur moyenne de

$$9^m35^s,735.$$

II. UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ISOSTATISCHE KOMPENSATION IN DER SCHWEIZ.

(Prof. Th. NIETHAMMER.)

Die Resultate, welche sich aus der isostatischen Reduktion der Schwerebeschleunigungen ergeben haben, sind im « Rapport sur les travaux exécutés en Suisse depuis la dix-septième et dernière conférence générale de l'Association géodésique internationale à Hambourg, en 1912 », Genève 1922, besprochen worden. Seither konnte diese Untersuchung nicht weiter verfolgt werden. Dagegen wurde eine Untersuchung über die isostatischen Reduktionen der Lotabweichungen von 15 Sta-

tionen zum Abschluss gebracht und befindet sich zur Zeit im Druck. An dieser Arbeit haben sich Herr Prof. A. LALIVE in La Chaux-de-Fonds und der Schreiber beteiligt. Das angewendete Rechnungsverfahren schliesst sich im Allgemeinen an die von J.-H. Hayford entwickelten Formeln an; sie beruhen bekanntlich auf der Vorstellung, dass in jeder Vertikalen Kompensation stattfindet zwischen den äusseren Massen (d. h. den Massen oberhalb des Meresniveaus oder den Wassermassen unterhalb desselben) und dem Massendefekt oder Massenüberschuss. Da in gebirgigen Teilen der Erde diese Kompensation nur innerhalb grösserer Flächen vorhanden ist, wurde bei der Untersuchung der Schwerewerte eine ausgeglichene Terrainform zur Berechnung der isostatischen Reduktionen eingeführt. Bei der isostatischen Berechnung der Lotabweichungen kann man hingegen davon absehen, in gleicher Weise zu verfahren, auch wenn es sich um Gebirgsstationen handelt. Denn selbst grössere Differenzen zwischen der wirklichen Höhe und der mittleren Höhe einer ausgeglichenen Terrainform werden keinen merklichen Rechnungsfehler erzeugen, weil einerseits die Kompensationswirkung des Defektes in der Nähe der Station klein ist und weil andererseits in grösseren Entfernungen wegen der beträchtlichen Ausdehnung der Felder, in die das Terrain zerlegt wird, ohnehin nur eine mittlere Höhe in die Rechnung eingeht. Zum Zweck, einige Fragen besonderer Natur zu beantworten, wurde gleichwohl die Kompensationswirkung des Massendefektes in der Nähe der Station auch auf Grund mittlerer Höhen berechnet.

Auf die Erweiterungen, welche Helmert an den Hayford'schen Formeln angebracht hat, damit bequem dem Einfluss der Höhenlage der Station und der Krümmung der Erde Rechnung getragen werden könne, ist Rücksicht genommen worden. Durch eine Ergänzung der Helmert'schen Ausdrücke wurde überdies erreicht, dass sich die isostatischen Reduktionsfaktoren nicht nur auf drei, sondern vier Dezimalstellen genau ermitteln lassen. Die Berechnung wurde bis zu den Massen am Antipodenpunkt der Station ausgedehnt.

Für die Tiefe der Ausgleichsfläche wurde der übliche Wert von 120 km angenommen. Um leicht zu einem beliebig andern, in der Nähe von 120 km gelegenen Wert übergehen zu können, wurden auch die Aenderungen abgeleitet, welche die Reduktionen für eine Aenderung der Tiefe um ± 20 km erfahren. Hiebei wurde von der Kompensationswirkung ausgegangen, welche sich aus der Benützung der mittleren Höhen ergeben hat.

Ausser den isostatischen Reduktionen wurden auch die topographischen Reduktionen berechnet d. h. diejenigen Werte, mit welchen die beobachteten Lotabweichungen übereinstimmen müssten, wenn die äusseren Massen nicht als kompensiert, sondern als Störungsmassen aufzufassen wären.

Eine eingehende Diskussion der Fehler, welche in das Rechnungsergebnis eingehen, ergab, dass den isostatisch berechneten Reduktionen eine Unsicherheit von rund $\pm 0''{,}5$ und den topographisch berechneten eine Unsicherheit von $\pm 0''{,}5$ bis $\pm 1''$ zuzuschreiben sei.

Die Untersuchung hat zu folgenden allgemeinen Resultaten geführt:

1) Der Durchschnittswert der berechneten Lotabweichungen wird in Uebereinstimmung mit den beobachteten Lotabweichungen gebracht, wenn die Komponenten der topographisch berechneten Zenitstörungen um

— $7''{,}6$ im Meridian

und um

+ $31''{,}1$ im Parallel,

und die Komponenten der isostatisch berechneten Zenitstörungen um

$$- 7'',4 \text{ im Meridian}$$

und um

$$+ 2'',9 \text{ im Parallel}$$

vermindert werden. Diesen Korrekturen, die auch als Verbesserungen des Koordinatennullpunktes Bern betrachtet werden können, stellen wir nachfolgend die Beträge der Lotabweichungen gegenüber, welche Helmert aus einer Zusammenfassung der Gradmessungen Dänemarks, Deutschlands, der Schweiz und Italiens abgeleitet hat (vergl. Association Géodésique Internationale, Nice 1887, Annexe Ia, Bericht über Lotabweichungen von F. R. Helmert, Seite 16 ff.). Hiernach ist für Bern, je nachdem man für den Ausgangspunkt Rauenberg die Lotabweichung im Meridian gleich null oder gleich $5''$ ansetzt, und je nachdem man das Bessel'sche Ellipsoid oder das Clarke'sche Ellipsoid von 1880 benützt, anzunehmen;

	Ellipsoid: Lotabweichung von Rauenberg in Breite:	Bessel 0"	Clarke 0"	Clarke + 5"
Lotabweichung Berns in Breite		+ 1'',5	- 1'',0	+ 4'',0
in Länge		+ 2,0	- 1,3	—

Vergleicht man damit die obigen Korrekturen, so ist ersichtlich, dass die meridionalen Komponenten unentschieden lassen, welche der beiden Rechnungsarten, die isostatische oder die topographische, den Vorzug verdiene. Dagegen sprechen die für den Parallel gültigen Korrekturen entschieden für die Ueberlegenheit der isostatischen Methode; denn die topographische Rechnung verlangt für Bern eine Lotabweichung von $31''$ im Parallel d.h. einen Betrag, dessen Grösse ganz unwahrscheinlich ist.

2) Die Ueberlegenheit der isostatischen Rechnung zeigt sich auch in den Einzelwerten. Denn wenn man die angegebenen Korrekturen in Abzug bringt und dann die Widersprüche zwischen Rechnung und Beobachtung bildet, so erhält man dafür folgende Durchschnittswerte:

topographische Rechnung	$\pm 5'',4$ im Meridian
	$\pm 3'',9$ im Parallel
isostatische Rechnung	$\pm 2'',9$ im Meridian
	$\pm 2'',2$ im Parallel

3) Vergleicht man schliesslich auch die Orientierung der berechneten Lotabweichungen mit derjenigen der beobachteten Lotabweichung, so sind beide Rechnungsarten als gleichwertig zu beurteilen. Auch dieses Resultat spricht eher für als gegen die isostatische Rechnung. Denn aus den durchschnittlich kleinen Widersprüchen der isostatischen Rechnung gehen die Richtungen relativ unsicherer hervor als aus den grösseren Widersprüchen der topographischen Rechnung.

III. NIVELLEMENT DE PRÉCISION DE LA SUISSE.

(Note de M. H. ZÆLLY, chef de la Section de Géodésie au Service topographique fédéral.)

Le nivellement de précision de la Suisse n'a pu être terminé en 1923. Il manque encore le parcours Castasegna-Chiavenna-Splügenpass, qui est situé sur le territoire du royaume d'Italie, et qui, nous l'espérons, pourra être nivelé par nos opérateurs en 1925.

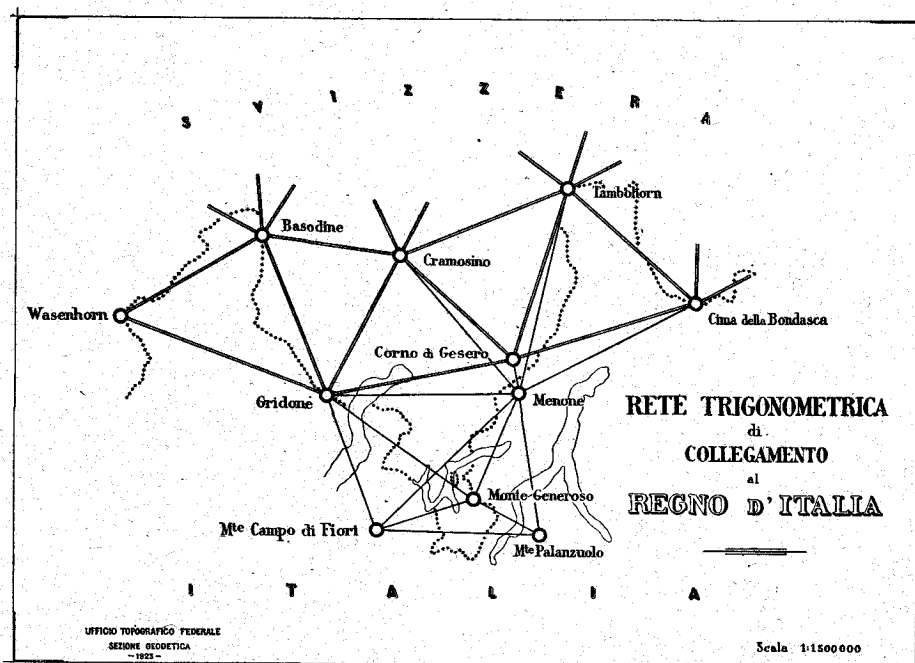
Le réseau principal du nivellement de précision exécuté durant les années 1903-1923 est représenté sur la carte du nivellement. Il s'étend sur 2570 km, et comprend environ 6000 repères. Outre ce nivellement principal, il existe en Suisse des nivellements secondaires et tertiaires exécutés en partie par les Services fédéraux, en partie par les Services cantonaux. Les nivellements secondaires et tertiaires s'étendent sur un parcours d'environ 6000 km et comprennent environ 15 000 repères.

IV. TRIANGULATION.

(Note de M. ZÆLLY.)

La triangulation de I^{er}, II^{me} et III^{me} ordre, s'étendant sur tout le territoire de la Suisse, a été terminée en 1923. Le réseau total comprend 4800 points qui sont tous repérés d'une manière très soigneuse.

Ce réseau sert de base pour la *triangulation cadastrale de IV^{me} ordre* qui est en cours d'exécution. Le 42% de ce travail, soit environ 30 000 points, est actuellement terminé. Tous les points sont



SUISSE

H. ZÆLLY

aussi repérés avec soin par borne et dalle souterraine ou cheville métallique au centre. La carte ci-jointe donne les lignes du réseau primordial de la Suisse.

Avec le concours de l'« Istituto geografico militare » de Florence, nous avons exécuté le rattachement de la triangulation suisse à la triangulation italienne sur les quatre points communs de Menone, Gridone (Monte Limidario), Campo dei Fiori et Palanzuolo, dont nous reproduisons ci-devant le canevas.

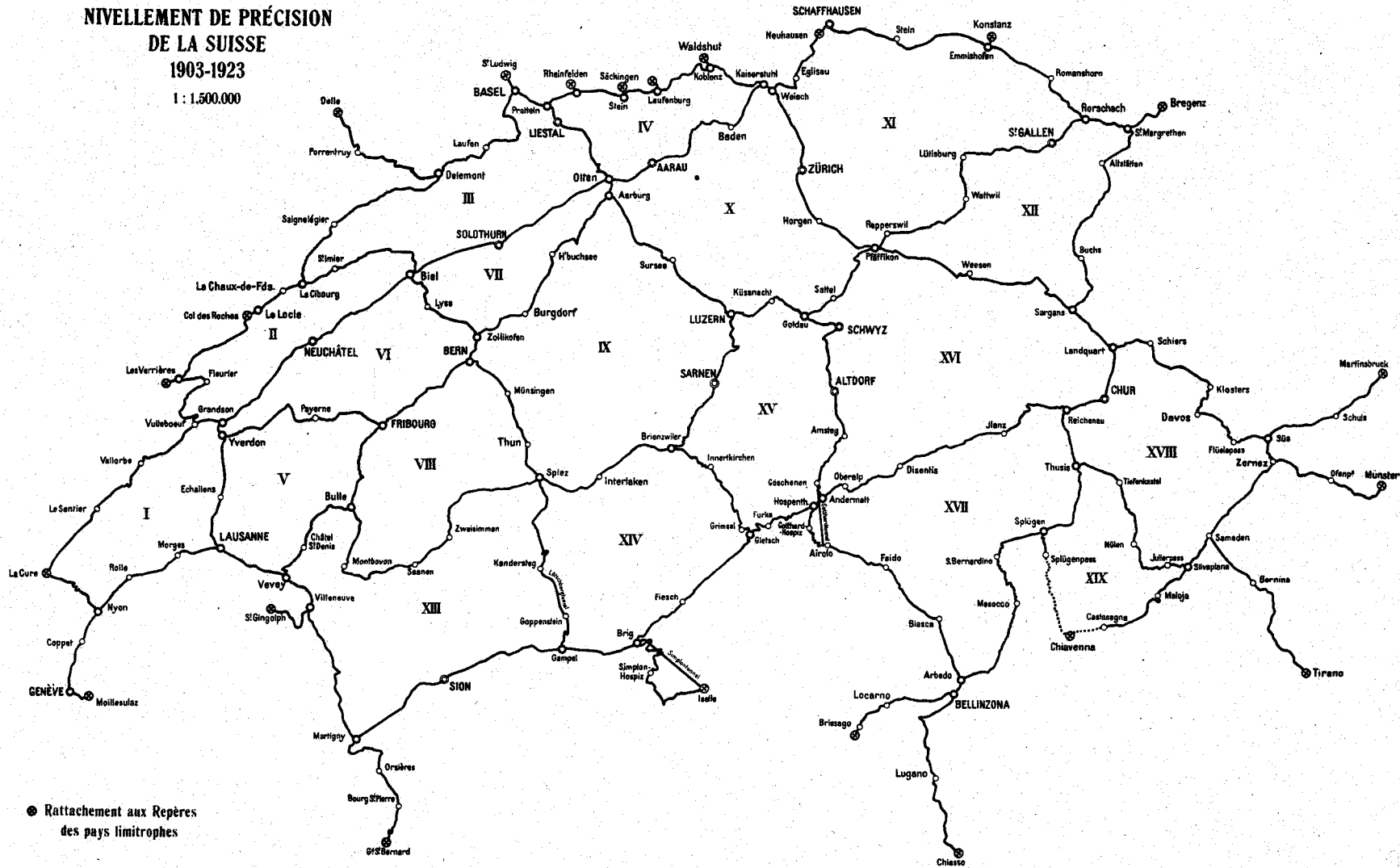
GENÈVE, août 1924.

Pour la Commission géodésique suisse,

le président:

Raoul GAUTIER.

**NIVELLEMENT DE PRÉCISION
DE LA SUISSE
1903-1923
1 : 1.500.000**



● Rattachement aux Repères
des pays limitrophes

Service topographique fédéral
Section de Géodésie 1924

TRIANGULATION PRIMORDIALE
DE LA
SUISSE

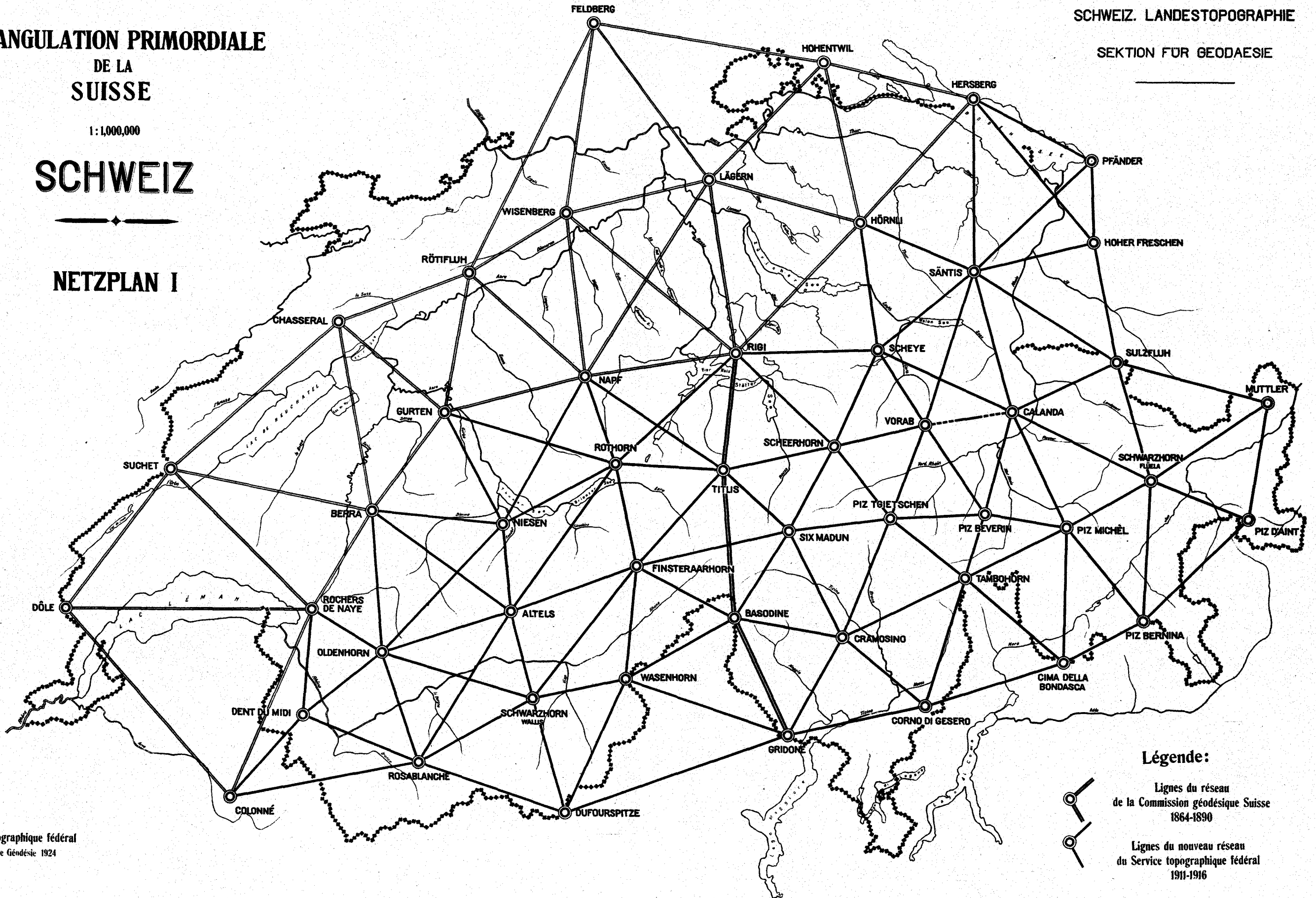
1:1,000,000

SCHWEIZ

NETZPLAN I

SCHWEIZ. LANDESTOPOGRAPHIE

SEKTION FÜR GEODÄSIE



Service topographique fédéral
Section de Géodésie 1924

Légende:

Lignes du réseau
de la Commission géodésique Suisse
1864-1890

Lignes du nouveau réseau
du Service topographique fédéral
1911-1916