

COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE
DE LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RAPPORT

SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN SUISSE
DEPUIS LA QUATRIÈME ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'ASSOCIATION
DE GÉODÉSIE DE L'UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE
INTERNATIONALE, RÉUNIE A STOCKHOLM
EN AOUT 1930

PRÉSENTÉ POUR L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE
A LISBONNE EN SEPTEMBRE 1933

par

C. F. BAESCHLIN

WINTERTHUR
IMPRIMERIE WINTERTHUR CI-DEVANT G. BINKERT, S. A.
1933



COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE
DE LA SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

RAPPORT

SUR LES TRAVAUX EXÉCUTÉS EN SUISSE
DEPUIS LA QUATRIÈME ASSEMBLÉE GÉNÉRALE DE L'ASSOCIATION
DE GÉODÉSIE DE L'UNION GÉODÉSIQUE ET GÉOPHYSIQUE
INTERNATIONALE, RÉUNIE A STOCKHOLM
EN AOUT 1930

PRÉSENTÉ POUR L'ASSEMBLÉE GÉNÉRALE
A LISBONNE EN SEPTEMBRE 1933

par

C. F. BAESCHLIN

INTRODUCTION.

1° *Membres de la Commission.* Dans la dernière période administrative, la Commission géodésique suisse a eu à déplorer la perte de son vénéré et si méritant président, M. le Professeur Raoul GAUTIER, décédé le 19 avril 1931. Raoul GAUTIER appartenait à la Commission géodésique suisse depuis 1891, et il la présidait de façon remarquable depuis 1921.

M. le Professeur A. WOLFER, membre d'honneur de la Commission, est mort le 8 octobre 1931; il fit partie de la Commission de 1901 à 1922.

En 1931 également, M. le Professeur S. MAUDERLI a donné sa démission de membre de la Commission.

Pour remplacer M. le Professeur GAUTIER à la présidence, la Commission fit appel à M. le Professeur C. F. BÆSCHLIN. La Commission a été complétée par les nouveaux membres suivants:

Prof. G. TIEREY, directeur de l'Observatoire de Genève,

Prof. W. BRUNNER, directeur de l'Observatoire fédéral de Zurich.

Aucune modification n'est intervenue en ce qui concerne les deux ingénieurs de la Commission, M. le D^r P. ENGI et M. le D^r E. HUNZIKER; ils ont travaillé sous la direction du rapporteur.

2^o *Travaux exécutés*. Dans la dernière période administrative, les travaux de la Commission géodésique suisse ont concerné spécialement la préparation des publications.

M. ENGI s'est occupé de la rédaction des travaux concernant les déterminations de différences de longitude, travaux qui ont été terminés par le rattachement du nouvel Observatoire de Bâle-Binningen aux deux points fondamentaux de Zurich et Genève en automne 1930.

M. HUNZIKER s'est occupé de la rédaction des travaux sur le nivellement astronomique dans le méridien du St-Gothard. La première partie de ce mémoire a paru en 1932 comme Volume XIX des «Travaux exécutés en Suisse par la Commission géodésique suisse»; elle contient les déviations observées de la verticale. La préparation de la seconde partie de ce travail est en voie d'achèvement.

A côté de ces travaux de rédaction, les deux ingénieurs, D^r ENGI et D^r HUNZIKER, ont activement mené les travaux préparatoires en vue d'un nivellement astronomique dans le parallèle de Zurich, nivellement qui sera exécuté à l'aide des déterminations secondaires de longitude.

Le Bureau fédéral de topographie à Berne n'a exécuté, dans cette période administrative, aucun travail intéressant le présent rapport.

M. le D^r BRÜCKMANN a terminé en 1931 les mesures de magnétisme terrestre en Suisse, dont il a déjà été question dans le précédent rapport. La publication des résultats est rédigée définitivement, tant en ce qui concerne les déterminations de déclinaison ou d'inclinaison qu'en ce qui concerne la valeur *H*.

Notre vice-président, M. le Professeur Th. NIETHAMMER, et les deux ingénieurs exposent, dans les courts rapports qui suivent, les travaux effectués et les recherches.

DIE ISOSTATISCHE KOMPENSATION DER SCHWEIZERISCHEN GEBIRGSMASSEN.

(Von Th. NIETHAMMER.)

HAYFORD und BOWIE haben schon versucht, zu prüfen, ob sich isostatisch reduzierte Schwerewerte in bessere innere Uebereinstimmung bringen lassen dadurch, dass die Dichte des Massendefektes, die der Berechnung der Kompensationswirkung zu Grunde gelegt wird, von der mittleren Höhe der Massen in der Umgebung der Station abhängig gemacht wird. Es hat sich aber die Frage, ob man lokale oder regionale Kompensation anzunehmen habe, mit Hilfe der Schwerewerte der amerikanischen Stationen nicht in schlüssiger Weise entscheiden lassen. In den schweizerischen Schwerebestimmungen liegt ein grosses Beobachtungsmaterial vor, das verdient, zur Aufklärung dieser Frage beigezogen zu werden. Im folgenden soll über die Ergebnisse der Untersuchungen, die nach dieser Richtung hin gemacht wurden und die zu einem vorläufigen Abschluss gekommen sind, kurz berichtet werden.

Eine erste Berechnung der isostatischen Schwereanomalien der schweizerischen Stationen hat der Berichterstatter durchgeführt. Als Fläche, von deren mittlerer Höhe die Dichte des Massendefektes abhängig gemacht wird, ist das Quadrat von 8 km Seitenlänge angenommen worden. Eine zweite und dritte Durchrechnung des ganzen Schwerenetzes ist von einer Schülerin des Berichterstatters, Fräulein Marietta LEHNER, übernommen worden. Der zweiten Rechnung liegen

quadratische Flächen von 64 und der dritten solche von 128 km zu Grunde. Das Quadrat ist als Grundform gewählt worden, weil es gestattet, leicht von kleineren Flächen zu grösseren überzugehen. In der Entscheidung der Frage, ob lokale oder regionale Kompensation anzunehmen sei, spielt die Form der Ausebnungsfläche eine ganz untergeordnete Rolle; es handelt sich vor allem darum, eine Vorstellung von der Grössenordnung der Fläche zu gewinnen.

Die Frage, in welcher Tiefe die Ausgleichsfläche liege, ist gleichzeitig untersucht worden. In jeder der drei Durchrechnungen ist die Tiefe der Ausgleichsfläche folgendermassen abgestuft worden: 80, 100, 120, 140 km.

Um von der mehr oder weniger zufälligen Verteilung der Schwerestationen unabhängig zu werden, wurden der Diskussion dieses Materiales nicht die Stationswerte der isostatischen Anomalien zu Grunde gelegt, sondern es wurden gleichmässig über das ganze Netz verteilte Punkte benützt, deren Anomaliewerte durch graphische Interpolation gewonnen wurden. Diese Punkte liegen in Breite um je 5 und in Länge um je 10 Bogenminuten auseinander; ihre Zahl beträgt insgesamt 363.

Als beste Werte der Grösse A der Ausebnungsfläche und der Tiefe T der Ausgleichsfläche werden diejenigen betrachtet, welche den Durchschnittswert der Quadrate der isostatischen Anomalien zu einem Minimum machen. An den berechneten Anomaliewerten $g - \gamma$ ist aber eine allgemeine Korrektur x anzubringen, durch welche berücksichtigt wird, dass sowohl die beobachteten g -Werte als auch die berechneten isostatischen γ -Werte um einen Betrag fehlerhaft sein können, der zwar nicht streng konstant, innerhalb des schweizerischen Gebietes aber nur schwach veränderlich ist. Die besten Werte der Parameter T und A können leicht gefunden werden, wenn man den Durchschnittswert der Quadrate

$$\mu^2 = [(g - \gamma + x)^2] : n$$

graphisch darstellt als Funktion von T und A für die einzelnen der Korrektur x beigelegten Werte oder als Funktion von T und x für die drei Annahmen von A . Was die Einzelheiten der Rechnung betrifft, so verweisen wir auf die ausführliche Darstellung in der Abhandlung „Beiträge zur Untersuchung der isostatischen Kompensation der schweizerischen Gebirgsmassen“ von M. LEHNER (erschienen in den Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft in Basel, Band 41).

Wird die ganze Fläche der Schweiz in diese Rechnung einbezogen, so nimmt μ^2 den kleinsten Wert, nämlich

$$\mu^2 = 350 \cdot 10^{-6} \text{ (cm sec}^{-2}\text{)}^2$$

an für die folgenden Werte der Parameter:

$$T = 80 \text{ km,}$$

$$A = 8 \times 8 \text{ km}^2,$$

$$x = -20 \cdot 10^{-3} \text{ cm sec}^{-2}.$$

Der angegebene Wert von μ^2 ist aber nicht das absolute Minimum; dieses wird erst erreicht für Werte der Parameter, die als unwahrscheinlich angesehen und deshalb nicht in die Rechnung eingeführt worden sind. Durch eine Extrapolation lässt sich das absolute Minimum zu

$$\mu^2 = 330 \cdot 10^{-6} \text{ (cm sec}^{-2}\text{)}^2$$

abschätzen; das zugehörige Wertesystem der Parameter ist:

$$T \sim 60 \text{ km,}$$

$$A < 8 \times 8 \text{ km}^2,$$

$$x \sim -30 \cdot 10^{-3} \text{ cm sec}^{-2}.$$

Hiernach hätte man anzunehmen, dass sich die Ausgleichsfläche in der geringen Tiefe von 60 km befinde, während man sonst als plausibelsten Wert etwa 100 km gefunden hat. Der Widerspruch ist zweifellos dadurch zu erklären, dass in die Untersuchung auch diejenigen Gebiete der Schweiz einbezogen worden sind, die sich nicht im isostatischen Gleichgewicht befinden. Sowohl im Norden als besonders im Süden der Alpen treten grosse positive Störungen auf; es ist berechtigt, diese Gebiete, in welchen die Massenlagerung nicht den Voraussetzungen der ganzen Rechnung entspricht, auszuschliessen. Beschränkt man sich auf die zentrale Region des Alpengebietes und legt die Grenze zwischen dem als gestört und dem als ungestört betrachteten Gebiet im Norden auf die Linie, wo nach der in Band 16 unserer Veröffentlichungen enthaltenen Karte die BOUGUER'sche Anomalie —80 Einheiten, und im Süden auf die Linie, wo die BOUGUER'sche Anomalie —120 Einheiten beträgt, so wird noch mehr als die Hälfte der vom schweizerischen Schwerknetz bedeckten Fläche in die Rechnung einbezogen ($n = 191$). Als Minimalwert von μ^2 erhält man dann

$$\mu^2 = 133 \cdot 10^{-6} \text{ (cm sec}^{-2}\text{)}^2,$$

und die zugehörigen Werte der Parameter sind abgerundet:

$$T = 100 \text{ km,}$$

$$A = 64 \times 64 \text{ km}^2,$$

$$x = 0 \text{ cm sec}^{-2}.$$

Das Ergebnis der Untersuchung lässt sich folgendermassen zusammenfassen:

In der zentralen Region der schweizerischen Alpen lassen sich die beobachteten Schwerebeschleunigungen mit einer durchschnittlichen Unsicherheit von $\mu = \pm 0,0115 \text{ cm sec}^{-2}$ auf Grund der PRATT'schen Hypothese darstellen; die Ausgleichsfläche ist in rund 100 km Tiefe zu legen; die Gebirgsmassen sind durch einen Massendefekt unterhalb „regional“ kompensiert innerhalb von Flächen, deren Grösse wenigstens 4000 km^2 beträgt.

LE NIVELLEMENT ASTRONOMIQUE DANS LE MÉRIDIEN DU ST-GOTTHARD.

(Par E. HUNZIKER.)

Introduction. Le nivellement astronomique dans le méridien du St-Gothard comporte 54 stations d'observation, comprises entre $47^{\circ} 48'$ et $46^{\circ} 7'$ de latitude nord. La distance de deux stations voisines est en moyenne de 3,5 km. On trouvera des renseignements complets sur la position des stations, de même que sur l'exécution et les résultats des déterminations de la hauteur du pôle dans le dix-neuvième volume des « Travaux astronomiques et géodésiques exécutés en Suisse », publiés par la Commission géodésique suisse. Ce volume est intitulé « Das astronomische Nivellement im Meridian des St. Gotthard; I. Die beobachteten Lotabweichungen, 1932 ». (Le nivellement astronomique dans le méridien du St-Gothard, I^o Les déviations observées de la verticale, 1932.)

Les déterminations de latitude ont été effectuées avec un astrolabe à prisme de M. JOBIN, modèle géodésique. La latitude d'une station présente en moyenne une erreur moyenne de $\pm 0,2''$. Les composantes méridiennes observées ξ des déviations de la verticale présentent de grandes discontinuités de station à station. Il a donc été recommandable d'essayer de les uniformiser par un artifice convenable, c'est-à-dire de se contenter d'une coupe schématisée du géoïde. Cet artifice est admissible dans l'étude d'un pays peu accidenté, ou d'un ensemble d'observations peu précises, ce qui n'est pas le cas dans le nivellement du St-Gothard. La Com-

mission géodésique suisse a donc décidé de faire déterminer le profil du géoïde de façon rigoureuse; et cela tout d'abord en déterminant avec grande exactitude le profil du méridien des composantes ξ des déviations de la verticale, puis en tenant compte de la courbure des verticales. Nous allons exposer l'état actuel des travaux.

1° Profil du géoïde en négligeant la courbure des verticales.

Si l'on néglige la courbure des verticales, la différence d'altitude au-dessus du géoïde entre deux points A et C du profil du méridien est donnée par l'expression

$$N_C - N_A = \frac{1}{\rho} \int_A^C \xi \, ds.$$

Le procédé le plus simple pour effectuer l'intégration est de représenter graphiquement la variation de ξ le long du méridien (courbe des ξ). Mais comme les ξ des stations d'observation ne donnent pas une représentation suffisamment précise de la courbe, il a été nécessaire de déterminer les ξ pour des points intermédiaires. On a procédé comme suit:

Pour chaque station d'observation, on a déterminé la déviation ξ' due aux masses visibles. Des différences $\xi - \xi'$ on déduit la courbe des déviations réduites ξ'' ; cette courbe présente une très grande régularité. Il est donc possible de déterminer les ξ'' pour des points intermédiaires par interpolation. Si maintenant on calcule pour un point intermédiaire la déviation ξ' due aux masses visibles, la somme $\xi'' + \xi'$ donne la déviation cherchée ξ au point considéré. Les points intermédiaires ont été choisis de telle sorte que leurs ξ présentent des valeurs extrêmes.

Dans le calcul des ξ' , il a été tenu compte des masses visibles jusqu'à une distance de 70 km. Pour chaque point, un millier d'altitudes ont été lues sur des cartes topographiques. La méthode de calcul utilisée est due à HELMERT; elle est exposée sous le titre « Die isostatische Reduktion der Lotabweichungen » dans le Sitzungsbericht der preussischen Akademie der Wissenschaften », 1914. (La réduction isostatique des déviations de la verticale. Compte-rendu de 1914 des séances de l'Académie prussienne des sciences.) La méthode repose sur l'hypothèse de PRATT de l'équilibre isostatique de la couche terrestre. On a choisi 120 km comme profondeur de la couche d'équilibre.

On dispose donc ainsi des déviations ξ pour 54 stations et 57 points intermédiaires. En pays de plaine, la distance projetée sur le méridien de deux points voisins dont les ξ sont connus est de 2,3 km. En pays montagneux, elle n'est que 1,4 km. La courbe des ξ donnée par cette suite dense de points est d'un grand intérêt.

Si l'on détermine la coupe du géoïde en ne tenant compte que des déviations observées, les hauteurs du géoïde sont systématiquement faussées. En partant de la même extrémité septentrionale, les stations méridionales présentent une différence d'environ 40 cm. L'introduction des points intermédiaires était donc indispensable.

Nous allons maintenant exposer brièvement le comportement du géoïde par rapport à l'ellipsoïde de référence. Comme dimensions de la terre, on a choisi celles de l'ellipsoïde de BESSEL, admises lors de l'introduction en Suisse de la projection cylindrique conforme à axes obliques. A l'Observatoire de Berne, origine du système de coordonnées, la normale à l'ellipsoïde est confondue avec la verticale. Nous posons ensuite arbitrairement qu'à l'extrémité septentrionale du nivellement, la différence d'altitude entre le géoïde et l'ellipsoïde est nulle. Le géoïde se comporte alors, relativement à l'ellipsoïde, de la façon suivante: De l'extrémité nord, une descente uniforme jusqu'à un

minimum de $-2,6$ m dans le lac de Zurich, suivie d'une ascension tout d'abord lente, puis rapide jusqu'à un maximum de $+0,1$ m dans le massif du Gothard. De là, une descente irrégulière; Ghiridone, l'extrémité méridionale, présente de nouveau une élévation négative; elle est de $-1,5$ m. L'amplitude de la variation du géoïde par rapport à l'ellipsoïde est donc de $2,7$ m.

2° Profil du géoïde en tenant compte de la courbure des verticales.

Les déviations de la verticale n'ont pas les mêmes valeurs, mesurées par rapport à la surface terrestre ou par rapport au géoïde. HELMERT a indiqué un procédé qui permet de tenir compte de ces différences. Il est publié dans deux comptes-rendus de l'Académie prussienne des sciences (Sitzungsbericht der preussischen Akademie der Wissenschaften) sous le titre « Zur Bestimmung kleiner Flächenstücke des Geoids aus Lotabweichungen mit Rücksicht auf Lotkrümmung. Erste Mitteilung 1900, zweite Mitteilung 1901. » (Sur la détermination d'une petite portion du géoïde d'après les déviations de la verticale, compte tenu de la courbure de la verticale, 1^{ère} communication, 1900; 2^{me} communication, 1901).

La courbure de la verticale impose l'introduction, en plus du terme principal utilisé ci-dessus $\frac{1}{\rho} \int \xi ds$, de termes supplémentaires qu'HELMERT désigne par E_1, E_2, E_3 . Il intervient encore une correction K qui dépend entre autres de la valeur moyenne de la réduction topographique de la pesanteur le long de la verticale.

E_1 est, au fond, égal à la réduction orthométrique normale, sous la forme donnée par le Colonel GOULIER.

E_2 est confondu, abstraction faite d'un facteur dépendant de la densité des matériaux géologiques, avec la correction d'altitude de la réduction dynamique d'un nivellement.

E_3 est une fonction de la réduction topographique de la pesanteur à la surface terrestre.

Nous désignerons par ΔE^* la variation, d'un point du nivellement au suivant, de la somme $E^* = E_1 + E_2 + E_3$. Dans la portion montagneuse du nivellement, ΔE^* peut dépasser 20 cm.

La correction K peut être négligée en pays plat. Le fait de négliger K dans des circonstances telles que celles du Gothard introduit des erreurs de quelques décimètres pour la hauteur du géoïde des points appartenant aux régions montagneuses. Pour le point d'altitude maximum considéré (2950 m), l'influence de K atteint environ 34 cm. La détermination de K est donc indispensable malgré la longueur du calcul de la réduction topographique de la pesanteur le long de la verticale.

Un procédé qui simplifie notablement la réduction topographique de la pesanteur est exposé dans la publication de la Commission géodésique suisse « Nivellement und Schwere als Mittel zur Berechnung wahrer Meereshöhen, von Th. NIETHAMMER, 1932 » (Le calcul d'altitudes vraies par le nivellement et la pesanteur). Cette simplification s'applique à la détermination de la réduction topographique de la pesanteur, sur la surface terrestre, ainsi que le long de la verticale.

L'essentiel du procédé consiste en une intégration de l'attraction de chaque secteur de zone, pour tous les points de la verticale, entre la surface terrestre et le niveau de la mer, d'où l'on déduit certaines valeurs moyennes F et Φ . Les fonctions F et Φ dépendent de la subdivision des zones utilisée pour la lecture des hauteurs moyennes. Pour une certaine décomposition des zones, elles peuvent être calculées une fois pour toutes. Les réductions topographiques de la pesanteur peuvent être déduites facilement et rapidement des hauteurs moyennes lues, une fois les fonctions F et Φ représentées graphiquement.

Résumé.

La détermination du profil du géoïde dans le massif du St-Gothard, sans tenir compte de la courbure des verticales, est terminée. C'est le calcul des déviations de la verticale, dues aux masses visibles qui a imposé le travail le plus considérable.

Les calculs relatifs à la détermination du profil du méridien, en tenant compte de la courbure des verticales ont commencé. Les déterminations pénibles de la réduction topographique de la pesanteur à la surface de la terre et le long de la verticale sont notablement simplifiées par le procédé de M. NIETHAMMER.

L'exécution et les résultats de la détermination du profil du géoïde seront publiés dans un volume des Travaux astronomiques et géodésiques effectués en Suisse.

DÉTERMINATION DE DIFFÉRENCES DE LONGITUDE, AVEC UTILISATION DES SIGNAUX DE TSF, PENDANT
L'ANNÉE 1930.

(Par P. ENGI.)

Avec les déterminations de différences de longitude indiquées dans le rapport rédigé en vue de l'Assemblée de Stockholm en 1930, le réseau suisse de premier ordre était terminé. Malheureusement, ce réseau s'est trouvé à nouveau incomplet à la suite du transfert, du Bernoullianum à Binningen, de l'Institut astronomique de l'Université de Bâle, et par le fait que les transformations apportées au bâtiment de l'ancien institut ont entraîné une destruction des repères géodésiques.

Dans ces conditions, la Commission géodésique suisse décida de relier le nouvel Institut de Binningen aux deux stations fondamentales de Zurich et Genève. La détermination de la différence de longitude Zurich-Bâle a été faite au printemps 1930, la différence Genève-Bâle en automne de la même année. La méthode et l'équipement ont été décrits dans les précédents rapports. La différence Zurich-Bâle a été déterminée en 8 soirées, la différence Genève-Bâle en 9 soirées. Dans les deux opérations, la permutation des observateurs et des instruments a été effectuée après la quatrième soirée.

Les résultats obtenus et leurs erreurs moyennes sont indiqués ci-dessus:

	Zurich-Bâle	Bâle-Genève
Différence observée	3 ^m 52 ^s ,263	5 ^m 43 ^s ,482
Soirées d'observation	8	9
Poids	6,77	7,97
Erreur moyenne d'un passage	±0 ^s ,027	±0 ^s ,027
» » de l'unité de poids	±0 ^s ,016	±0 ^s ,012
» » de la moyenne générale	±0 ^s ,006	±0 ^s ,004
Equation personnelle et instrumentale	—0 ^s ,010	—0 ^s ,010
Différence déduite Zurich-Genève:	9 ^m 35 ^s ,745	

La valeur indiquée dans le rapport de Stockholm pour la différence de longitude entre les stations fondamentales de Zurich et Genève (9^m 35^s,742), et qui résultait des observations des

années 1912 à 1929, n'est donc pas modifiée par les résultats déduits des observations de l'année 1930. L'erreur moyenne est abaissée de $\pm 0^s,0045$ à $\pm 0^s,0042$; le poids est porté à 10.

Les longitudes provisoires des observatoires de Zurich et Genève indiquées dans le rapport de Stockholm restent inchangées:

Zurich 34 ^m 12 ^s ,286	}	à l'Est de Greenwich.
Genève 24 ^m 36 ^s ,544		

TRAVAUX PRÉPARATOIRES EN VUE DE LA DÉTERMINATION D'UN PROFIL DE GÉOÏDE LE LONG D'UN PARALLÈLE.

(Par Paul ENGI.)

Généralités. Le relevé d'un profil de géoïde le long d'un parallèle, un travail qui, à notre connaissance du moins n'a encore jamais été exécuté sur un plus grand domaine, pose une suite de problèmes, pour la solution desquels on bénéficiera des expériences faites, soit dans l'exécution des nivellements astronomiques, soit dans les déterminations de différences de longitude de premier ordre. La condition la plus importante, à côté du choix du mode d'observation satisfaisant aux exigences d'exactitude et du choix de la partie instrumentale, était l'emploi d'une installation facilement transportable et n'exigeant que peu de temps pour le montage et le démontage, vu la fréquence des changements de station.

Répartition des points d'observation. Comme parallèle fondamentale, on a choisi celui de l'Observatoire fédéral de Zurich ($\varphi = 47^{\circ} 22',6$). Il commence à la frontière française dans le Plateau jurassien, franchit le Jura obliquement, traverse le haut Plateau suisse, coupe une partie des pré-alpes au nord du massif du Säntis, et se termine à la frontière autrichienne dans la plaine du Rheintal. Du point de vue astronomique et géodésique, il est essentiel de relever que ce parallèle passe par trois stations importantes: l'une des deux stations fondamentales du réseau suisse de premier ordre (Observatoire fédéral de Zurich), le point «Gäbris» du réseau de premier ordre, et le point «Schwerzenbach» du nivellement astronomique dans le méridien du St-Gothard.

Tout le long du parallèle, la triangulation du 4^{me} ordre est terminée; de sorte que les points sont tous très rapprochés du parallèle envisagé. En outre, le repérage cadastral, déjà très avancé dans les régions considérées, permet, par son réseau polygonal, de diminuer encore les écarts.

La longueur du parallèle est de 210 km; on y a prévu 32 points. La densité des points a été fixée d'après les expériences faites lors du relevé du profil du géoïde dans le méridien du St-Gothard. Ce dernier est long de 185 km et comporte 54 stations de latitude. La représentation graphique des déviations observées de la verticale donne une courbe très accidentée; cependant celle-ci ne donne nullement le vrai comportement des déviations de la verticale, notamment dans la montagne. Il y manque essentiellement les extrema. Si l'on soustrait les contributions des masses visibles, la courbe en question prend une allure très «tranquille». En prenant pour base cette nouvelle courbe, on peut alors obtenir les déviations de la verticale pour des points aussi nombreux qu'on voudra; il suffira d'ajouter la contribution calculée des masses visibles à la valeur interpolée tirée de la courbe réduite pour chacun des points envisagés. L'expérience a montré que la courbe réduite peut être obtenue avec une exactitude suffisante au moyen d'un nombre de points inférieur à 54. Une recherche attentive a montré que les distances suivantes entre points successifs suffisent:

Haute montagne	5 km
Pays de collines	7 km
Pays de plaine	10 km

En prenant comme distance, de station à station, 7 km dans le Jura et dans les Préalpes, et 10 km dans le haut Plateau suisse, on arrive à 32 points pour le parallèle de Zurich.

Pilier de bois transportable. Le choix de la méthode de détermination de l'heure dépend de la stabilité de l'instrument pendant l'observation. On a envisagé les méthodes suivantes:

- 1° Passages de même hauteur dans le voisinage du premier vertical (ZINGER);
- 2° Passages dans le vertical de l'étoile polaire (DÖLLEN);
- 3° Passages dans le méridien du lieu.

Les trois méthodes ci-dessus sont indiquées dans l'ordre de leurs exigences respectives en ce qui concerne la stabilité de l'instrument, la méthode de ZINGER étant la moins exigeante. Par contre, les travaux de préparation et de réduction des observations se présentent dans l'ordre inverse, la méthode de ZINGER donnant le plus de peine. Il s'agissait donc de construire un pilier instrumental aussi stable que possible. En outre, il fallait satisfaire à deux autres conditions essentielles: facilité de transport et rapidité de montage. Autant que possible, on utilisera la méthode méridienne; non seulement, elle exige la moindre somme de travail, mais elle présente encore le gros avantage de la clarté et de permettre constamment des contrôles.

Pour réaliser des conditions de transport facile, il faut que la construction puisse être démontée en parties pesant au plus chacune 20 kg, et que la partie essentielle de la masse puisse être trouvée au lieu même de l'installation. Comme matériel de construction, on a envisagé du bois et du métal léger. Le pilier comprend essentiellement un socle de section carrée de 75 cm de côté, qui supporte le poids du reste du pilier; suivant la nature du terrain, ce socle repose, ou sur une couche plane de sable étendue sur le sous-sol, ou sur des pieux enfoncés dans le sol. Le corps du pilier se compose de trois caisses placées l'une sur l'autre, et remplies de pierres ou de déblai. Le pilier est recouvert d'une forte plaque de métal léger, sur laquelle l'instrument peut être déplacé entre certaines limites. Le pilier, composé de six pièces, pèse environ 100 kg; la masse complémentaire, 300 kg. Le poids total du pilier, une fois installé et en y comprenant l'instrument, est ainsi d'environ 470 kg; avec un montage sur une couche de sable, cela représente une charge d'environ kg 0,1 par cm² de sous-sol.

De nombreux essais ont montré que ce pilier est assez stable, et cela aussi bien lors d'un montage sur sable que lors d'un montage sur pieux. On a bien observé parfois des changements d'inclinaison durables plus forts que pour des piliers de maçonnerie. Mais ces changements n'ont jamais été rapides; et, de ce fait, on a toujours pu en tenir compte dans les calculs. Les azimuts des observations effectuées sur le pilier de bois ont été aussi exacts qu'avec des piliers maçonnés. Nous avons ainsi acquis la conviction que, contrairement aux opinions émises jusqu'ici, il n'est pas nécessaire de pourvoir le pilier d'une fondation profonde. Il va sans dire qu'il faudra éviter d'ébranler le sol dans le voisinage immédiat du pilier.

Enregistrement des passages au moyen d'ondulateurs. Pour les stations prévues sur le terrain, on ne pouvait pas envisager d'utiliser les chronographes de FUESS à pointes et à poids, que la Commission géodésique suisse a employés jusqu'ici pour l'enregistrement des passages et des signaux

horaires; ces chronographes sont trop lourds; et, d'autre part, leur fonctionnement exige de forts courants, de sorte que pour chaque pointe il faut installer deux circuits séparés par un relais. Il est évident que, pour de fréquents changements de station, une telle installation est trop compliquée.

On a alors envisagé d'utiliser des onduleurs à plumes de la « Grosse Nordische Telegraphengesellschaft » (Copenhague). Ces appareils fonctionnent avec une sécurité suffisante avec un courant de 1 milliampère seulement. En plus de leur légèreté, ils offrent encore deux avantages importants: les deux dangereuses sources d'erreurs, que sont la parallaxe des points et le temps de réaction des relais, sont éliminées. Comme ces erreurs interviennent avec pleine efficacité dans les observations pour les déterminations absolues de longitude, leur élimination complète est particulièrement heureuse.

Des recherches spéciales ont montré que l'onduleur est supérieur au chronographe, tant en ce qui concerne la constance du mouvement de la bande qu'en ce qui concerne l'enregistrement des signaux horaires.

Montres. Les changements rapides de stations excluent l'emploi des pendules. Pour actionner à distance les onduleurs, il faudrait une installation émettrice que nous ne possédons pas. Il ne restait rien d'autre à faire qu'à essayer si l'on pouvait obtenir des résultats suffisamment exacts avec des chronomètres. Pour ces recherches, nous disposons de deux chronomètres de bord de Nardin. Les essais ont porté sur différentes questions; nous résumons ci-après les résultats.

- 1° La marche des chronomètres n'a présenté aucun changement lors de la mise en circuit de l'enregistrement, à la condition que les chronomètres aient été remontés peu de temps auparavant. Par contre, si la mise en circuit a lieu une vingtaine d'heures après le remontage, les deux chronomètres subissent un retard supérieur à 0^s,1. Il est donc nécessaire de remonter les chronomètres avant le début des observations.
- 2° Pendant les transports (mouvement, ébranlement), la marche des chronomètres est ralentie. Le retard est plus petit lorsque le chronomètre vient d'être remonté que pour un chronomètre presque complètement détendu. Dès le retour à la position de repos, les chronomètres reprennent leur marche normale.
- 3° Les changements d'état seront considérés comme linéaires pendant un intervalle de 2 à 3 heures.
- 4° Des modifications de température de plusieurs degrés pendant une détermination horaire d'une durée de 2 à 3 heures n'ont aucune influence sensible sur la variation linéaire de l'état des chronomètres.

On peut conclure de ces résultats que les chronomètres de bord conviennent très bien pour les observations, pourvu que celles-ci soient comprises entre deux enregistrements de signaux horaires distants de trois heures au plus. Les émissions de signaux de Bordeaux (FYL, 20 h. temps moyen de Greenwich) et Paris (FLE, 22 h. ½) remplissent cette condition.

Détermination de l'état des chronomètres par TSF. Pour simplifier et alléger le plus possible l'installation de la station, on a tenté de se passer de l'enregistrement des signaux. Pour la réception de ceux-ci, on a envisagé l'audition de coïncidences d'après la méthode de HÄNNI. Si la montre est réglée sur le temps moyen, les coïncidences se produisent toujours à la même seconde de chaque

minute (en général 5, exceptionnellement 6); cela présente des inconvénients au point de vue de l'observation, et peut exceptionnellement empêcher celle-ci. M. le Professeur Dr C. F. BÆSCHLIN a proposé de régler la marche de la montre de telle façon que l'intervalle entre deux coïncidences diffère de $n^s,2$ de 60^s . En tenant compte des propriétés particulières du chronomètre à disposition, on a choisi la valeur $58^s,8$ pour l'intervalle entre deux coïncidences successives, ce qui correspond à une marche journalière de $-28^s,9$.

A chaque coïncidence, on observe le premier signal audible. La valeur observée est exprimée en secondes rondes. En général, l'intervalle entre deux observations de coïncidences est de 59^s ; mais il y a des cas où il ne vaut que 58^s . D'après la position de ce saut de 1^s dans la suite des coïncidences observées, on déterminé la fraction de seconde à ajouter au nombre entier de secondes. D'après ce procédé, l'erreur maximum d'une observation de coïncidence est de $0^s,1$, ce qui fait $0^s,002$ pour l'état de la montre.

On a recherché expérimentalement si cette grande exactitude théorique dans la détermination de l'état du chronomètre est vérifiée. On a enregistré les signaux horaires à l'aide d'un chronomètre sidéral, avec le dispositif de réception décrit dans le rapport pour l'assemblée de Prague (1927), et avec un onduleur. En même temps, on a écouté les coïncidences avec un second récepteur et un chronomètre réglé, comme il a été dit plus haut. Les deux chronomètres ont été comparés l'un à l'autre, avant et après la réception des signaux, à l'aide de l'onduleur. Les résultats de ces recherches sont résumés ci-après:

- 1° L'instant du signal $153\frac{1}{2}$ est apprécié, par la méthode des coïncidences, quelques millièmes de secondes plus tard que la valeur enregistrée.
- 2° Le montant de ce retard est une caractéristique de chaque observateur.
- 3° Le retard est fonction de la pureté de la réception des signaux; des perturbations dans celle-ci provoquent un accroissement du retard.
- 4° L'écart moyen des retards des réceptions prises individuellement, par rapport à la moyenne des retards, est d'environ $\pm 0^s,005$.

On peut conclure de ces expériences que, avec une bonne réception des signaux, la méthode de HÄNNI améliorée satisfait aux exigences d'exactitude pour la détermination de l'heure par TSF; l'enregistrement des signaux est donc superflu.

Remarques finales. Les résultats des recherches obtenus jusqu'ici conduisent à établir le programme suivant: Dans chaque soirée d'observation, on observera les émissions de Bordeaux-Lafayette (FYL) et Paris (FLE). Entre les deux réceptions, on effectuera une détermination de l'heure par la méthode méridienne. Le nombre des étoiles à observer par soirée de travail sera fixé par des recherches non encore exécutées sur l'exactitude des résultats; il en est de même du nombre de soirées d'observation pour chaque station. Avant les observations aux stations et après les opérations, on fera de telles observations en une station de référence (Zurich).

En résumé, on peut dire ce qui suit de l'installation: Comme instrument d'observation, on prendra un instrument des passages de Bamberg. Celui-ci sera installé sur un pilier de bois transportable. Les enregistrements se feront au moyen d'un onduleur. Comme montre d'observation, on prendra un chronomètre de bord de NARDIN. Pour observer les coïncidences, un second chronomètre sera nécessaire. Les deux chronomètres seront comparés entre eux à l'aide de l'onduleur.

L'installation sera protégée par une cabane fermée transportable; le toit, en toile de bâche, est enlevé pendant les observations.

Malgré la plus sévère compression, le poids de l'équipement total est considérable:

Instrument des passages	250 kg
Pilier	100 »
Récepteur de TSF avec piles	70 »
Ondulateur, installation électrique	50 »
Outils et divers	80 »
Cabane	450 »

Total 1000 kg

L'équipement pour l'observation du nivellement dans le méridien du St-Gothard (Astrolabe) pesait environ 100 kg. L'emploi de l'astrolabe pour les déterminations de l'heure n'est cependant pas recommandable, à cause de son exactitude douteuse et des longs calculs qu'il exige.