Les bases géodésiques de la mensuration en Suisse

Autor(en): **Zoelly, H.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **74 (1948)**

Heft 26

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-56047

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

74e année 18 décembre 1948 N° 26

BULLETIN TECHNIQUE
DE LA SUISSE ROMANDE

Paraissant tous les 15 jours

ABONNEMENTS :
Suisse : 1 an, 20 francs
Etranger : 25 francs
Pour sociétaires :
Suisse : 1 an, 17 francs
Etranger : 22 francs
Pour les abonnements s'adresser à la librairie
F. ROUGE & Cie
à Lausanne
Prix du numéro :
1 Fr. 25

Organe de la Société suisse des ingénieurs et des architectes, des Sociétés vaudoise et genevoise des ingénieurs et des architectes, de l'Association des anciens élèves de l'Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne et des Groupes romands des anciens élèves de l'Ecole polytechnique fédérale.

COMITÉ DE PATRONAGE. — Président : R. NEESER, ingénieur, à Genève ; Vice-président : G. EPITAUX, architecte, à Lausanne ; secrétaire : J. CALAME, ingénieur, à Genève. Membres : *Fribourg :* MM. † L. HERTLING, architecte ; P. JOYE, professeur ; *Vaud :* MM. F. CHENAUX, ingénieur ; † E. ELSKES, ingénieur ; E. D'OKOLSKI, architecte ; A. PARIS, ingénieur ; CH. THÉVENAZ, architecte ; *Genève :* MM. L. ARCHINARD, ingénieur ; E. MARTIN, architecte ; E. ODIER, architecte ; *Neuchâtel :* MM. J. BÉGUIN, architecte ; G. FURTER, ingénieur ; R. GUYE, ingénieur ; *Valais :* MM. J. DUBUIS, ingénieur ; D. BURGENER, architecte.

Rédaction : D. BONNARD, ingénieur. Case postale Chauderon 475, LAUSANNE

TARIF DES ANNONCES
Le millimètre
larg. 47 mm.) 20 cts.
Réclames : 60 cts. le mm.
(largeur 95 mm.)
Rabais pour annonces répétées
ANNONCES SUISSES S.A.
5, Rue Centrale
Tél. 2 33 26
LAUSANNE
et Succursales

CONSEIL D'ADMINISTRATION DE LA SOCIÉTÉ ANONYME DU BULLETIN TECHNIQUE
A. STUCKY, ingénieur, président ; M. BRIDEL ; G. EPITAUX, architecte ; R. NEESER, ingénieur.

SOMMAIRE : *Les bases géodésiques de la mensuration en Suisse*, par M. le Dr h. c. H. ZOELLY, ancien ingénieur en chef du Service topographique fédéral. — *La cathédrale de Lausanne, sanctuaire protestant*, par MARCEL-D. MUELLER, architecte S. I. A. — DIVERS : *L'ingénieur-Constructeur*. — BIBLIOGRAPHIE. — CARNET DES CONCOURS. — SERVICE DE PLACEMENT.

Les bases géodésiques de la mensuration en Suisse

Dr h. c. H. ZOELLY, ancien ingénieur en chef du Service topographique fédéral [1]

A l'heure actuelle, lorsqu'il s'agit d'établir un projet technique quelconque, on considère comme tout naturel d'avoir à sa disposition toutes les bases géodésiques. Il suffit de s'adresser par lettre ou par téléphone à l'office compétent pour en recevoir, par retour du courrier, les coordonnées, altitudes et protocoles de repèrement. Dans le passé, il en était tout autrement.

C'est pourquoi il n'est pas inutile de rappeler à l'ingénieur et au géomètre que la triangulation actuelle, quoique ayant un aspect bien homogène, n'est en réalité qu'un amalgame de réseaux partiels établis à des époques et dans des conditions différentes.

Première période

Les *premiers* travaux géodésiques ont été exécutés par la *Commission géodésique suisse*, instituée par la Société helvétique des Sciences naturelles en 1861. Ces travaux comprenaient les mesures des bases, une partie de la triangulation de premier ordre, la détermination de la latitude du point fondamental et de l'azimut d'un côté de triangle, et les déterminations d'altitudes. Dans la première séance du 11 avril 1862, sous la présidence d'honneur du général Dufour et la présidence effective du professeur Dr R. Wolf, de l'Ecole polytechnique de Zurich, la triangulation primordiale de 1838 ayant servi de base à l'établissement de la carte Dufour au 1 : 100 000 n'a pas été acceptée comme triangulation fondamentale. Ce rejet est dû à une intervention du général Dufour, qui a démontré que ce réseau primordial ne répondait pas aux exigences scientifiques de l'avenir. L'ingénieur en chef Denzler reçut l'ordre d'étudier et d'élaborer un nouveau réseau qui assurerait, en outre, le rattachement aux réseaux de triangulation des pays voisins. Ce nouveau réseau, complété au cours des années par les réseaux de rattachement des observatoires de Genève, Neuchâtel, Berne et Zurich, est représenté à la figure 1.

Une chaîne de triangles couvre la partie sud du Jura et le Plateau suisse entre Genève et le lac de Constance, cependant qu'une seconde chaîne étroite traverse les Alpes afin d'établir le rattachement avec le réseau italien. Nous constatons que ce réseau ne constitue pas une solution générale et définitive, du fait qu'il ne couvre ni la Suisse orientale, ni l'Oberland bernois, ni le Valais. Les angles ont été observés au cours d'une période de vingt-cinq ans, de 1854 à 1879, en utilisant des théodolites à répétition de construction allemande et suisse et d'après différentes méthodes, ce qui explique le manque d'homogénéité du réseau. Ces mesures étaient échelonnées sur une période beaucoup trop longue ; en outre, elles ont dû être répétées souvent pour cause de signaux détériorés et de grosses erreurs de fermeture des triangles. Ce n'est que grâce aux ordres du colonel Siegfried que l'on obtint, de 1874 à 1879, des résultats plus satisfaisants en utilisant des signaux constitués par des héliotropes. Le meilleur moyen d'estimer la précision consiste à recourir aux erreurs de fermeture des triangles. L'application de la formule internationale de Ferrero a fourni les valeurs suivantes :

[1] Conférence donnée le 4 décembre 1948, en l'Aula de l'*Ecole polytechnique de l'Université de Lausanne*.

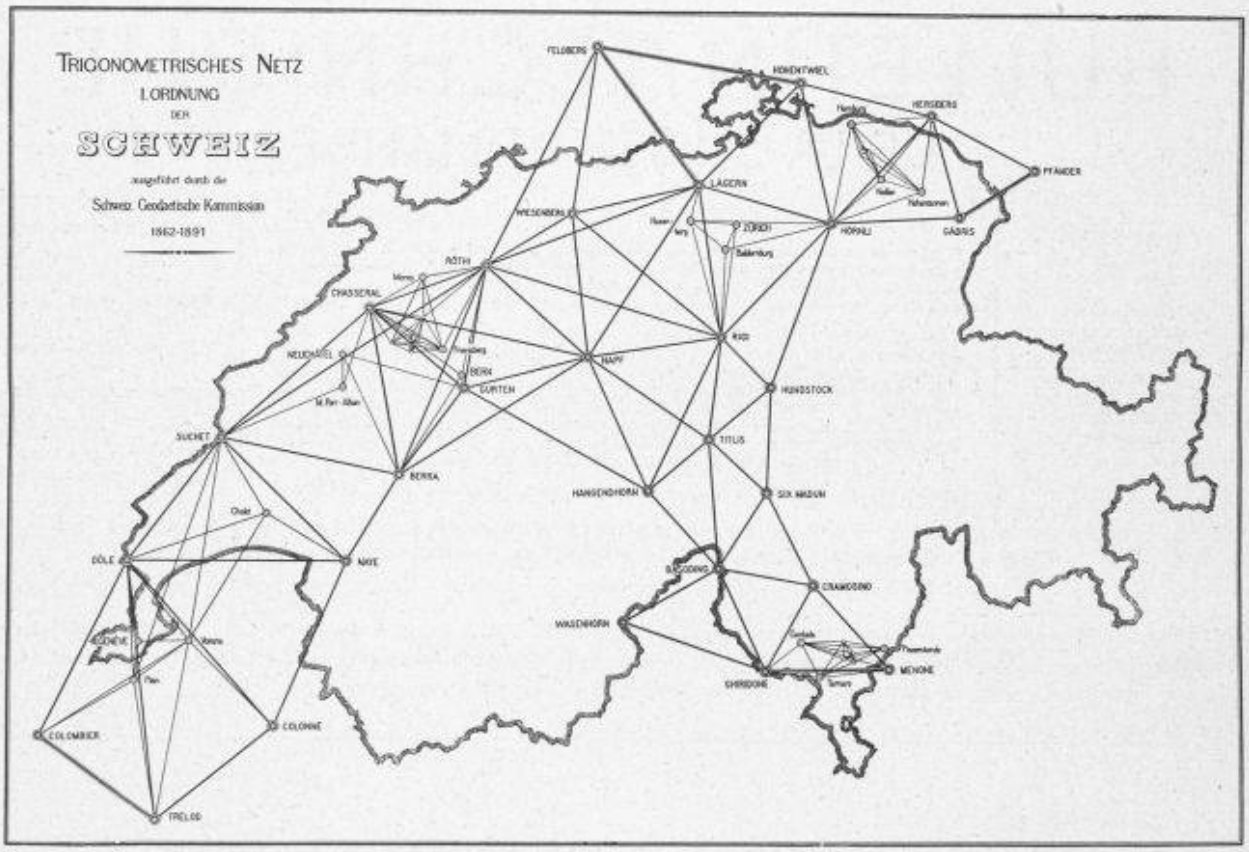

Fig. 1.

	Nombre de triangles	*Erreur moyenne de fermeture*	*Erreur moyenne d'un angle*
Réseau complet . .	51	1",49 sex.	0",86 sex.
Réseau du Plateau *	15	1",47	0",85
Réseau du passage des Alpes	14	1",89	1",09

* Sans Feldberg, Trélod, Colombier, Gäbris et Pfänder.

La plus grande erreur de fermeture est présentée par le triangle Basodino-Gridone-Wasenhorn et se montait à + 3",17 sex.

Un *second* groupe de travaux géodésiques a été exécuté par le professeur Plantamour, à savoir la jonction astronomique du point origine de notre triangulation, représenté par le cercle méridien de l'Observatoire de Berne. L'azimut du côté Berne-Gurten (paratonnerre) a été observé du 29 juin au 13 août 1869 ; sa valeur est de 180° 0' 37",59 ± 0",23 sex. En utilisant les observations faites en 1876 par l'ingénieur Jacky sur le point-origine, l'azimut définitif du côté de premier ordre *Berne-Chasseral* a été fixé à 305° 11' 33",23 ± 0",82. En 1836, l'azimut de ce même côté, utilisé pour orienter la triangulation primordiale, avait été fixé à 305° 11' 34",4. Le professeur Plantamour détermina également la latitude de l'origine. Ses observations s'échelonnèrent sur 13 nuits, entre le 26 juillet et le 13 août 1869, et lui fournirent la valeur de 46° 57' 8",66 ± 0",15, cependant que Dufour avait trouvé la valeur de 46° 57' 6",02 en 1836.

La longitude de l'origine a été fixée à 0°.

Le *troisième* groupe de travaux géodésiques comprenait les mesures des bases, exécutées en 1880 et 1881 sous les ordres du professeur Hirsch et du colonel Dumur, alors chef du Bureau topographique. Afin d'assurer pour tout le réseau la meilleure longueur possible aux côtés des triangles, on a choisi trois bases : la première, près d'Aarberg, dont le réseau de rattachement présente la meilleure forme ; la seconde, à Weinfelden, avec un réseau de rattachement moins bien conformé ; enfin la troisième, dans la plaine de Magadino, pour laquelle le report des longueurs était le moins favorable par suite des déviations de la verticale. Les trois bases ont été mesurées à l'aide de l'appareil de Brunner, obligeamment prêté à la Commission géodésique par le Gouvernement espagnol. Le général Ibañez, chef du Service géographique de l'armée à Madrid, qui s'était offert de venir mesurer la première base avec son personnel qualifié, mesura la base d'Aarberg, une fois dans chaque direction, du 22 au 27 août 1880. Une troisième mesure a été faite du 28 août au 1er septembre 1880 par l'équipe suisse, instruite lors des deux premières mesures. Cette équipe suisse mesura ensuite la base de Weinfelden du 1er au 8 juillet 1881, et celle de Bellinzone du 15 au 23 juillet de la même année. En voici les résultats :

Base	*Longueur définitive mesurée*	*Erreur probable*	*Incertitude*
Aarberg	2400,1112	± 0,9 mm	1 : 2 700 000
Weinfelden . .	2540,3353	± 1,3 mm	1 : 1 196 000
Bellinzone . . .	3200,4084	± 1,3 mm	1 : 2 460 000

Le *quatrième* groupe de travaux géodésiques exécutés sur le terrain concernait la mesure des angles des réseaux rattachant les bases à la triangulation de premier ordre. Ces réseaux sont également représentés à la figure 1. Le réseau de rattachement de la base d'*Aarberg* est représenté à une échelle plus grande à la figure 2.

Les observations du réseau d'Aarberg ne présentèrent aucune difficulté. En revanche, celles du réseau de Weinfelden firent apparaître des erreurs de fermeture trop grandes

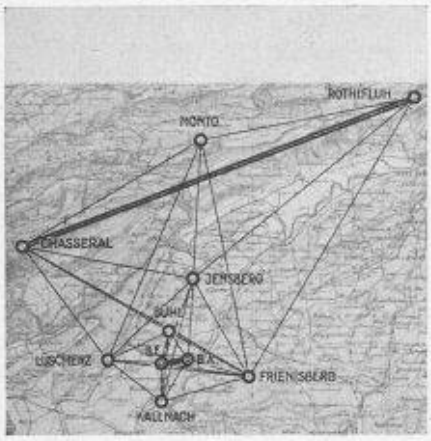

Fig. 2.

qui nécessitèrent une répétition des mesures en 1887. Les mesures de rattachement de la base de Bellinzone ont tout d'abord été exécutées de nuit. Mais les erreurs de fermeture des triangles étaient si grandes qu'elles ne pouvaient être expliquées que par des réfractions latérales et par des déviations de la verticale. Il fut alors décidé de procéder aux mesures d'angles pendant la journée, et de mesurer la latitude et l'azimut sur quatre points, afin de pouvoir déterminer la déviation de la verticale et réduire les angles observés.

Les calculs ont été basés sur les résultats de ces quatre groupes de travaux. Tout d'abord, on compensa le réseau des triangles de premier ordre. Cette compensation a été effectuée d'un seul jet pour les vingt-huit points du réseau, au cours des années 1880 à 1882, par l'ingénieur Koppe. Le nombre des équations aux angles se montait à quarante, celui des équations aux côtés à treize. L'erreur moyenne d'une direction après la compensation atteignait $\pm 0'',90$ sex. La compensation des réseaux de rattachement des observatoires a été effectuée par l'ingénieur Scheiblauer en 1883. Les longueurs définitives des côtés et les coordonnées géographiques des points du réseau de premier ordre et des réseaux de rattachement ont été calculées par le Dr Messerschmitt. A cet effet, il a utilisé les valeurs citées précédemment pour la longitude et la latitude de Berne, et pour l'azimut Berne-Chasseral, l'ellipsoïde de Bessel avec log a=6,804 6434.637 et les longueurs suivantes résultant de la compensation des réseaux des bases

log Chasseral-Röthi 4,581 2606'8 = 38 129,46 m
log Hörnli-Hersberg 4,654 5710'7 = 45 140,99 m
log Gridone-Menone 4,584 1852'2 = 38 387,09 m

A l'aide de ces éléments fondamentaux ont été calculés les azimuts géographiques, les longueurs des côtés, les coordonnées géographiques des points de premier ordre, résultats publiés en 1890 dans le volume V de la Commission géodésique suisse. Il était dès lors loisible de calculer, dans un système de projection quelconque, les coordonnées planes y et x de n'importe quel point de triangulation. Seule la troisième coordonnée, l'*altitude*, faisait encore défaut.

La détermination des altitudes est également due aux efforts de la Commission géodésique suisse qui, sous les ordres des professeurs Hirsch et Plantamour, fit exécuter le *Nivellement de Précision* de 1865 à 1887, dont le réseau est représenté à la figure 3.

Les premiers nivellements s'étendent tout d'abord aux environs de Neuchâtel, y compris la ligne de rattachement du signal trigonométrique du Chasseral. Les instruments sont des niveaux Kern d'Aarau, construits spécialement, et des mires en bois sec, très soigneusement divisées. Les lignes du

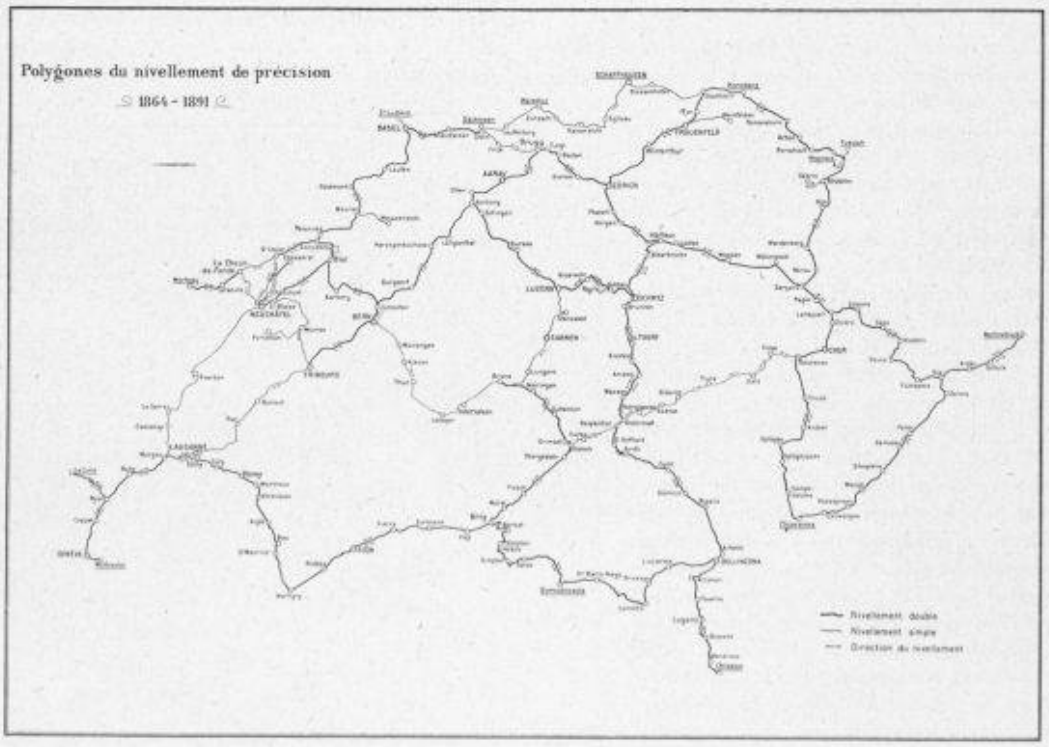

Fig. 3.

réseau représentées à la figure 3 furent successivement nivelées de 1865 à 1887 d'après des instructions précises. Certaines lignes ne furent nivelées qu'une fois, d'autres deux fois, et quelques-unes trois fois. La longueur totale de toutes les lignes nivelées atteint 4300 km, comprenant 2200 repères principaux et secondaires. Les résultats ont été publiés dans les livraisons I à X du *Nivellement de Précision*, éditées par la Commission géodésique suisse. Les altitudes étaient qualifiées de provisoires, du fait que la dixième livraison, dite *Catalogue des Hauteurs suisses*, ne contenait que des hauteurs rapportées à la Pierre du Niton et qu'on avait l'espoir de voir se créer un repère international de référence dans un proche avenir.

Déjà en 1878, le Département fédéral de l'intérieur avait demandé à la Commission géodésique suisse que soient publiées des hauteurs compensées, rapportées au niveau de la mer, en prévision de la réorganisation prochaine du Service hydrométrique. Après une compensation provisoire, le professeur Plantamour mit les résultats à la disposition du colonel Siegfried qui les publia en 1879 sous le titre *Registre des repères du Nivellement de Précision de la Suisse*.

Tenant compte du caractère provisoire de ce registre, on reprit sans modification la valeur déterminée par Eschmann en 1840 pour le signal du Chasseral, soit 1609,57 m. La différence de niveau de 1232,71 m entre la Pierre du Niton et le Chasseral fut également reprise telle qu'elle figure à la page 156 du *Nivellement de Précision*. On obtint ainsi pour l'altitude de la Pierre du Niton la valeur

$$1609{,}57 \text{ m} - 1232{,}71 \text{ m} = 376{,}86 \text{ m}.$$

Ce chiffre est l'altitude officielle de la carte Siegfried que l'on appelle aujourd'hui *ancien horizon*.

Le volume X du *Nivellement de Précision* contient les hauteurs compensées par l'ingénieur Scheiblauer, rapportées à la Pierre du Niton. L'erreur moyenne kilométrique d'une ligne nivelée deux fois se monte à $\pm$ 3,8 mm.

Deuxième période

Le second groupe de travaux géodésiques qui, aujourd'hui encore, du moins partiellement, sert de base à la mensuration, comprenait les triangulations de deuxième et troisième ordre. Ces triangulations, établies par les cantons, servirent de base à l'établissement de l'atlas Siegfried et des mensurations cadastrales et forestières de 1865 à 1910. De même les nivellements exécutés de 1893 à 1902 constituent les bases altimétriques des travaux actuels.

Les triangulations de deuxième et troisième ordre ont été exécutées sous les ordres du Bureau topographique fédéral, installé à Berne depuis 1865. Le colonel Siegfried dirigea le Bureau topographique jusqu'en 1879. Il fut remplacé de 1880 à 1882 par le colonel Dumur, puis le colonel Lochmann lui succéda de 1882 à 1890. Les colonels Dumur et Lochmann revêtaient la charge de chef du génie du Département militaire fédéral. Seules les triangulations des cantons de Soleure et d'Argovie ont été dirigées par des fonctionnaires cantonaux.

Les bases légales pour l'établissement des travaux trigonométriques de cette époque comprenaient les deux lois de 1868 concernant la publication et la continuation des levés topographiques, la loi forestière de 1878 et les arrêtés de 1878 et de 1903 concernant la correction, le complétement et le repérage des triangulations dans la zone forestière fédérale.

En troisième lieu, citons les lois cantonales qui ordonnaient l'établissement de triangulations devant servir de bases aux mensurations cadastrales.

Les triangulations cantonales de deuxième et troisième ordre s'étendaient naturellement à l'ensemble du territoire suisse, puisqu'elles étaient avant tout destinées à l'établissement d'une carte au 1 : 50 000 dans les parties montagneuses et d'une carte au 1 : 25 000 dans le Plateau et le Jura. La zone forestière fédérale ne comprenait tout d'abord que les forêts des Préalpes et des Alpes. La précision exigée pour la mensuration des forêts était évidemment plus grande que celle exigée pour la carte. Les triangulations établies par ceux des cantons qui voulaient les utiliser pour les mensurations cadastrales étaient soumises à des prescriptions encore plus sévères.

Les travaux trigonométriques destinés à la confection de la carte s'appuyaient en partie sur les résultats de la triangulation primordiale de Dufour, du fait que ceux de la Commission géodésique n'étaient pas encore disponibles ou seulement sous forme de résultats provisoires. La plupart de ces travaux ont été exécutés canton par canton ; seul le réseau Sud-Est s'étendait à toute la Suisse orientale, région non couverte par le réseau de premier ordre de la Commission géodésique (voir fig. 4).

Il est impossible, dans le cadre de cet exposé, de donner des détails concernant les méthodes utilisées, l'ampleur des mesures et la précision des résultats. On peut dire que les résultats, à de rares exceptions près, suffisaient pour le but qu'on s'était proposé, c'est-à-dire l'établissement d'une carte à petite échelle, mais qu'ils étaient insuffisants pour des mensurations modernes et, à plus forte raison, pour la mensuration cadastrale. En outre, ce qui était plus grave, le repérage des points trigonométriques était défectueux. On dut se résoudre à refaire ces travaux. En particulier les triangulations de toute la Suisse centrale, de Neuchâtel, du Jura bernois, de Bâle, Schaffhouse, Zurich et Thurgovie furent considérées comme insuffisantes. Du grand réseau Sud-Est de la Suisse, on ne put conserver que les coordonnées, transformées dans le système de projection moderne, des

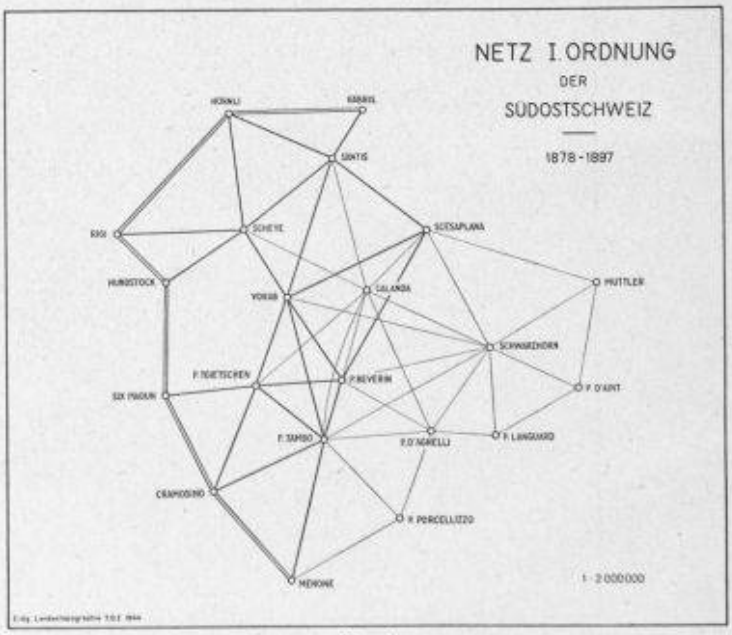

Fig. 4.

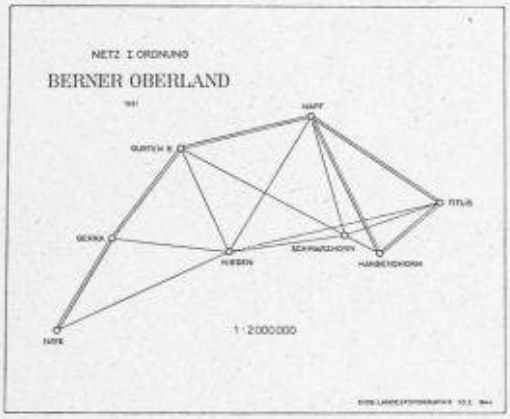

Fig. 5.

points du premier ordre Säntis et Gäbris et le réseau bien construit de la triangulation pour les mensurations forestières des deux demi-cantons d'Appenzell.

Les triangulations pour les *mensurations forestières* qui avaient été établies au XIXe siècle et qui étaient en partie identiques aux triangulations ayant servi aux besoins de la carte ne satisfaisaient pas non plus aux exigences modernes. Du réseau de l'Oberland bernois (fig. 5), par exemple, on ne put conserver que les coordonnées du Niesen et de quelques points de quatrième ordre ayant servi à la mensuration de la commune d'Erlenbach i/S.

Le réseau du premier ordre du canton du Valais, qui servit de base aux mensurations forestières et qui avait couvert la lacune du réseau de la Commission géodésique, s'avéra aussi comme insuffisant et dut être refait complètement.

En ce qui concerne les triangulations exécutées pour les *mensurations cadastrales*, on doit faire une distinction entre celles dont le repérage avait complètement disparu et celles qui existaient encore et servaient à la mise à jour des mensurations reconnues provisoirement. Au commencement du XXe siècle, il ne subsistait presque plus rien des triangulations cadastrales des cantons de Neuchâtel, de Soleure et du Jura bernois. Les mensurations basées sur ces triangulations disparues furent, par contre, reconnues provisoirement et sont mises à jour par rattachement aux points des polygonales et aux bornes-limites encore existants. Tous les remaniements parcellaires et les nouvelles mensurations cadastrales des communes de ces régions doivent être basés sur la triangulation moderne dont nous parlerons plus tard.

Dans les cantons où le repérage de la triangulation cadastrale existe encore, comme par exemple en Argovie et dans le Plateau bernois, les points trigonométriques, calculés dans l'ancien système de projection, continuent à servir de base à la mise à jour de la mensuration ; ils ne peuvent toutefois plus être utilisés pour les remaniements parcellaires et les nouvelles mensurations.

Les triangulations du premier au troisième ordre établies dans les cantons de Fribourg, Zurich et Tessin devaient servir de base aussi bien à l'établissement de la carte qu'aux mensurations forestières et cadastrales. Calculées dans des systèmes de projection spéciaux, elles suffirent aux besoins de la carte et de la mensuration forestière. Pour satisfaire, par contre, aux exigences d'une triangulation cadastrale moderne, elles durent être refondues si radicalement qu'elles ne conservèrent, pour finir, presque plus rien de leur état primitif.

Il en fut autrement des triangulations de Bâle-Ville, Bâle-Campagne, Genève, Vaud et Saint-Gall - Appenzell qui, dès la fin du siècle dernier, furent l'objet de remaniements importants. La triangulation de Bâle se distingue particulièrement par son repérage impeccable ; par contre, elle fut disposée d'après l'ancienne méthode de triangles et calculée dans un système de projection particulier. Les triangulations de Genève, Vaud et Saint-Gall - Appenzell furent révisées de la même manière. Nous parlerons plus tard de leur utilisation pour l'établissement des triangulations modernes de ces régions.

Indépendamment de ces triangulations cantonales, il existait pour la mensuration des grandes villes de Zurich, Saint-Gall et Lucerne des triangulations spéciales. Elles se basaient sur le réseau du premier ordre de la Commission géodésique avec une projection spéciale et avaient chacune, pour les altitudes, un horizon particulier. Ces triangulations jouent aujourd'hui encore un certain rôle.

L'esprit fédéraliste, l'influence de la Commission géodésique et de quelques-uns de ses membres devaient conduire fatalement à une décentralisation successive des travaux géodésiques. La multiplicité des systèmes de projection et des horizons de référence, l'emploi simultané de longueurs provisoires et définitives de la triangulation du premier ordre de la Commission géodésique furent les causes de nombreuses confusions et nuisirent à l'utilisation d'ensemble de ces travaux.

Dans le cours des années, on avait constaté qu'un certain nombre de repères du nivellement fédéral, placés par les organes de la Commission géodésique, avaient disparu. Après une révision approfondie, exécutée en 1886 par les ingénieurs du Bureau topographique, on dut se rendre à l'évidence que l'état du repérage du nivellement fédéral était pire qu'on l'avait supposé ; le 37 % des repères avaient ou totalement disparu ou étaient en péril de destruction. En 1893, le Bureau topographique se décida enfin à remédier à cet état de choses en refaisant le repérage à neuf. Toutes les lignes du nivellement de la Commission géodésique furent revues minutieusement, les repères disparus ou menacés de destruction furent remplacés ; aux anciens points fixes, on ajouta de nouveaux repères auxiliaires pour obtenir un repérage par groupes. Sous la direction du Dr Hilfiker, on nivela à nouveau une grande partie des lignes d'après de nouvelles instructions et en utilisant de nouveaux instruments et des mires portant une division millimétrique. Ce nouveau nivellement fut terminé en 1902 et désigné sous le nom de *nivellement de repérage*.

Les résultats de quarante-neuf nouveaux nivellements et nivellements de contrôle s'étendant sur tout le territoire de la Suisse furent publiés dans les dix-sept livraisons sous le titre : *Die Fixpunkte des schweizerischen Nivellements und Nachträge 1894-1907*. Les hauteurs données se rapportent au repère de la Pierre du Niton comme point d'origine de hauteur zéro ; elles ne sont donc pas des altitudes au-dessus du niveau de la mer.

Troisième période

Entre temps, nous sommes arrivés au début du XXe siècle, moment où de nouvelles tâches surgissaient — l'établissement de la mensuration cadastrale et de la nouvelle carte nationale — pour lesquelles il était nécessaire de préparer de nouvelles bases géodésiques. Ce fut pour notre pays une bonne fortune qu'à cette époque, le 1er janvier 1901, Leonz Held — homme qui non seulement possédait à fond les connaissances professionnelles, mais qui avait fait preuve de

jugement — fut nommé directeur du Service topographique fédéral. Les premières dispositions qu'il prit, montraient déjà clairement les buts qu'il s'était assignés.

Nous avons déjà constaté qu'à la fin de la deuxième période, les triangulations cantonales et communales étaient basées sur différents systèmes de projection et horizons de référence choisis quelque peu au hasard. Dans l'intention de remédier à cet état de choses, Held chargea ses collaborateurs, les ingénieurs Max Rosenmund et Dr J. Hilfiker, d'étudier le choix d'un système de projection unique, approprié aux futurs travaux de triangulation, et celui d'un seul horizon de référence pour les altitudes de toute la Suisse.

Les efforts de Held ne tardèrent pas à se manifester.

En 1902 parut le travail du Dr Hilfiker *Untersuchung über die Höhenverhältnisse der Schweiz.* Dans cet ouvrage, le Dr Hilfiker traite d'une manière approfondie les relations connues au commencement du XXe siècle entre les altitudes moyennes du niveau des mers des pays voisins, la précision obtenue dans tous les nivellements exécutés jusqu'alors et les possibilités de rattacher les altitudes publiées par les pays voisins à celles de notre pays. Contrairement à l'avis du professeur Hirsch, le Dr Hilfiker propose de ne pas attendre une décision ultérieure sur le choix d'un repère de référence international. Il insiste pour quiune décision soit prise sans tarder pour le réseau hydrométrique de la Suisse. Sa proposition était la suivante :

L'horizon de référence du réseau hydrométrique de la Suisse correspondra au niveau moyen de la mer Méditerranée dans le port de Marseille, d'après les observations faites aux maréographes jusquiau 1er juin 1900. Partant de ce zéro de référence, l'altitude du repère de la Pierre du Niton sera fixée à *373,600 m.*

En se basant sur ses recherches, le Dr Hilfiker évalue à ± 7 cm l'erreur moyenne de cette nouvelle altitude du repère de la Pierre du Niton. L'horizon proposé par le Dr Hilfiker fut admis définitivement et désigné sous le nom de *nouvel horizon* par rapport à l'*ancien horizon* défini plus haut. La nouvelle altitude du repère de la Pierre du Niton est 3,26 m plus petite que l'ancienne.

Peu de temps après, en 1903, parut la publication de l'ingénieur Rosenmund : *Die Aenderung des Projektionssystems der schweizerischen Landesvermessung.* Dans cet ouvrage remarquable, Rosenmund donne premièrement un aperçu historique des systèmes de projection adoptés jusqu'alors comme bases des travaux cartographiques de la Suisse et des autres Etats ; puis il examine les systèmes de projection spécialement appropriés aux mensurations de notre pays et propose, en conclusion de ses recherches, de choisir comme nouveau système la *projection conforme cylindrique à axe oblique.* L'origine des coordonnées est conservée. C'est la marque méridienne (ancien centre) de l'Observatoire de Berne ayant comme longitude 0° et comme latitude 46° 57' 8",660, valeur observée en 1869 par Plantamour. L'azimut de rattachement Berne-Chasseral a pour valeur 305° 11' 33",23 (fig. 6).

Le système de projection conforme cylindrique à axe oblique a l'avantage de conserver les angles mais l'inconvénient d'agrandir les longueurs. D'autre part, les longueurs mesurées sont raccourcies par leur projection au niveau de la mer. Il résulte du calcul de l'altération des longueurs, effectué pour les différentes régions de notre pays, qu'une distance de 1 km est altérée de 1 dm au maximum. Cette altération est même inférieure à la tolérance de précision exigée pour la mensuration des villes.

Le système de projection proposé par Rosenmund fut

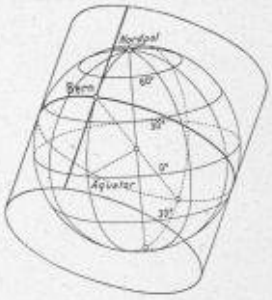

Fig. 6.
Projection cylindrique conforme à axe oblique.

Le cylindre est tangent à la sphère le long du grand cercle qui passe par Berne et qui coupe le méridien de Berne sous un angle droit.

reconnu comme étant celui s'adaptant le mieux aux mensurations de notre pays et fut définitivement admis. Les ingénieurs Rosenmund et Leutenegger ont ensuite établi les formules, tables et exemples servant aux calculs géodésiques dans ce système de projection. Nous avons dès lors un système de projection unique pour tous les travaux géodésiques sur lesquels se basent les mensurations actuelles de toute la Suisse.

L'introduction du Code civil suisse, sanctionnée par la votation du 10 décembre 1907, fut un pas marquant dans notre législation et permit l'exécution rapide des nouvelles bases géodésiques de la Suisse. La conséquence immédiate de cette loi fut la création du registre foncier fédéral destiné à protéger la propriété foncière. L'article 950 du Code civil suisse stipule :

« L'immatriculation et la description de chaque immeuble au registre foncier s'opèrent d'après un plan dressé, dans la règle, sur la base de la mensuration officielle. »

En 1909, le Département de justice et police convoqua une commission chargée d'étudier sur quelles bases géodésiques les nouvelles mensurations cadastrales devaient être établies. Après trois séances, la majorité de cette commission décida que le réseau de triangulation de la Commission géodésique constituait une base suffisante pour l'établissement de la mensuration cadastrale destinée au registre foncier. Elle décida en outre que tous les résultats des triangulations existantes, remplissant les conditions nécessaires, devraient être transformés dans le système unique de projection conforme cylindrique à axe oblique, proposé en 1903 par l'ingénieur Rosenmund. La minorité de la commission, M. le professeur Baeschlin, émit l'avis que le réseau de triangulation de la Commission géodésique ne répondait pas aux exigences modernes et qu'il était nécessaire de créer une nouvelle triangulation du premier ordre. Nous verrons, dans la conclusion de notre exposé, jusqu'à quel point cette opinion était fondée.

Les décisions de 1909 étaient déterminantes pour l'exécution pratique de la triangulation du premier au troisième ordre. Par la nouvelle organisation du Service topographique fédéral du 1er avril 1910, l'exécution de ces travaux fut confiée à votre rapporteur. Il n'entre pas dans le cadre de notre exposé d'entrer dans les détails. Nous passerons rapidement en revue les quatre chapitres principaux des travaux exécutés depuis 1910 soit : la nouvelle triangulation du premier au troisième ordre, le nouveau nivellement fédéral de précision, la triangulation de quatrième ordre pour le registre foncier et les nivellements de précision secondaires.

La triangulation de premier ordre

Au commencement du XXe siècle, la triangulation de premier ordre était dans l'état suivant :

1. Le réseau fondamental était celui de la Commission géodésique suisse, réseau représenté par la figure 1. Ce

réseau ne couvrant pas toute la superficie de la Suisse, on a en outre considéré comme triangulations de premier ordre les réseaux suivants :

2. Le réseau de premier ordre du Sud-Est exécuté de 1878 à 1897, représenté par la figure 4.
3. Le réseau de premier ordre de l'Oberland bernois de 1891, représenté par la figure 5.

Le réseau de la Commission géodésique se compose de deux parties distinctes : la première, s'étendant sur le Plateau suisse, est formée par de bons triangles, la deuxième, située au sud de la ligne Gurten-Napf-Righi-Hörnli et traversant les Alpes, dont les triangles sont moins bien conformés. La partie sud n'est pas reliée favorablement à la partie nord. On avait aussi des raisons de croire que l'extrémité sud, spécialement les points Menone, Gridone et Wasenhorn, devait accuser une torsion dans la direction est-ouest. Le point Wasenhorn n'était d'ailleurs déterminé que par un seul triangle.

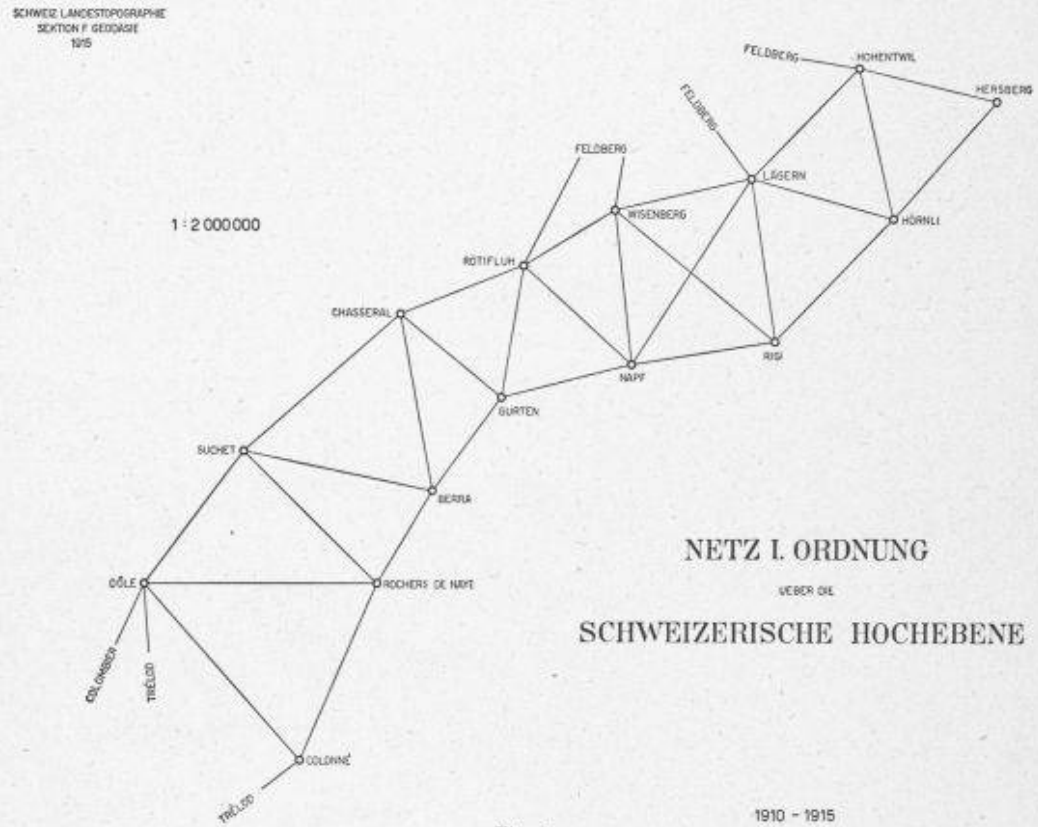

Fig. 7.

Le réseau du Sud-Est accuse une lacune dans le canton d'Uri (Scheerhorn) et des diagonales et liaisons superflues.

L'intercalation des points Niesen et Schwarzhorn dans le réseau de l'Oberland bernois fut favorable ; la visée Niesen-Titlis par contre fut superflue.

Le calcul des erreurs moyennes des angles et des directions, d'après la formule de Ferrero, donne les résultats comparatifs suivants :

	m_{angles}	$m_{directions}$	*erreurs maximales de fermeture*
	±" *sex.*	±" *sex.*	" *sex.*
1*a*. Réseau de la Commission géodésique, Plateau	0,85	0,60	— 2,85
1*b*. Réseau de la Commission géodésique, Alpes	1,09	0,77	+ 3,17
2. Réseau du Sud-Est (pour les 15 triangles de la partie ouest)	1,39	0,98	+ 4,57
3. Réseau de l'Oberland bernois . . .	1,00	0,70	— 3,40

On constate que la précision de ces trois groupes est approximativement la même. Quoique les réseaux du Sud-Est et de l'Oberland bernois aient été exécutés ultérieurement, leur précision est inférieure à celle du réseau de la Commission géodésique.

En 1903, le directeur Held avait donné l'ordre de calculer les triangulations, commencées à la du fin XIXe siècle, dans le système de projection conforme cylindrique à axe oblique nouvellement adopté. On fut obligé de transformer au préalable les coordonnées géographiques des points du réseau de la Commission géodésique (publiées dans le cinquième volume de cette Commission) en nouvelles coordonnées cylindriques. L'ingénieur Leutenegger qui fut chargé de ces travaux, se mit à l'œuvre le 20 avril 1903 et termina ses calculs à la fin de la même année. En 1904, l'ingénieur Simonett fit des calculs de contrôle des nouvelles coordonnées cylindriques en utilisant des formules ayant un plus grand nombre de termes. Au printemps 1905, les calculs des coordonnées cylindriques, des azimuts plans et sphériques, des logarithmes des côtés plans et sphériques et des convergences du méridien de tout le réseau de la Commission géodésique étaient terminés.

Lorsque, le 1er avril 1910, votre rapporteur assuma la fonction de chef de la section de géodésie, il estima devoir se faire un jugement sur les bases existantes et examiner ensuite de quelle façon les travaux géodésiques ultérieurs devaient être exécutés. Grâce aux expériences qu'il avait acquises pendant sa pratique personnelle de 1905 à 1910 et au jugement découlant de l'étude des problèmes à résoudre, votre rapporteur était persuadé que la décision de la Commission de triangulation de 1909 n'avait pas été heureuse et se rallia à l'avis du professeur Baeschlin et de l'ingénieur Leutenegger, à savoir qu'il eût mieux valu créer une triangulation de premier ordre nouvelle. Les calculs des réseaux de triangulation de deuxième et troisième ordre du canton de Vaud, du Jura bernois, de l'Oberland bernois et de Saint-Gall étaient à ce moment déjà si avancés, qu'on ne put prendre la responsabilité de reviser le réseau de triangulation de premier ordre du Plateau et du Jura. Plusieurs triangulations de quatrième ordre de ces régions étaient d'ailleurs déjà rattachées à la triangulation de la Commission géodésique et calculées. Par contre, le directeur Held fut d'accord avec la proposition de votre rapporteur de donner l'ordre aux ingénieurs stationnant sur les points de premier ordre du réseau de la Com-

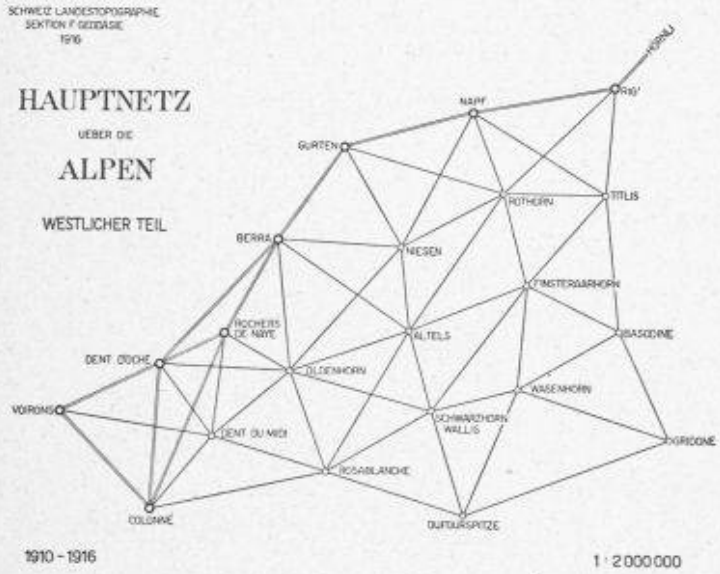

Fig. 8.

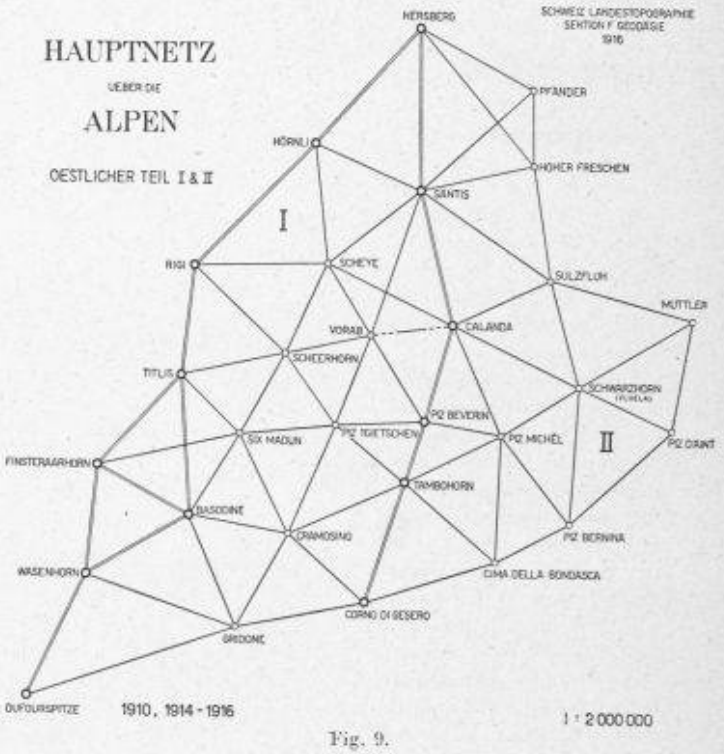

Fig. 9.

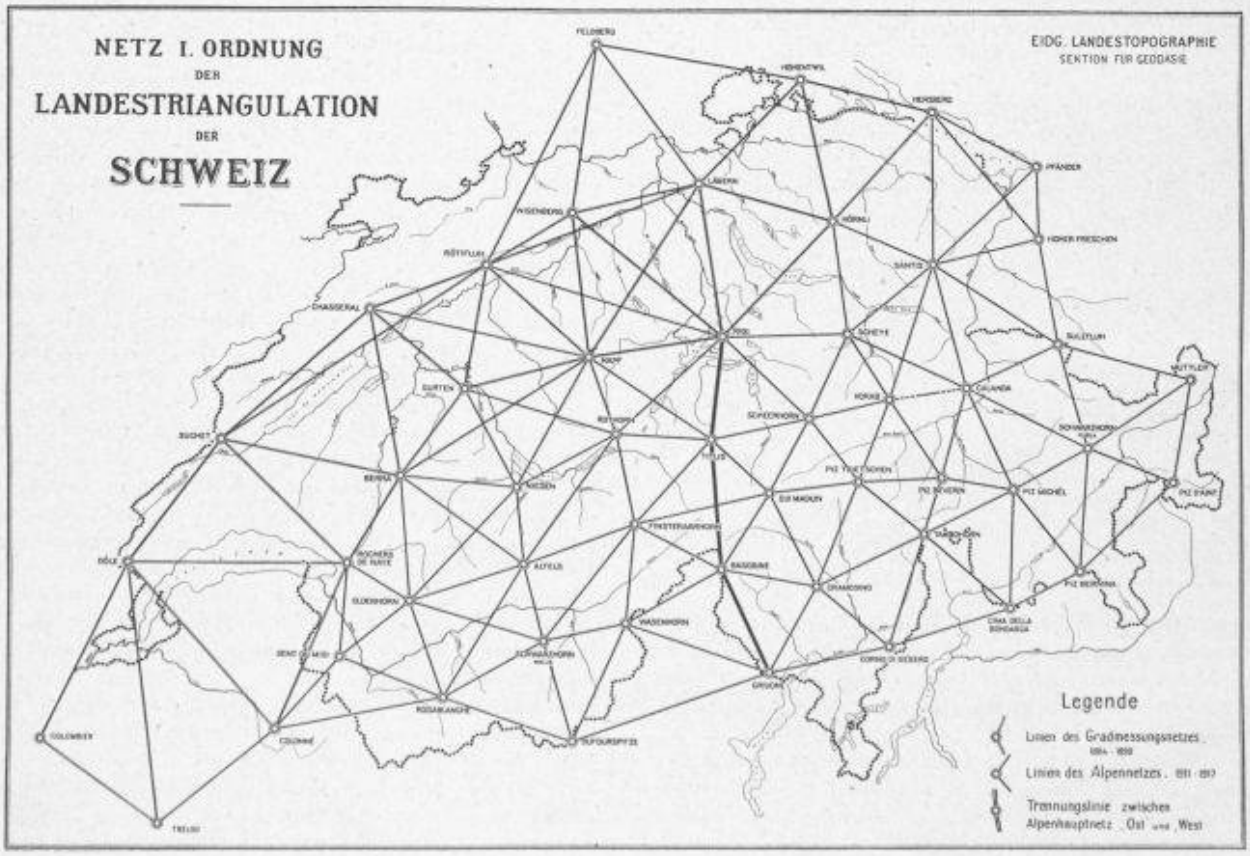

Fig. 10.

mission géodésique de mesurer à nouveau les angles de ce réseau par la méthode des secteurs.

La partie du réseau de la Commission géodésique traversant les Alpes fut traitée d'une manière plus critique, car non seulement on connaissait la mauvaise disposition des triangles de ce réseau, mais, en outre, on avait des doutes sur la position des centres des points Hangendhorn et Hundstock. Les travaux en montagne durent être cependant renvoyés à plus tard, du fait que dans les années 1908 à 1912 il fallut exécuter les triangulations de deuxième et troisième ordre dans le Plateau, où les mensurations cadastrales et le registre foncier étaient urgents.

Dans le courant des années 1912 et 1913, on avait constaté que, non seulement les angles nouvellement observés dans le réseau Sud-Est différaient d'une manière inexplicable de ceux mesurés antérieurement, mais encore que les calculs de compensation de ce réseau contenaient des erreurs. Comme, en outre, le repérage de certains points de ce réseau était douteux, votre rapporteur se rendit à l'évidence que l'établissement d'un nouveau réseau de premier ordre couvrant toutes les Préalpes et les Alpes s'imposait. Il fit à ce sujet une proposition au directeur Held qui en reconnut le bien-fondé et l'accepta.

Afin de ne pas retarder les travaux de détail en exécution à ce moment et dans le but de ne pas compliquer les calculs, le nouveau réseau des Alpes et Préalpes fut, dès le début, élaboré en deux parties distinctes, représentées aux figures 8 et 9.

Le rattachement des deux secteurs est et ouest du nouveau réseau se fit le long du réseau de la Commission géodésique couvrant le Plateau suisse, qui, pour les raisons déjà citées, devait être considéré comme définitif. Ce réseau est représenté par la figure 7 et contient les triangles dont les angles avaient été mesurés à nouveau de 1910 à 1915.

La reconnaissance du nouveau réseau des Alpes fut jugée superflue. On disposa les visées d'après les anciens réseaux, les panoramas existants et à l'aide de profils. La visée Niesen-Finsteraarhorn, prévue dans le projet du réseau et qui avait été tirée du panorama du Niesen de Xavier Imfeld, dut être supprimée, car il s'avéra que le sommet apparaissant à peine entre l'Eiger et le Mönch n'était pas celui du Finsteraarhorn, mais celui du Gross-Fischerhorn. Le côté Vorab-Calanda, dont la visée n'était pas possible, fut calculé par la méthode indirecte. L'entrée en guerre de l'Italie, en 1915, nous obligea à remplacer le point Menone, situé sur territoire italien, par le point Corno di Gesero. De même le point-frontière Cengalo, dont l'accès n'était possible que par le versant italien, dut être remplacé par la Cima di Bondasca (Ferro occidentale). La grande lacune de la Suisse centrale, qui figure aussi bien dans le réseau d'Eschmann que dans celui de la Commission géodésique, fut comblée par le point du Scheerhorn.

Si nous comparons les côtés du nouveau réseau des Alpes avec ceux du réseau de la Commission géodésique couvrant le Plateau, nous constatons que les premiers sont beaucoup plus courts. Il est certain qu'on eût pu, en élaborant le réseau des Alpes, choisir des côtés beaucoup plus longs, comme par exemple Gurten-Finsteraarhorn ou Finsteraarhorn-Monte Rosa. On renonça intentionnellement à de longues visées qui exigent des conditions atmosphériques idéales, très rares en haute montagne. Par le choix de visées plus courtes on pouvait, précisément à cause des conditions météorologiques, abréger dans une forte mesure la durée des travaux d'observation.

La figure 10 représente l'ensemble des trois réseaux élémentaires des figures 7, 8 et 9.

Les réseaux de triangulation de deuxième et troisième ordre furent basés sur ce nouveau réseau de premier ordre et furent disposés indépendamment des limites politiques d'après une méthode claire et simple. Comme exemple, nous vous montrons le réseau du canton de Schwyz (fig. 11).

Il nous est impossible d'entrer dans les détails concernant la signalisation, les observations et les calculs de ces triangulations de premier ordre. Nous nous bornons à vous donner connaissance des principaux résultats au tableau ci-contre (bas page 334).

Ces valeurs représentent les résultats des observations elles-mêmes. Une compensation des angles mesurés dans le cadre des angles donnés pour 84 triangles du réseau de rattachement des Alpes augmente l'erreur moyenne à $\pm 0'',6$ sex., valeur qui est encore sensiblement plus faible que celle des erreurs moyennes du réseau de la Commission géodésique et des autres anciens réseaux de premier ordre.

Si l'on tient compte du fait que la longueur moyenne des côtés des trois réseaux des Alpes (2, 3*a* et 3*b*) est de 33 km, et que la valeur correspondante du réseau du Plateau (1) est de 50 km, on constate que la précision obtenue est à peu près homogène, c'est-à-dire $0'',26 \times 50 \simeq 0'',38 \times 33$. Après la compensation des réseaux, l'erreur moyenne de direction calculée fut de $\pm 0'',60$ sex.

La disposition systématique des réseaux de deuxième et troisième ordre, allant du grand au petit, et l'observation minutieuse des angles de chaque station ont conduit à un résultat surprenant : la moyenne générale des erreurs moyennes de position d'environ 3000 points donne la valeur de ± 3 cm.

Le nouveau nivellement de précision

Le nouveau nivellement de précision a été commencé en 1903 ; son réseau est représenté par la figure 12.

En traitant le nivellement de repérage, nous avons fait remarquer que la précision du nivellement de précision de la Commission géodésique ne correspondait plus aux exigences modernes. En considération de l'établissement de la nouvelle carte nationale et des mensurations cadastrales, le Service topographique fédéral décida, en 1903, d'exécuter un nouveau nivellement de précision en tenant largement compte des expériences acquises au cours des observations du nivellement de repérage de 1893 à 1902.

Nous ne pouvons nous attarder à vous donner des détails concernant la disposition du réseau, le repérage, les méthodes, les instruments, les mires et les calculs. Nous nous bornons à vous communiquer de quelle façon les résultats des nouvelles observations ont été compensés dans le cadre du réseau du nivellement de précision de la Commission géodésique, qui devait rester la base fondamentale du nouveau nivellement.

La nouvelle différence de hauteur entre deux repères de référence de l'ancien nivellement, obtenue comme moyenne des observations originales des deux opérateurs, fut comparée à la différence de hauteur correspondante, déduite des résultats du Catalogue des hauteurs de la Commission géodésique. Si la différence entre ces deux résultats ne dépassait pas la valeur de $3\sqrt{K}$ mm (K étant la longueur du cheminement, exprimée en kilomètres, entre les deux repères de référence) on conservait l'ancien résultat. Si cette différence était supérieure à la tolérance $3\sqrt{K}$ mm, on se rattachait au prochain repère de référence dont le repérage était intact. On procédait ainsi de suite jusqu'à ce que l'on ait trouvé un repère de référence pour lequel la limite de tolérance était respectée. En ne tenant compte que des nouvelles observations, on compensait alors les altitudes des repères intermé-

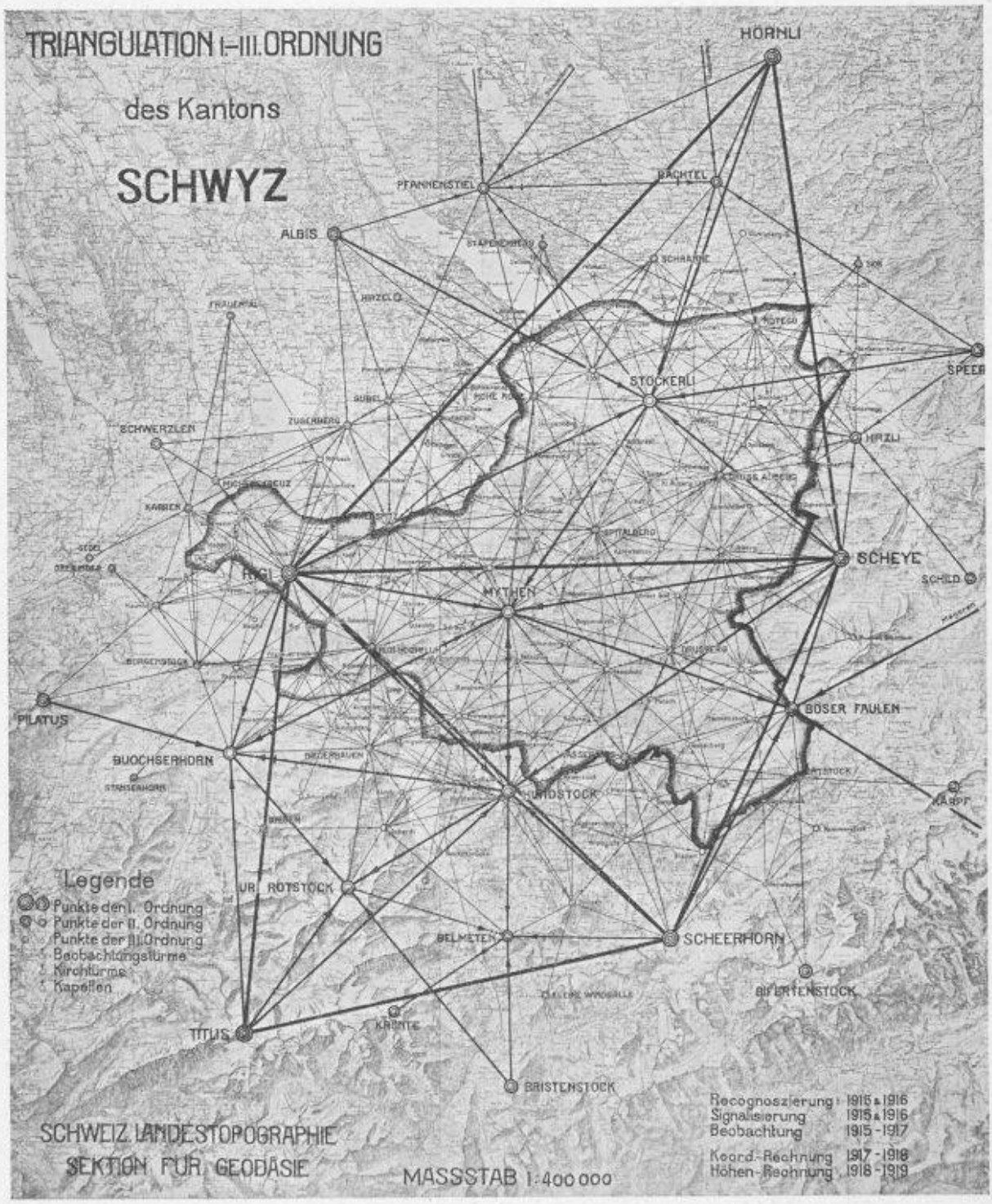

Fig. 11.

	Nombre de triangles		Erreurs moyennes de fermeture " sex.	Erreurs moyennes des angles " sex.	Erreurs moyennes des directions " sex.	Erreurs maximums de fermeture " sex.
1. Réseau principal du Plateau	15		0,64	0,37	0,26	+ 1,65
2. Réseau des Alpes, partie ouest	40	84	0,93	0,53	0 38	+ 2,27
3*a*. Réseau des Alpes, partie est, premier secteur	27		0,99	0,51	0,36	— 1.86
3*b*. Réseau des Alpes, partie est, deuxième secteur	17		0,93	0,54	0,38	— 1,90

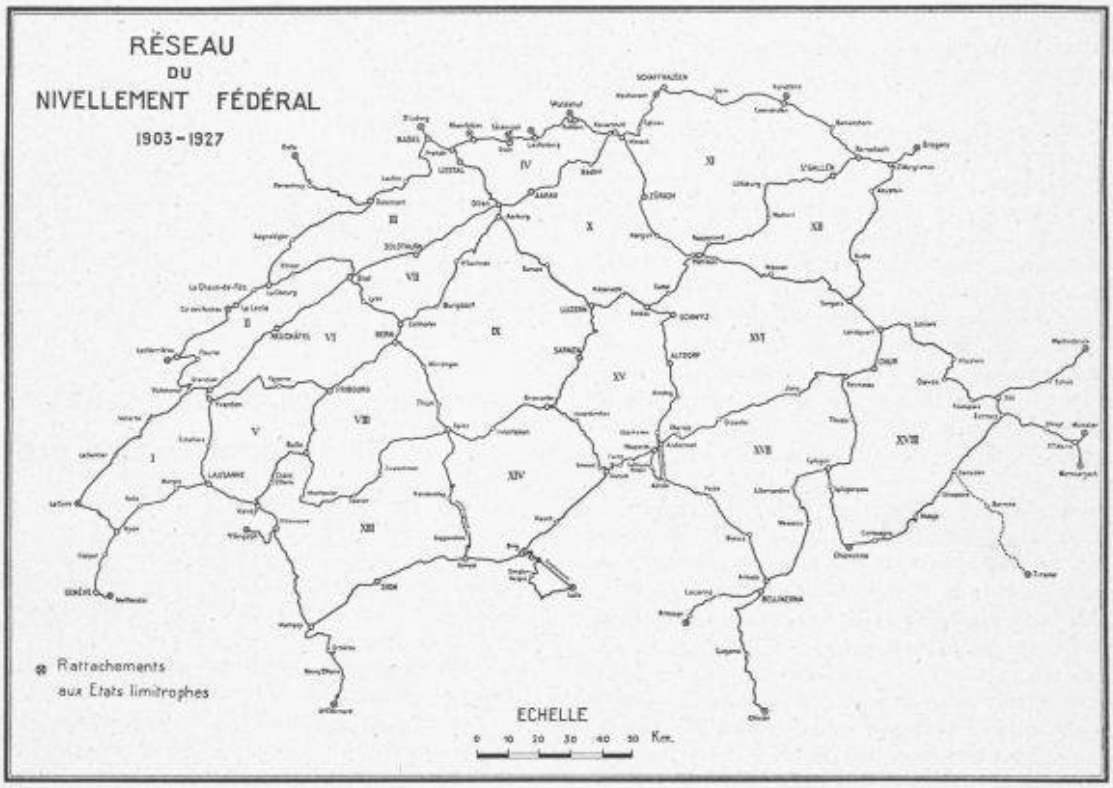

Fig. 12.

diaires entre les altitudes définitives des repères de référence pour lesquels la condition de tolérance était satisfaite. Ces altitudes compensées, appelées *altitudes usuelles*, servirent, dès 1904, de base pour la détermination des altitudes des points de toutes les triangulations du pays, d'après lesquelles la nouvelle carte nationale et la mensuration cadastrale devaient être établies. A ce moment-là, on adopta comme horizon de référence le nouvel horizon (Pierre du Niton 373,600 m).

La précision du nouveau nivellement fut de $\pm 0{,}5$ mm, erreur moyenne par kilomètre nivelé dans les deux sens. Le nouveau réseau de nivellement fut compensé par M. le professeur Schürer, en tenant compte de la valeur vraie de la pesanteur. Après cette compensation, l'erreur probable atteint $\pm 0{,}93$ mm par kilomètre, valeur qui rentre largement dans la tolérance de $\pm 2{,}0$ mm, fixée par l'Association internationale de géodésie. Nous pouvons donc prétendre que la Suisse possède un nivellement de haute précision.

Les altitudes d'un grand nombre de points de la triangulation du premier au troisième ordre ont été déterminées par des nivellements secondaires, rattachés aux repères du nivellement de précision. Pour déterminer les altitudes des autres points du réseau de premier au troisième ordre, on a observé les angles verticaux d'un point à l'autre dans les deux sens jusqu'à des distances de 8 km ; on a ensuite calculé les différences de hauteur et compensé ces dernières soit par réseau, soit par polygonales ou par points isolés et déduit de ces compensations les altitudes usuelles définitives. Pour tout le réseau du premier au troisième ordre, l'erreur moyenne des altitudes est de ± 3 cm.

La triangulation de quatrième ordre

Les triangulations de quatrième ordre du registre foncier sont toutes calculées dans le nouveau système de projection. Elles ont été exécutées dans leur plus grande partie sur la base des instructions du 15 décembre 1910 élaborées en 1909 par le rapporteur. Quelques triangulations du canton de Vaud furent encore calculées par la méthode des triangles et ne sont pas compensées par la méthode des moindres carrés. Les triangulations de quatrième ordre de Bâle-Ville, Bâle-Campagne, de Vaud et du Jura bernois sont situées dans les régions où la triangulation du premier au troisième ordre fut établie par des revisions partielles et de nouveaux calculs. On a constaté que dans ces trois régions les résultats de la triangulation de quatrième ordre sont influencés par la mauvaise qualité de la triangulation du premier au troisième ordre, qui, malgré les revisions partielles, accuse des discordances relativement fortes. En quelques endroits, les erreurs systématiques sont beaucoup plus grandes que les erreurs accidentelles et on fut obligé de répartir ces erreurs systématiques d'une manière plus ou moins arbitraire. Dans toutes les autres parties du Plateau et dans la région des Alpes où, dès 1910, les triangulations du premier au troisième ordre ont été refondues et où les réseaux avaient été établis systématiquement, les triangulations de quatrième ordre s'adaptent harmonieusement aux triangulations d'ordre supérieur et on ne constate nulle part des discordances systématiques.

Actuellement, la triangulation de quatrième ordre est terminée sur 98 % du territoire de la Suisse. Sur les 2 % restants, situés dans le canton de Berne, elle sera achevée dans quelques années.

Les altitudes de tous les points de la triangulation de quatrième ordre furent déterminées en même temps que leur position. Aux lignes du nivellement de précision fédéral, s'ajoutèrent des nivellements secondaires cantonaux qui facilitèrent la détermination des altitudes des points trigonométriques et influencèrent favorablement la précision des altitudes.

Dans notre exposé, qui embrasse trois époques distinctes, nous avons traité les origines et l'exécution des bases géodésiques actuelles de notre pays. Nous résumons en quelques mots :

Les coordonnées y et x de tous les points de nos triangulations du premier au quatrième ordre sont toutes calculées dans le système unique de la projection conforme cylindrique à axe oblique. Les altitudes de ces points se rapportent à un horizon unique, le nouvel horizon, dont le point de référence, la Pierre du Niton, a pour altitude 373,600 m. Nous devons toutefois faire des restrictions concernant l'homogénéité de la précision des résultats obtenus. Dans les cantons de Genève, Vaud, Bâle et dans le Jura bernois, la disposition des réseaux et, par conséquent, la précision des résultats en certains endroits ne sont pas satisfaisantes. Nos recherches ont montré que l'on doit en attribuer la cause à l'insuffisance de la précision du réseau de premier ordre effectué de 1862 à 1879 par la Commission géodésique. Dans toutes les autres régions de la Suisse, la disposition des réseaux du premier au quatrième ordre et la précision des résultats satisfont pleinement aux exigences modernes. Le repérage des points de triangulation et du nivellement de précision est homogène et en excellent état. Si les mesures légales, obligeant les organes de la Confédération et des cantons à veiller soigneusement à la conservation et à la mise à jour de tous les repères, sont respectées strictement, nous avons la certitude que les bases géodésiques actuelles de la Suisse resteront intactes pendant une longue période. Ces bases géodésiques ne seront pas seulement utiles aux mensurations proprement dites, mais elles rendront de grands services à la technique. C'est un aspect réjouissant pour l'avenir. En outre, nous pouvons espérer que notre réseau de triangulation de premier ordre, tel qu'il est représenté à la figure 10, jouera son rôle dans les futurs travaux de l'Association internationale de géodésie.

Nous avons déjà fait remarquer, qu'en 1909, M. le professeur Baeschlin avait, au sein de la Commission de triangulation, émis l'opinion que le réseau de la Commission géodésique ne remplissait pas les conditions nécessaires à l'établissement des nouvelles mensurations fédérales. Les discordances constatées dans les réseaux de quatrième ordre, spécialement dans ceux du canton de Vaud et du Jura bernois, sont la preuve de l'insuffisance de la triangulation fondamentale. Nous avons en outre fait remarquer que les nouvelles observations de 1910 à 1914 dans le réseau de premier ordre qui couvre le Plateau (fig. 7) ont donné de meilleurs résultats que celles exécutées par la Commission géodésique. Le rapporteur a effectué, pour cette partie de la triangulation de premier ordre, une compensation en n'utilisant que les nouvelles mesures et en ne tenant pas compte des conditions inhérentes à l'ancien réseau. Il a ensuite refait le calcul des points trigonométriques de deuxième ordre de cette même région, dans le cadre des nouveaux résultats du réseau de premier ordre. Ces nouveaux calculs embrassaient vingt-huit points de premier et de deuxième ordre. Leurs résultats ont confirmé nos présomptions. L'erreur moyenne de direction, qui d'après les observations de la Commission géodésique atteignait $\pm 0'',85$, se réduisit à la valeur de $\pm 0'',37$. L'amélioration est donc considérable et prouve, une fois encore, que les discordances des triangulations du canton de Vaud et du Jura bernois proviennent de l'insuffisance de précision des observations de la Commission géodésique. Ces constatations justifient pleinement l'opinion émise par M. le professeur Baeschlin en 1909.

La Commission géodésique suisse a l'intention de créer, dans le courant des prochaines années, plusieurs *points de Laplace*, c'est-à-dire des points du réseau de premier ordre sur lesquels seront observés la longitude, la latitude et l'azimut. Afin d'établir la liaison entre le réseau de premier ordre de notre figure 10 et les points de Laplace, il sera nécessaire de compenser tout le réseau de premier ordre d'un seul jet en utilisant les observations de 1910 à 1914. Il est hors de doute que la précision du réseau de premier ordre en sera sensiblement améliorée. La Suisse disposera alors d'un réseau de triangulation de premier ordre qui lui fera honneur au même titre que le nivellement actuel de haute précision.

La cathédrale de Lausanne, sanctuaire protestant

par Marcel D. MUELLER, architecte S. I. A.

Le protestantisme possède, dans les pays où il représente la majorité de la population, un certain nombre de cathédrales que lui a laissées le catholicisme du moyen âge. C'est le cas notamment en Suisse, où elles constituent des témoins fort intéressants de l'architecture romane et gothique. A Lausanne, nous nous trouvons en présence d'un exemple remarquable de gothique bourguignon à tour-lanterne, qui est sans contest le plus bel édifice religieux de Suisse. Il y a, à Genève, Berne, Neuchâtel, Bâle et Zurich, des cathédrales fort belles, dont les clochers découpent des silhouettes très caractéristiques dans le ciel, mais aucune d'elles ne possède une nef comparable à celle de Lausanne.

Tous ces édifices religieux furent conçus à l'origine comme des sanctuaires de l'Eglise romaine, puis se trouvèrent affectés au culte protestant au fur et à mesure que les paroisses adoptèrent la Réforme. Il fallut alors adapter ces nefs, agencées pour les besoins de la pompe dont s'entoure le catholicisme, aux nécessités d'un ordre liturgique qui revenait à la simplicité de l'Eglise primitive. Le chœur perdit ainsi sa signification de saint des saints, et c'est la chaire, d'où le prédicateur proclame la Parole de Dieu, qui devint le centre d'intérêt.

Ici il convient de reconnaître que l'adaptation des lieux de culte existants se fit souvent avec une certaine maladresse. Il est fort rare qu'une véritable solution architecturale ait été trouvée, et lorsque c'est le cas, elle a généralement pour origine une restauration opérée au cours des dernières années, comme on les rencontre dans un certain nombre de temples du canton de Vaud. C'est donc non sans raisons que les historiens de l'art expriment leurs regrets devant certains aménagements qui s'offrent à leurs regards. Combien d'églises qui présentent un chœur délaissé, ou dont on n'a pas trouvé d'autre utilisation qu'en le garnissant de bancs, comme c'est le cas à la cathédrale de Saint-Pierre, à Genève, par exemple ! Henri de Ziégler a fait remarquer, non sans quelque raison, même si son jugement est entaché de parti-pris, que cette église était sans doute un lieu historique, mais n'exprimait en aucune façon le sanctuaire chrétien. Et pourtant, il suffirait de peu de chose pour qu'il en fût autrement.

Il y a dans le monde protestant de nombreuses cathédrales, qui expriment parfaitement leur destination et sont même d'excellents exemples de l'art chrétien. Citons l'abbaye de Westminster, la cathédrale de Cantorbéry, la cathédrale de Dordrecht, qui sont sans doute d'anciennes églises catholiques transformées, mais en revanche fort bien adaptées aux