Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Band: 21 (1892-1893)

Artikel: Exposé historique des travaux de la commission géodésique suisse de 1862 à 1892

Autor: [s.n.]

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88335

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

EXPOSÉ HISTORIQUE DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE

DE 1862 A 1892

PUBLIÉ COMME

Annexe au Procès-verbal de la 36e séance de la Commission.

EXPOSÉ HISTORIQUE DES TRAVAUX

DE LA

COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE

DE 1862 A 1892

Conformément à la décision prise par la Commission géodésique suisse dans sa séance du 7 mai 1893, son Bureau s'est occupé de rassembler les matériaux d'un *exposé historique des travaux exécutés par la Commission* pour satisfaire aux engagements pris par la Suisse envers l'Association pour la mesure des degrés en Europe, devenue plus tard l'Association géodésique internationale. Les documents utilisés sont, d'une part, les procès-verbaux des trente-six séances tenues par la Commission de 1862 à 1893, les publications de la Commission géodésique suisse, dont nous donnons ci-après un tableau, et spécialement l'œuvre capitale de notre président, M. le professeur R. Wolf, *Geschichte der Vermessungen in der Schweiz*, qui sert en quelque sorte d'introduction à ces publications et en rehausse la valeur; d'autre part, les rapports qui ont été remis par M. le colonel Lochmann sur les nivellements et par M. le professeur Rebstein sur les travaux géodésiques et astronomiques et quelques publications récentes [1]. En terminant la rédaction de ces quelques

1. Dr *J.-B. Messerschmitt,* ingénieur de la Commission géodésique suisse, *Die wichtigsten Beziehungen zwischen Geologie und Geodäsie*, Zurich, 1893. — Le même, *Lothabweichungen in der Westschweiz*, Astron. Nachrichten, vol. 133, p. 315.

pages, le secrétaire-rapporteur se fait un devoir et un plaisir d'exprimer à ses collègues, et surtout à son vénéré président, ses sincères remerciements pour l'appui qu'ils lui ont prêté dans la préparation de ce compte-rendu de l'activité de la Commission géodésique suisse.

Liste des Publications de la Commission géodésique suisse.

Geschichte der Vermessungen in der Schweiz, als historische Einleitung zu den Arbeiten der schweizerischen geodätischen Commission, bearbeitet von R. Wolf. — Mit einem Titelbilde. — Zurich, 1879.

Das Schweizerische Dreiecknetz, herausgegeben von der schweizerischen geodätischen Commission, in sechs Bänden :

I. Band. *Die Winkelmessungen und Stationsausgleichungen*. Zurich, 1881.

II. Band. *Die Netzausgleichung und die Anschlussnetze der Sternwarten und astronomischen Punkte*. Zurich, 1885.

III. Band. *La mensuration des bases*, par A. Hirsch et J. Dumur. Lausanne, 1888.

IV. Band. *Die Anschlussnetze der Grundlinien*. Zurich, 1889.

V. Band. *Astronomische Beobachtungen im Tessiner Basisnetze; auf Gäbris und Simplon; definitive Dreiecksseitenlängen ; geographische Coordinaten*. Zurich, 1890.

VI. Band (en cours de publication). *Lothabweichungen in der Westschweiz*. Zurich, 1894.

Nivellement de Précision de la Suisse, exécuté sous la direction de A. Hirsch et E. Plantamour.

Vol. I.	Livraison	I	Genève et Bâle	1867
	»	II	»	1868
	»	III	»	1870
	»	IV	»	1873
	»	V	»	1874
	»	VI	»	1877
	»	VII	»	1880
	»	VIII	»	1883
	»	IX	»	1891
Vol. II.	»	X	»	1891

Détermination télégraphique de la différence de longitude entre :

— les Observatoires de *Genève* et de *Neuchâtel*, par E. Plantamour et A. Hirsch. Genève et Bâle, 1864, avec quatre planches.

— la station astronomique du *Rigi-Kulm* et les Observatoires de *Zurich* et de *Neuchâtel*, par E. Plantamour, R. Wolf et A. Hirsch. Genève et Bâle, 1871, avec trois planches.

— des stations suisses : I. entre la station astronomique du *Weissenstein* et l'Observatoire de *Neuchâtel*, en 1868; II. entre l'Observatoire de *Berne* et celui de *Neuchâtel*, en 1869, par E. Plantamour et A. Hirsch. Genève et Bâle, 1872, avec une planche.

— la station astronomique du *Simplon* et les Observatoires de *Milan* et de *Neuchâtel*, par E. Plantamour et A. Hirsch. Genève et Bâle, 1875.

— l'Observatoire de *Zurich* et les stations astronomiques du *Pfänder* et du *Gäbris*, par E. Plantamour et R. Wolf. Genève et Bâle, 1877.

— *Genève* et *Strasbourg*, exécutée en 1876 par E. Plan-

TAMOUR et M. Löw. (Publication faite en commun avec l'Institut géodésique prussien). Genève et Bâle, 1879.
— les Observatoires de *Genève* et de *Bogenhausen*, près *Munich*, exécutée en 1877, par E. PLANTAMOUR, et le Colonel VON ORFF. (Publication faite en commun avec la Commission géodésique bavaroise.) Genève et Bâle, 1879.

Observations faites dans les stations astronomiques suisses : I. *Rigi-Kulm*, II. *Weissenstein*, III. Observatoire de *Berne*, par E. PLANTAMOUR. Genève et Bâle, 1873.

Expériences faites à Genève avec le pendule à réversion, par E. PLANTAMOUR. Genève et Bâle, 1866, avec trois planches.

Nouvelles expériences faites avec le pendule à réversion et détermination de la pesanteur à *Genève* et au *Rigi-Kulm*, par E. PLANTAMOUR. Genève et Bâle, 1872.

Recherches expérimentales sur le mouvement simultané d'un pendule et de ses supports, par E. PLANTAMOUR. Genève et Bâle, 1878.

INTRODUCTION

LA COMMISSION GÉODÉSIQUE SUISSE

ET LES RELATIONS OFFICIELLES DE LA SUISSE AVEC L'ASSOCIATION GÉODÉSIQUE INTERNATIONALE

Jusqu'au milieu du XIXe siècle, la Suisse ne s'était jamais affirmée comme État lorsqu'il s'était agi d'entreprises scientifiques d'intérêt général. On avait vu, au siècle dernier et au commencement de celui-ci, des Mallet, des Hassler, des Horner et d'autres, prendre leur part des fatigues, des

succès et aussi des déceptions que procurent les expéditions lointaines pour l'observation d'éclipses, de passages de Vénus ou pour des mesures géodésiques. Mais ce n'est que dans les temps plus rapprochés de nous que l'on vit la Suisse se faire représenter dans des Congrès internationaux et y prendre des engagements. Elle a, entre autres, dès l'origine, collaboré activement à la mesure des degrés en Europe, à tel point que plusieurs des grands États qui nous avoisinent n'ont eu qu'à suivre la voie qu'elle avait tracée, reconnaissant ainsi les mérites de son initiative scientifique. Puisse notre pays conserver longtemps, comme dans le passé, cette honorable situation internationale !

Les mesures géodésiques dont on disposait au commencement de notre siècle, ont permis à plusieurs géomètres, au nombre desquels il faut surtout citer Bessel, d'établir que la Terre peut être considérée comme un ellipsoïde de révolution, aplati aux pôles. Ils ont calculé les dimensions de l'ellipsoïde qui répondent le mieux à l'ensemble de ces mensurations. Mais leurs recherches ont aussi prouvé que, en différents lieux, la figure de la terre diffère sensiblement de cette forme géométrique ; et c'est ainsi que s'est posé le nouveau problème de déterminer toutes ces variations locales, afin d'en déduire la connaissance exacte du sphéroïde terrestre, de ce qu'on est convenu d'appeler le *géoïde*.

Mais, pour résoudre ce problème, il ne suffit pas de mesurer quelques lignes géodésiques à la surface de la terre ; il faut étudier avec soin et en tous sens des espaces considérables de terrain ; et nulle part les conditions ne sont aussi favorables pour cette étude que dans l'Europe centrale. Il n'y a donc rien de surprenant à ce que le plan

élaboré au printemps de l'année 1861, par le général *Baeyer*, l'éminent géodésien prussien, pour utiliser dans ce but les travaux géodésiques des pays du centre de l'Europe, ait été accueilli avec la plus grande faveur par les diverses autorités auxquelles il fut soumis. Le général Baeyer embrassait dans son plan tout l'espace compris entre les parallèles de Palerme et de Christiania et les méridiens de Bonn et de Trunz. Cet espace de terrain était entièrement couvert d'un réseau de triangles et il s'y trouvait plus de trente observatoires ou stations dont la position avait été déterminée astronomiquement. Le général Baeyer proposait de mesurer à nouveau dix arcs de méridiens, un plus grand nombre d'arcs de parallèles, de comparer la courbure des méridiens sur les deux versants des Alpes, afin de rechercher l'influence de cette chaîne de montagnes sur la déviation de la verticale, et de déterminer aussi la courbure des mers, de la Méditerranée et de l'Adriatique au sud, de la mer du Nord et de la Baltique au nord. Dans son idée, la coopération de tous les États de l'Europe centrale pouvait ainsi ouvrir le champ à des recherches scientifiques du plus haut intérêt, recherches que chaque État, pris isolément, n'était pas en mesure d'entreprendre.

Le projet du général Baeyer fut soumis, le 7 juillet 1861, par la légation de Prusse à Berne, au haut Conseil fédéral, qui était invité à prendre sa part de la réalisation de ce programme. Le Département fédéral de l'Intérieur, auquel l'étude de cette affaire avait été renvoyée, la soumit d'abord au jugement du général Dufour, chef du bureau topographique, lequel accueillit le projet d'une manière favorable. Elle fut aussi portée à la connaissance de la Société helvétique des sciences naturelles qui s'en occupa dans sa session de 1861 à Lausanne. Le projet fut sérieusement

discuté par la section de physique de la Société et vivement appuyé par E. Ritter et par M. A. Hirsch. Sur leur proposition, la Société décida, en séance générale, non seulement de donner un préavis favorable à l'accession de la Suisse au programme du général Baeyer, mais de constituer une commission spéciale pour s'occuper de ce travail. Cette Commission, nommée séance tenante, fut composée de M. le professeur *R. Wolf* de Zurich, président, du général *Henri Dufour* et d'*Elie Ritter* de Genève, de M. le professeur *A. Hirsch* de Neuchâtel, et de l'ingénieur *H. Denzler* de Zurich.

La *Commission géodésique suisse* subsiste toujours, elle a tenu jusqu'à ce jour trente-six séances, généralement à l'Observatoire de Neuchâtel. Toutes les fois que le général Dufour y assistait, il occupait le fauteuil en qualité de président d'honneur, mais les charges effectives de la présidence revenaient à M. le professeur Wolf, que ses collègues actuels ont le bonheur de posséder toujours à leur tête. M. le professeur Hirsch a fonctionné comme secrétaire jusqu'en 1892. Ces deux éminents astronomes sont malheureusement les seuls membres fondateurs survivants de la Commission. Élie Ritter mourait déjà en 1862, après avoir consacré les derniers mois de sa vie laborieuse à travailler pour la géodésie suisse. Il fut remplacé par le professeur *Émile Plantamour* de Genève, qui se voua avec ardeur aux travaux que ces fonctions nouvelles lui apportaient. Il fut un collaborateur précieux pour ses collègues de Zurich et de Neuchâtel, et il a largement payé de sa personne et de sa bourse pour mener à bien les entreprises de la Commission. Lors de la retraite du général Dufour, son successeur au Bureau topographique, le *colonel Siegfried* le remplaça aussi au sein de la Commission.

Siegfried lui-même fut remplacé par le *colonel J. Dumur*, auquel succéda plus tard le *colonel J.-J. Lochmann*, le chef actuel du Bureau topographique fédéral. A la mort de Denzler, sa place ne fut pas immédiatement repourvue, mais en 1882, elle fut comblée par la nomination de M. *Rohr*, conseiller d'État à Berne, auquel a succédé en 1888, M. *Rebstein*, professeur à Zurich. Plantamour fut remplacé en 1883 par le *colonel Émile Gautier*, son successeur à la direction de l'Observatoire de Genève, auquel a succédé en 1891, son fils, M. le professeur *Raoul Gautier*, secrétaire actuel de la Commission.

Après avoir pris connaissance de la constitution de la Commission géodésique suisse, le Conseil fédéral lui ouvrit un petit crédit pour ses premières dépenses. Afin d'organiser au plus tôt le travail, le président de la Commission, M. le professeur Wolf, demanda au général Baeyer son avis sur la manière dont les travaux devraient être entrepris en Suisse. Celui-ci répondit, dès la fin de l'année 1861, qu'il distinguait deux catégories de travaux : les travaux purement géodésiques et les travaux astronomiques. Les premiers comprenaient la vérification de la triangulation existante de la Suisse et la jonction des Observatoires suisses au réseau des triangles, par des triangulations secondaires. Les travaux astronomiques comportaient la détermination des coordonnées astronomiques, latitude, longitude et azimut des principales stations suisses, en particulier des Observatoires, et leur raccordement télégraphique en longitude avec quelques stations importantes des réseaux des pays voisins. Le général Baeyer exprimait aussi le désir de voir effectuer des mesures de l'intensité de la pesanteur au moyen du pendule, dans les principales stations.

Ce programme fut développé et mis au point par M. le

professeur Wolf et soumis par lui à l'approbation de la Commission géodésique, réunie pour la première fois le 11 avril 1862 à l'Observatoire de Neuchâtel. Après discussion, le programme fut adopté et la Commission prit la décision de principe suivante : « La Commission se prononce, à l'unanimité, pour la convenance qu'il y aurait à ce que la Suisse s'associe à l'entreprise internationale proposée par le général Baeyer, comme étant d'un grand intérêt pour la science. »

A la suite de cette décision, qui fut ratifiée par le Département fédéral de l'Intérieur, celui-ci proposa les crédits demandés, lesquels furent votés par les Chambres fédérales le 31 janvier 1863. Ces crédits ne furent pas suffisants, et cela pour deux raisons principales : d'abord parce que les travaux furent beaucoup plus longs et difficiles à exécuter sur le terrain, qu'on ne l'avait prévu avant qu'ils fussent commencés ; puis, parce que, peu après, au commencement de l'année 1864, le Département fédéral de l'Intérieur augmenta considérablement le champ d'activité et, par suite, le chapitre des dépenses de la Commission, en la chargeant d'effectuer le *Nivellement de précision de la Suisse*. Enfin, peu après le vote des crédits, le Conseil fédéral décidait, dans sa séance du 18 mars 1863, de communiquer à la légation de Prusse que la Suisse adhérait officiellement à l'Association pour la mesure des degrés dans l'Europe centrale et que le président de la Commission géodésique suisse, M. le professeur Wolf, recevait pleins pouvoirs pour se mettre en rapports officiels avec le délégué prussien, M. le général Baeyer.

Durant toute la période s'étendant de l'année 1864, où fut définitivement constituée, dans la Conférence tenue à

Berlin, l'Association pour la mesure des degrés dans l'Europe centrale, jusqu'à aujourd'hui, la Suisse ne cessa de cheminer, par les travaux exécutés sur son territoire, au premier rang des États qui en font partie. Rappelons ici que cette Association étendit, dès 1867, son activité à tous les pays de l'Europe par l'adhésion à son programme de la France et de la Russie, et qu'elle prit le nom d'Association pour la mesure des degrés en Europe. Enfin, en 1886, lorsque son champ d'activité s'étendit hors de notre continent, elle se constitua en « Association géodésique internationale ».

Dès l'origine, la Suisse a été représentée au sein de la Commission permanente de l'Association par un des membres de sa Commission géodésique; le Conseil fédéral avait d'abord désigné pour en faire partie, M. *Wolf*, président de la Commission, mais, sur son refus et sur sa recommandation, ce fut M. le professeur *A. Hirsch*, directeur de l'Observatoire de Neuchâtel, qui fut appelé à ces fonctions. M. Hirsch a été longtemps secrétaire de la première Association pour la mesure des degrés en Europe ; il est, depuis 1886, secrétaire perpétuel de l'Association géodésique internationale. On trouve dans tous les Comptes-rendus des sessions de la Commission permanente ou des Conférences de l'Association, les rapports annuels qu'il présentait sur l'avancement des travaux géodésiques en Suisse. Trois fois, notre pays a vu se réunir chez lui les Délégués de l'Association géodésique internationale : en 1866 à Neuchâtel, en 1879 et tout récemment, en septembre 1893, à Genève.

Passons maintenant successivement en revue les travaux exécutés par la Commission géodésique suisse pour contribuer à l'œuvre pacifique à laquelle collaborent actuelle-

ment près de trente États, à la poursuite du but scientifique que s'est proposé leur Association : la connaissance exacte de la Figure de la Terre. Nous classerons ces travaux en trois catégories :

I. Triangulation et mesure des bases.

II. Nivellement de précision.

III. Travaux astronomiques, comprenant la détermination des coordonnées astronomiques et les mesures de l'intensité de la pesanteur au moyen du pendule.

I. TRIANGULATION ET MESURE DES BASES

Il s'agissait avant tout pour la Commission géodésique de bien se rendre compte si les travaux précédemment exécutés en Suisse pouvaient servir à l'entreprise nouvelle. Ces travaux avaient été inaugurés au commencement de ce siècle par Finsler, poursuivis par Feer, Horner, Trechsel, Pestalozzi et Studer, avec la collaboration des ingénieurs Buchwalder et Eschmann, et avaient repris une activité nouvelle, depuis 1833, sous l'impulsion du général Dufour. Leurs résultats avaient été publiés par J. Eschmann dans un volume intitulé *Ergebnisse der trigonometrischen Vermessungen in der Schweiz*, Zurich, 1840, et ces travaux ont revêtu une forme bien connue dans la belle carte de la Suisse au $^1/_{100000}$, dite carte de l'État-Major, ou carte Dufour.

Le travail de révision fut entrepris par Ritter, qui s'intéressait d'ailleurs particulièrement aux calculs géodésiques. Déjà au mois de janvier 1862, il écrivait à M. Wolf que, d'après son avis, l'ancienne triangulation ne satisfaisait pas aux exigences du but poursuivi par l'Association pour la mesure des degrés en Europe et il concluait à la nécessité d'entreprendre une nouvelle triangulation. Une

maladie, suivie d'une mort prématurée, empêcha que Ritter fût chargé de la direction des calculs géodésiques ; mais la Commission adopta ses conclusions et décida qu'il fallait entreprendre le travail à nouveau, spécialement en ce qui concernait le passage des Alpes. Elle chargea de l'étude détaillée du projet l'ingénieur *H. Denzler* qui se mit immédiatement à l'œuvre et qui lui présenta l'année suivante un plan d'ensemble pour la triangulation, qu'il avait établi avec le plus grand soin et qui reçut la complète approbation du général Baeyer, auquel il avait été communiqué.

Ce plan comportait, pour la **triangulation suisse,** y compris le passage des Alpes entre la Suisse primitive et le canton du Tessin, un total de quarante triangles, avec vingt-neuf sommets, sur lesquels les angles devaient être mesurés. Ces triangles forment un réseau à trois branches émergeant du centre du plateau et se soudant par leurs extrémités aux réseaux des pays voisins. Le raccordement avec les réseaux piémontais et français s'opérait par le côté *Colombier-Trélod* au sud-ouest, avec les réseaux badois et wurtembergeois par les côtés *Feldberg-Lägern* et *Feldberg-Hohentwiel* au nord, avec l'Autriche par le côté *Gäbris-Pfänder* au nord-est et avec la Lombardie par le côté *Ghiridone-Menone* au sud. On ne conservait de l'ancienne triangulation que la valeur du côté *Chasseral-Röthifluh*, qui servait ainsi en quelque sorte de base provisoire, jusqu'à ce que de nouvelles mesures de bases eussent été entreprises. Le plan de Denzler fut adopté par la Commission dans sa deuxième séance, tenue le 1er mars 1863, avec la réserve : « sauf les modifications dont l'exécution du travail démontrera la nécessité ». Denzler fut officiellement chargé du travail de la triangulation ; il devait l'exécuter

lui-même ou diriger les ingénieurs par lesquels il devrait se faire remplacer.

De fait, le plan primitif avait été si bien combiné qu'il ne fut presque pas modifié ; mais son exécution fut beaucoup plus longue et coûteuse qu'on ne l'avait prévu au début. Cela s'explique en partie parce que, sur beaucoup de sommets, les mesures d'angles furent rendues très difficiles par l'altitude et par les circonstances atmosphériques ; d'autre part il y eut des erreurs commises, erreurs de fait et aussi erreurs de méthode, par l'emploi de stations excentriques aux sommets des triangles ; certaines parties du travail durent être complètement refaites ultérieurement. Les ingénieurs qui ont exécuté ces mesures sous la direction de Denzler sont : MM. Kündig, Jacky, l'Hardy, Gelpke, Gysin et Lechner, puis MM. Pfändler, Stammbach et Haller. Après la mort de Denzler le travail fut repris par le colonel Siegfried, et c'est sous sa direction que furent entreprises les mensurations supplémentaires, reconnues nécessaires pour soumettre l'ensemble des mesures d'angles à un calcul de compensation rigoureux.

Les résultats de tous ces travaux ont été publiés par la Commission géodésique suisse dans les deux premiers volumes de ses publications.

Le 1er volume, rédigé par M. l'ingénieur *Koppe*, qui avait fait les calculs définitifs, contient le détail de toutes les mesures d'angles et de directions faites aux vingt-neuf stations du réseau suisse et les calculs de compensation spéciaux pour chacune de ces stations.

Le deuxième volume a été rédigé par M. *Scheiblauer*, collaborateur, puis successeur de M. Koppe, dans les fonctions d'Ingénieur en titre de la Commission géodésique suisse. Ce volume renferme d'abord la compensation gé-

nérale du réseau suisse qui fournit, pour la jonction avec les réseaux des pays voisins, des résultats présentant une exactitude très satisfaisante, surtout si l'on considère les difficultés offertes par les mesures dans un pays aussi accidenté que le nôtre. Vient ensuite la publication des réseaux secondaires qui servent à rattacher au réseau principal quelques points astronomiques importants, les Observatoires de Neuchâtel, de Genève et de Zurich et d'autres points où ont été faites des mesures astronomiques dont nous aurons l'occasion de parler plus loin.

Mesure des bases. — Les bases de l'ancien réseau suisse étaient, celle de Zurich, base secondaire, et celle d'Aarberg, base fondamentale, mesurée en 1834 par Eschmann avec l'aide de MM. Wild et Wolf. Le nouveau réseau de triangles comportait trois bases à mesurer, correspondant à la forme générale du réseau : la base d'*Aarberg* à la racine de la branche occidentale, qui peut être considérée comme base centrale, les bases de *Weinfelden* à l'extrémité orientale du réseau et celle de *Bellinzone* au bout de sa branche méridionale, qui peuvent être regardées comme mesures de contrôle.

Le compte rendu des mesures de bases est consigné dans le troisième volume des publications de la Commission géodésique suisse, le seul qui ait paru en français et qui a été rédigé par le *colonel J. Dumur* et par M. le professeur *A. Hirsch*.

Toutes les mensurations ont été faites avec l'*appareil Ibañez*, construit en 1864 par MM. Brunner frères à Paris. Sur la demande adressée en mai 1880 par le Conseil fédéral au gouvernement de S. M. le roi d'Espagne, cet appareil fut mis, avec la plus grande obligeance, à la disposition de la

Commission géodésique suisse par son inventeur, le *général Ibañez*, directeur de l'Institut géographique et statistique de Madrid et président de la Commission permanente de l'Association géodésique internationale, lequel poussa la courtoisie jusqu'à venir lui-même faire une double première mesure de la base d'Aarberg avec son personnel. Les deux autres bases ont été mesurées par un personnel choisi par le colonel Dumur parmi les officiers et sous-officiers du Génie suisse. La direction des travaux appartenait au *colonel Dumur* et à MM. *Hirsch* et *Plantamour*. Les détails circonstanciés sur ces mesures sont fournis par le volume précité. Rappelons seulement ici que l'appareil Ibañez repose sur l'emploi d'une seule règle monométallique que l'on fait marcher sur l'alignement de la base, en déterminant les emplacements successifs de ses extrémités, au moyen de repères mobiles armés de microscopes, et bornons notre exposé à quelques indications sur chacune des trois bases et aux résultats obtenus.

La *base d'Aarberg*, située sur la route de Berne à Neuchâtel, est aussi rapprochée que possible de la ligne primitive et classique de Walperswil-Sugiez. Elle est orientée du levant au couchant ; son premier terme se trouve au nord du village de Bargen ; le second terme, situé à 2400 mètres plus à l'ouest, précède de 50 mètres environ le premier changement de direction de la route. Une première double mensuration eut lieu, sous la direction du général Ibañez, du 22 au 27 août 1880, par le personnel de l'Institut géographique et statistique espagnol. Une troisième mesure de la base eut lieu immédiatement après, sous la direction du colonel Dumur et de M. le professeur A. Hirsch, par un personnel pris dans le Génie suisse et qui avait assisté, dès le commencement ou

du moins en partie, aux opérations de la brigade espagnole. Les calculs furent exécutés sous la direction de M. le Dr Koppe.

La *base de Weinfelden*, située sur la route de Winterthur à Romanshorn, est orientée de l'est-sud-est à l'ouest-nord-ouest. Son extrémité orientale est à environ un kilomètre à l'ouest de la station de Weinfelden et son autre extrémité à environ 500 mètres à l'est de la gare de Märstetten. Elle a été mesurée deux fois de suite, une section trois fois, du 1er au 8 juillet 1881, toujours sous la direction du colonel Dumur et de M. le professeur A. Hirsch. Le personnel qui participa à la mensuration était fourni par le Génie suisse et différait peu de celui qui avait travaillé à la base d'Aarberg l'année précédente. La section des calculateurs était placée sous les ordres du lieutenant C. Bourgeois.

La *base de Bellinzone* se trouve sur la route tendant de cette ville à Lugano entre les villages de Giubiasco et de Cadenazzo. Les termes sont éloignés d'un kilomètre environ de chacune de ces deux localités. Son orientation est à peu près de l'est-nord-est à l'ouest-sud-ouest. Elle a été mesurée deux fois sous la direction du colonel Dumur et du professeur E. Plantamour. Les opérations ont eu lieu du 15 au 23 juillet 1881 avec le concours du même personnel qu'à la base précédente, sauf quelques modifications insignifiantes.

Les *calculs* nécessaires pour déterminer la longueur d'une base se sont faits simultanément avec les opérations de la mensuration proprement dite. Puis il fallut les reviser pour le travail définitif, en utilisant l'équation scientifiquement discutée de la règle Ibañez. Tous ces travaux ont été dirigés par les auteurs du travail, MM. Hirsch et Dumur,

et publiés, comme nous l'avons dit, en 1888. Le résumé en est donné, à la fin de la publication, par les chiffres suivants pour les longueurs des bases, leur erreur probable et l'incertitude exprimée en fraction de la longueur, chiffres qui donnent une exactitude vraiment remarquable, laquelle est tout à l'honneur de l'appareil employé et des opérateurs qui ont travaillé à cette mensuration.

Base.	*Longueur.*	*Erreur probable.*	*Incertitude.*
	m.	mm.	
Aarberg	2400,111	± 0,9	$\frac{1}{2\,700\,000}$
Weinfelden	2540,335	± 1,3	$\frac{1}{1\,960\,000}$
Bellinzone	3200,408	± 1,3	$\frac{1}{2\,460\,000}$

A la mesure des bases se rattachent immédiatement les travaux qui ont paru dans les volumes IV et V des publications de la Commission géodésique, en même temps que d'autres études.

Le volume IV, rédigé par M. *Scheiblauer*, contient les **réseaux de raccordement des bases** au réseau principal et quelques mesures complémentaires exécutées dans le réseau de la base de Weinfelden. — Le volume V comprend un travail de M. *Scheiblauer* sur des observations faites aux *stations tessinoises*, au *Gäbris* et au *Simplon*, et le **calcul définitif des longueurs des côtés des triangles du réseau suisse,** exécuté par M. le Dr *J.-B. Messerschmitt*, qui a succédé à M. Scheiblauer dans les fonctions d'ingénieur de la Commission. C'est dans ce dernier volume que se trouvent publiés les résultats définitifs du grand travail de triangulation entrepris par la Commission géodésique suisse.

D'après ce qui a été dit précédemment, les bases sont mesurées avec une exactitude telle que l'incertitude sur leur longueur, réduite à 3 kilomètres, n'est que de un à deux millimètres. En reportant cette erreur sur le côté du triangle le plus voisin, l'incertitude de la longueur de ce côté, estimée en moyenne à 40 kilomètres, est de 20 à 30 millimètres. On peut sans aucune arrière-pensée ne tenir aucun compte de cette cause d'erreur, beaucoup plus faible que celles qui proviennent de la mesure des angles. L'erreur moyenne d'un côté des réseaux secondaires de raccordement des bases au réseau principal, dépendant de la mesure des angles, se chiffre en effet par une incertitude de 13 à 17 centimètres; ce qui fait, pour un côté de 40 kilomètres, un décimètre et demi, soit environ $^1/_{300000}$ de la longueur.

L'erreur moyenne d'une mesure d'angle du réseau principal des quarante triangles avait été trouvée, d'après les calculs relatés au volume II, égale à $\pm$ 0″,9. Cette valeur constitue déjà un grand progrès sur les anciennes mesures de la triangulation précédente dont l'erreur moyenne, d'après Eschmann, était de $\pm$ 3″ à $\pm$ 4″. Cette erreur, reportée sur la longueur des côtés des triangles, correspond cependant pour la longueur d'un côté de 40 kilomètres à une incertude de quatre décimètres environ, ce qui fait qu'un côté quelconque du réseau est connu exactement à $^1/_{100000}$ près de sa longueur.

Si l'on recherche enfin l'incertitude des plus grandes lignes géodésiques suisses, reliant deux stations à l'extrême nord et à l'extrême sud, ou bien à l'extrême ouest et à l'extrême est, on trouve que ces lignes, qui mesurent de 200 à 400 kilomètres de longueur, sont déterminées avec une approximation de un mètre à un mètre et demi,

soit de $^1/_{200000}$ à $^1/_{300000}$ de leur longueur totale. C'est là un résultat satisfaisant, et le réseau suisse peut être employé pour tous les besoins de la géodésie moderne. Il servira aussi de base digne de confiance à toutes les entreprises spéciales de triangulation qui seront faites ultérieurement dans notre pays.

II. NIVELLEMENT DE PRÉCISION DE LA SUISSE

Cette entreprise scientifique doit son origine à la question des altitudes absolues de la Suisse, soulevée vers la fin de l'année 1863 par M. le colonel Burnier, de Morges, à l'occasion d'une communication de M. l'ingénieur Michel, de Montpellier, sur le résultat du nivellement français, d'après lequel la cote de la Pierre du Niton à Genève devait être abaissée de $2^m,59$. Antérieurement déjà, les nivellements exécutés par les différents chemins de fer qui convergent à Bâle avaient donné un résultat analogue, soit un abaissement de $2^m,11$ de la cote fédérale du point zéro de l'échelle du Rhin à Bâle. L'altitude fondamentale du Chasseral, qu a servi de point de départ pour toutes les hauteurs trigonométriques mesurées par l'état-major fédéral, avait été, au reste, par suite d'une méprise d'Eschmann, cotée trop haut de $0^m,97$, erreur qui affectait nécessairement toutes les hauteurs suisses. Le moment était venu de reviser tout le réseau hypsométrique suisse, de faire concorder ses différentes parties entre elles et de le relier d'une manière satisfaisante aux réseaux des pays voisins et par suite aux différentes mers. C'est ainsi que, sur un rapport de M. le professeur Ch. Dufour, de Morges, président de la Commission suisse d'hydrométrie, le Département fédéral de

l'Intérieur renvoya la question à la Commission géodésique, après avoir pris l'avis du général Dufour, de l'ingénieur Denzler et du professeur Mousson.

La Commission géodésique, réunie à l'Observatoire de Neuchâtel le 24 avril 1864, y discuta en détail le rapport que M. le professeur Hirsch lui présenta sur cette question et en adopta les conclusions suivantes qui furent approuvées par le Département fédéral de l'Intérieur :

« 1° Le plan général de comparaison pour tous les nivellements suisses sera celui qui passe par la plaque de bronze de la Pierre du Niton à Genève.

« 2° Le moment n'étant pas encore venu où l'on pourra corriger avec sûreté les altitudes suisses, et le choix de la mer dont le niveau moyen servira de plan général de comparaison, devant, dans l'intérêt de la science, être réservé à une Commission géodésique internationale, la question des hauteurs absolues reste suspendue pour le moment.

« 3° La Confédération fera rassembler, comparer et vérifier tous les nivellements qui ont été exécutés pour les chemins de fer suisses.

« 4° La Confédération fera exécuter un nivellement de précision entre Genève, Bâle, Lucerne et Romanshorn. Le long de ces lignes de nivellement, on établira des points de repère pareils à celui de la Pierre du Niton ; celui de Bâle sera rattaché par nivellement à un repère du réseau français et au nivellement badois; celui du lac de Constance aux réseaux des États limitrophes ; enfin, à partir de Lucerne, le nivellement sera continué, aussitôt que faire se pourra, jusqu'au canton du Tessin, où il sera rattaché au réseau italien. On comparera partout, le long de la

ligne de nivellement, les anciennes hauteurs trigonométriques aux nouvelles cotes du nivellement ; enfin, on reliera trigonométriquement et par nivellement le Chasseral à une des stations du réseau suisse, ainsi qu'à une station de frontière faisant partie du réseau français. »

La Commission géodésique chargea en même temps M. Hirsch, son représentant à l'Association géodésique, de proposer des mesures analogues à la Conférence qui eut lieu à Berlin au mois de septembre 1864, afin d'obtenir dans toute l'Europe centrale un vaste réseau de nivellement de précision reliant toutes les mers entre elles. Cette proposition fut agréée ; la Conférence de Berlin prit une résolution dans ce sens et décida de choisir ultérieurement, d'après les résultats de l'ensemble des mesures, le plan général de comparaison pour toutes les hauteurs de l'Europe. Peu après, la plupart des pays faisant partie de l'Association géodésique introduisaient les travaux de nivellement dans le programme de leurs opérations. C'est un honneur pour la Suisse d'avoir ainsi provoqué, par son initiative, une entreprise de grande valeur scientifique.

L'année suivante, M. Hirsch soumit à la Commission géodésique, dans sa séance du 18 juin 1865, un rapport détaillé sur le nivellement à entreprendre, sur les appareils, les méthodes d'opération et de calcul et sur le plan de campagne pour l'année 1865. La Commission adopta les conclusions de ce rapport et chargea deux de ses membres, MM. *Hirsch* et *Plantamour*, de la direction des travaux du nivellement ; elle nomma deux ingénieurs, MM. Benz et Schönholzer, pour exécuter sous leurs ordres les opérations d'après un règlement spécial. Les travaux

commencèrent immédiatement, sous l'inspection directe de MM. Hirsch et Plantamour, sur les lignes voisines de Neuchâtel, reliant le Chasseral à cette ville et à la France. Ils continuèrent les années suivantes.

Les opérations sur le terrain ont été exécutées successivement par MM. les ingénieurs Benz, Schönholzer, Spahn, Redard, Steiger, Kuhn et Autran. Les travaux de réduction et les calculs ont été faits au début, sous l'inspection immédiate de MM. Plantamour et Hirsch, par les aides-astronomes des Observatoires de Genève et de Neuchâtel, MM. Bruderer et Schmidt; puis plus tard, toujours sous la même direction, par les ingénieurs chargés du nivellement, les ingénieurs de la Commission géodésique, ou par quelques autres calculateurs, soit par MM. Schönholzer, Spahn, Gardy, Kuhn, Autran, Benz, Scheiblauer et Messerschmitt.

Le compte rendu détaillé des mesures, des calculs et de quelques études spéciales se rattachant à un travail de cette nature, se trouve consigné dans l'ouvrage intitulé : *Nivellement de précision de la Suisse*, rédigé par MM. Hirsch et Plantamour. Cet ouvrage a paru par livraisons successives, relatant au fur et à mesure les travaux accomplis : les sept premières, de 1867 à 1880, publiées en collaboration par les deux chefs du nivellement; la huitième, publiée par M. Hirsch seul, en 1883, tôt après la mort de Plantamour. Les deux dernières ne parurent qu'en 1891 pour deux motifs principaux. Il fallait d'une part terminer les nivellements de contrôle et ceux qui raccordent le nivellement suisse à ceux des pays voisins ; il convenait d'autre part d'attendre que le zéro fondamental des altitudes européennes eût été choisi par l'Association géodésique internationale. Comme ce choix ne pa-

raissait pas près d'aboutir en 1890, M. Hirsch, d'accord avec la Commission géodésique, a fait paraître la fin du travail l'année suivante en deux livraisons : la neuvième livraison contient la compensation des polygones du nivellement ; la dixième renferme le catalogue complet des hauteurs de tous les repères du Nivellement de précision suisse, hauteurs rapportées, encore provisoirement, au zéro des altitudes suisses, soit au repère en bronze de la Pierre du Niton à Genève.

Si l'on prend la moyenne des résultats obtenus par les nivellements de précision des pays voisins pour les repères de la frontière suisse, on peut accepter pour la cote provisoire de la Pierre du Niton, au-dessus du niveau moyen des mers qui baignent l'Europe, la valeur : $373^{m}.54$. Rappelons à ce propos que les différences d'altitude que l'on avait trouvées précédemment entre les diverses mers et l'Océan proviennent en grande partie des erreurs des opérations. Les nivellements de précision exécutés dans les dernières années ne fournissent plus que des différences de niveau très faibles. Il est donc probable que la cote du repère de la Pierre du Niton ne sera pas sensiblement modifiée. Elle ne sera cependant définitive que lorsque l'Association géodésique internationale aura fixé un zéro fondamental pour toutes les hauteurs européennes. Alors, la Commission géodésique suisse n'aura plus qu'à publier un nouveau catalogue fournissant les hauteurs absolues des repères suisses au-dessus de ce zéro fondamental.

Le travail scientifique de la Commission géodésique semble donc achevé en ce qui concerne le nivellement de précision, mais ce n'est pas un motif pour qu'elle s'en désintéresse, loin de là. Pour qu'on puisse s'en ren-

dre compte, résumons brièvement le travail exécuté et voyons ce qui reste à faire.

Tout le plateau suisse est sillonné par des lignes de nivellement qui suivent en général les lignes de chemin de fer ou les grandes voies de communication. Elles relient Genève avec Bâle par Neuchâtel, avec Lucerne et Zurich par Lausanne-Berne-Olten, avec le lac de Constance par Zurich-Frauenfeld-Constance et avec Coire par Zurich-Sargans. Entre ces lignes principales, plusieurs nivellements transversaux, tels que Fribourg-Morat-Neuchâtel, Berne-Bienne, et raccordements avec la France par Genève-Moillesullaz, Nyon-la Cure, et Neuchâtel-le Locle-Morteau. Tout le canton de Neuchâtel est couvert de lignes nivelées pour le raccordement du Chasseral avec le réseau suisse et les repères français Les raccordements avec l'Allemagne sont nombreux le long du Rhin, de Bâle à Constance; ceux avec l'Autriche se trouvent à Rheinegg et à Fussach sur le lac de Constance et à Martinsbruck dans la Basse-Engadine.

Les grandes voies de communication alpestres ont aussi été nivelées. Les Alpes ont été passées: en Suisse même, au Brünig, au Grimsel, à la Furka, à l'Oberalp, au Saint-Gothard et au col de la Fluela ; par dessus la frontière, au Simplon, au Splügen et à la Maloja ; avec jonction de ces nivellements aux autres : à Lausanne par la vallée du Rhône, à Berne par la vallée de l'Aar, à Lucerne par la vallée de la Reuss, à Coire et au lac de Constance par la vallée du Rhin, à Zurich le long des lacs de Wallenstadt et de Zurich, à Martinsbruck par l'Engadine. Le raccordement avec les lignes italiennes s'est opéré à Domo d'Ossola, à Chiasso et à Chiavenna et la jonction du Simplon avec le Saint-Gothard, en passant sur territoire italien, de Domo-d'Ossola à Locarno par Canobbio.

C'était la première fois que l'on opérait des nivellements en pays aussi accidenté, et ce travail mérite à cet égard une mention toute spéciale. La plupart des lignes ont été nivelées à double ; quelques-unes seulement une fois, lorsqu'elles ne présentaient pas trop de difficultés, ou lorsque le polygone de nivellement, dont elles faisaient partie, ne donnait qu'une faible erreur de clôture. C'est le cas des lignes passant le Brünig, la Furka et l'Oberalp, et de celles qui relient Morges à Neuchâtel, Lausanne à Fribourg, Säckingen à Brugg et à Constance, et de quelques autres.

Le *calcul de compensation* auquel a été soumis l'ensemble du travail amène à la conclusion que l'erreur moyenne d'un kilomètre du nivellement n'atteint pas quatre millimètres. Cette erreur est beaucoup plus faible pour l'ensemble des lignes mesurées en terrain relativement plat ; elle atteint parfois au double pour les lignes de montagnes où le travail était souvent rendu très difficile par les circonstances atmosphériques et où la distance entre les stations de l'instrument était forcément très réduite.

Sur tout cet ensemble de lignes, les ingénieurs de la Commission ont placé deux mille deux cent vingt-sept repères, dont plus de deux cent cinquante sont des repères de premier ordre, en bronze, et les autres des repères secondaires, simples croix taillées dans les rochers, sur des bornes, des murs ou d'autres objets dont la stabilité était satisfaisante.

Les *repères de premier ordre* ont une utilité pratique considérable et fournissent à toutes les entreprises de travaux, tant publics que privés, une base de la plus grande importance. Malheureusement, ainsi que l'établit péremptoirement le rapport présenté à la Commission géodésique par M. le colonel Lochmann, dans sa séance du 7 mai

1893, une grande partie de ces repères ont disparu par suite de négligence des autorités et de malveillance du public. Il est urgent de les rétablir et de conserver ceux qui restent, et c'est à ce travail que le Bureau topographique fédéral a voué une partie de son activité avec l'appui de la Commission géodésique suisse. Cette Commission ne peut plus s'occuper directement d'un travail dont le but n'est pas un but *scientifique*, mais un but *d'utilité publique*. Mais elle lui porte un vif intérêt et elle le subventionne, en lui attribuant une partie du crédit qui lui est annuellement alloué par les Chambres fédérales.

Il s'agit en effet ici d'une œuvre utile au premier chef et il serait déplorable de voir compromis, par un laisser-aller coupable, les documents laissés sur notre sol par une œuvre scientifique qui fait le plus grand honneur à ceux qui l'ont menée à bien. Les gouvernements cantonaux ont à veiller avec soin au maintien de ces repères de nivellement, qui rentrent actuellement dans le domaine public et dont ils reconnaissent d'ailleurs toute l'utilité, lorsqu'il s'agit d'exécuter, sur leur territoire, des travaux de route, de chemins de fer ou autres. Le Bureau topographique a entrepris l'œuvre considérable de replacer ces repères là où ils ont disparu et d'assurer la position de ceux qui sont les plus importants, par l'établissement de contre-repères reliés aux repères primitifs par des mesures de toute précision. Il espère achever ce travail dans un délai de cinq années, après lequel il organisera systématiquement la surveillance et la conservation de ces repères, en même temps que celles des points trigonométriques. La Commission géodésique, représentant ici l'intérêt majeur de la Confédération, témoigne de son intérêt à cet utile travail en le suivant avec attention et en lui accordant une allocation annuelle.

III. TRAVAUX ASTRONOMIQUES

A. Détermination des coordonnées astronomiques.

La Commission géodésique avait décidé de relier tout d'abord les trois Observatoires de Genève, Neuchâtel et Zurich au réseau de triangulation suisse. Ce travail géodésique avait été exécuté, comme nous l'avons vu, par les ingénieurs placés sous les ordres de Denzler. Mais il fallait aussi déterminer exactement les coordonnées astronomiques de ces Observatoires et celles de quelques autres stations importantes de la triangulation, soit, leur latitude, leur longitude et les azimuts de quelques directions fondamentales. Aux trois Observatoires, les mesures ont été faites par les soins des directeurs : MM. Plantamour, Hirsch et Wolf; pour les autres points, Plantamour se chargea du travail, à la seule condition qu'on lui fournirait une coupole mobile pour les observations, un instrument des hauteurs et des azimuts, qui fut commandé à la maison Ertel à Munich, et un chronomètre de marine acquis à la fabrique Dubois au Locle.

Les opérations se firent dans l'ordre suivant : En 1861, détermination de la différence de longitude entre les Observatoires de Genève et de Neuchâtel, par MM. Hirsch et Plantamour. — En 1867, Plantamour stationnait au Rigi pour faire toutes les observations requises et il se reliait télégraphiquement avec Zurich et Neuchâtel, pendant que ses deux collègues en profitaient pour déterminer aussi la différence de longitude de leurs deux Observatoires. Puis, redescendu à Zurich avec ses instruments, Plantamour y fit des observations comparatives avec MM. Hirsch et Wolf

pour déterminer les équations personnelles. — En 1868, Plantamour mesura les coordonnées du Weissenstein, en 1869, celles de l'Observatoire de Berne, en reliant ces deux stations avec l'Observatoire de Neuchâtel, où observait M. Hirsch. — En 1870, ce fut le tour du Simplon, dont Plantamour détermina télégraphiquement la différence de longitude avec Neuchâtel, où se trouvait M. Hirsch, et avec Milan, où observait M. Celoria, établissant ainsi la jonction en longitude avec l'Italie. — En 1872, Plantamour s'établit au Gäbris pendant que von Oppolzer stationnait au Pfänder. Tous deux se relièrent télégraphiquement avec Zurich, où se trouvait M. Wolf, obtenant ainsi la jonction avec l'Autriche. Puis ils se rendirent à Zurich avec leurs instruments pour y déterminer leurs équations personnelles. — En 1876, Plantamour détermina la différence de longitude entre Genève et Strasbourg, où observait le Dr Löw. — En 1877, celle de Genève avec Munich, où se trouvait le colonel von Orff, et avec Lyon, où stationnait M. Bassot, tandis que M. Hirsch reliait télégraphiquement l'Observatoire de Neuchâtel avec Paris, où les observations étaient faites par le commandant Perrier. — Ainsi fut obtenue la jonction en longitude de la Suisse avec les pays voisins. Elle fut complétée en 1881 par la mesure de la différence de longitude entre Genève et Vienne, exécutée par Plantamour et von Oppolzer. La mort de Plantamour empêcha la publication du travail complet, mais les calculs furent faits et les résultats publiés.

Dans quelques autres stations on n'a pas mesuré la différence de longitude avec un Observatoire, mais seulement la latitude astronomique et l'azimut de quelques directions. Ce sont les stations de Mognone, Tiglio, Giubiasco, Cadenazzo, Naye, Berra, Middes, Portalban, Chaumont, Tête-

de-Rang, Chasseral, Lüscherz, Frienisberg, Gurten, Gurnigel, Napf, Wiesenberg, Lägern. Ces observations ont été faites, après Plantamour, successivement ou simultanément, par MM. Scheiblauer, Haller, Messerschmitt et Hilfiker. Des mesures analogues seront encore exécutées ultérieurement dans beaucoup d'autres stations et ont continué déjà cette année-ci.

Il s'agit en effet de multiplier autant que possible le total des points déterminés astronomiquement, afin d'obtenir le plus grand nombre de mesures de déviations locales du fil à plomb. Les mesures géodésiques servent à déterminer les coordonnées géodésiques de chaque station, rapportées à la surface géométrique de l'ellipsoïde de révolution. Les mesures astronomiques donnent la véritable surface du pays en chaque point, soit la surface du géoïde. La différence entre les normales aux deux surfaces représente la *déviation de la verticale*. On l'exprime soit directement comme déviation du zénit, en indiquant en même temps l'azimut du plan vertical dans lequel la déviation a lieu, ou bien on l'exprime par la déviation en latitude et en longitude. Ces déviations sont un des sujets d'études les plus importants de la géodésie moderne, parce qu'elles permettent de tirer des conclusions sur la nature du sol, conclusions qui intéressent aussi bien les géologues que les géodésiens. Il est naturel qu'en pays de montagnes, on constate des déviations de la verticale à cause des grandes inégalités du sol, mais elles ne sont pas toujours en rapport avec l'importance des masses soulevées ; on en trouve aussi dans les pays de plaine ; et tout cela prouve des inégalités dans la densité des couches superficielles.

La Suisse ne pouvait rester en arrière dans ce domaine. Les mesures effectuées dans le canton du Tessin ont amené

des résultats intéressants qui sont déjà publiés. Le volume VI des publications de la Commission, rédigé par M. le Dr *Messerschmitt*, et qui paraîtra prochainement, contiendra les résultats obtenus pour les stations suisses qui se trouvent proches du méridien de Neuchâtel. Les déviations qui y ont été constatées correspondent bien, par leur sens et par leur intensité, aux directions et aux masses des chaînes du Jura et des Alpes. Un jeune géologue neuchâtelois, M. *Léon DuPasquier*, a entrepris l'étude des terrains dans ces mêmes régions du méridien de Neuchâtel pour calculer l'attraction des masses visibles sur le fil à plomb et rattacher les résultats que donnera la géologie à ceux que fournit la géodésie. Les mesures dans les environs de Berne, qui a été pris en Suisse comme point de contact entre les deux surfaces de l'ellipsoïde et du géoïde, sont aussi achevées. Il reste à faire des mesures semblables dans toutes les régions du Nord et de l'Est de la Suisse. Elles sont déjà commencées et on peut en espérer de très intéressants résultats.

B. Mesures de l'intensité de la pesanteur au moyen du pendule.

L'importance des mesures du pendule battant la seconde pour déterminer l'aplatissement de la terre, a été reconnue depuis longtemps. Les premières observations scientifiques ont démontré que la pesanteur augmentait lorsque l'on cheminait de l'équateur vers les pôles. Mais, pour représenter cet accroissement de la pesanteur par une formule simple, il faut faire des hypothèses sur la densité de la terre. Newton, en supposant le sphéroïde terrestre homogène, avait trouvé cet accroissement proportionnel au carré du

sinus de la latitude. Clairaut prouva que cette loi s'applique encore au cas d'un sphéroïde formé de couches homogènes concentriques dont la densité suit une loi quelconque. Mais cette dernière hypothèse, qui se rapproche beaucoup plus de la vérité que la première, ne répond cependant pas exactement aux données de l'observation. Elle est plausible en ce qui concerne les couches profondes, dont la densité augmente probablement en se rapprochant du centre ; elle n'est certainement pas exacte pour les couches superficielles terrestres. C'est ce qu'ont démontré péremptoirement les mesures du pendule qui accusent pour la pesanteur des variations locales qui ne suivent aucune loi simple et qui ne peuvent s'expliquer que par des changements de densité des couches terrestres voisines de la surface.

Nous avons vu précédemment que des mesures de l'intensité de la pesanteur avaient été, sur la demande du général Baeyer, mises au programme des opérations de la Commission géodésique suisse. Celle-ci commanda, dès l'année 1862, un pendule à réversion à la maison Repsold de Hambourg, et *Plantamour* se chargea des mesures. Il les commença en 1864 à Genève et les continua l'année suivante. Puis il les reprit en 1871 et en exécuta aussi au Rigi-Kulm et dans d'autres stations. Enfin, plus tard, frappé de certaines anomalies qui se produisaient dans les oscillations du pendule, il les attribua à des mouvements concomitants des supports du pendule. Il travailla à nouveau ce sujet expérimentalement au moyen d'un nouvel appareil que la Commission fit construire à la maison Repsold, tandis que Ch. Cellerier, professeur à l'Université de Genève, étudiait la même question au point de vue théorique. Les travaux de Plantamour sont consignés dans trois

Mémoires consécutifs publiés en 1866, 1872 et 1878. Les résultats auxquels il est parvenu sont donnés dans le résumé du rapport de M. Messerschmitt publié dans le procès-verbal de la trente-sixième séance de la Commission géodésique du 7 mai 1893 (p. 19). Il n'y a donc pas lieu d'y revenir en détail. Ces mesures sont des *mesures absolues*, fournissant pour chaque station la longueur du pendule simple et l'intensité de la pesanteur. Mais le pendule à réversion est un instrument délicat ; il n'est pas facile à transporter, et son emploi, ainsi que l'ont démontré les expériences de Plantamour, demande les plus grandes précautions. Il n'est donc pas d'un usage pratique pour le but que l'on poursuit maintenant, de déterminer l'intensité de la pesanteur dans un grand nombre de stations afin d'en étudier les variations locales.

Le lieutenant-colonel *von Sterneck,* chef de l'Institut militaire géographique autrichien, a imaginé un nouvel appareil qui fournit des *mesures relatives* de l'intensité de la pesanteur en peu de temps et avec une grande exactitude. Cet appareil est facilement transportable, son installation est facile, et l'on peut obtenir, sans difficulté, par son emploi, des mesures dans des stations rapprochées. M. von Sterneck a déterminé ainsi les variations de la pesanteur sur une ligne qui, partant de Munich, traverse les Alpes par le Brenner, pour gagner les plaines de l'Italie septentrionale. Il a constaté que le passage des Alpes est caractérisé en général par une diminution de l'intensité de la pesanteur, diminution qui prouve l'existence de variations sensibles dans la densité des couches géologiques sub-alpines. On est convenu d'exprimer la chose en disant qu'il y a un *défaut de masse* dans les Alpes. Il est aisé de comprendre l'importance que de semblables constatations ont,

non seulement pour la géodésie, mais aussi pour la géologie et la géographie, en fournissant des documents de haute valeur pour la connaissance de la constitution interne du globe terrestre.

La Commission géodésique a estimé qu'il y aurait un haut intérêt à poursuivre des mesures semblables en Suisse. A cet effet, elle a acquis un pendule du type de celui de M. von Sterneck et les mesures ont commencé l'année dernière. M. Messerschmitt, ingénieur de la Commission, a répété, dans quelques stations importantes, les observations avec le pendule de Repsold, pour obtenir de nouvelles valeurs absolues de la pesanteur, puis il a commencé les opérations avec le nouvel appareil.

A l'heure actuelle, il a été fait des *mesures absolues* de la pesanteur en Suisse, aux stations de Genève, Berne, Weissenstein, Rigi, Simplon, Gäbris et Zurich. Des *mesures relatives* ont été exécutées aux points astronomiques suivants : Zurich, Berne, Genève, Neuchâtel, Tête-de-Rang, Lausanne, Naye, Fribourg, Napf, Frienisberg, Gurnigel, Wiesenberg, Wettingen, Lägern et Hersberg. Ces travaux continuent et seront poursuivis encore pendant plusieurs années, menés de front avec les mesures astronomiques pour la détermination des déviations de la verticale. Il en résultera certainement des constatations intéressantes sur la constitution du sous-sol et sur la distribution des masses souterraines dans notre pays.

Arrivé au terme de cette étude, nous voudrions caractériser brièvement **ce qui a été fait** et **ce qui reste à faire**.

En présence du travail exécuté, le premier sentiment

qu'on éprouve est celui d'une légitime satisfaction ; on se sent fier de constater tout ce qu'il a été donné d'accomplir dans notre pays, en une trentaine d'années, aux membres de la Commission géodésique et aux ingénieurs qui l'ont assistée. A ce sentiment s'en joint un autre de vive reconnaissance pour ces hommes dévoués, astronomes, officiers supérieurs ou ingénieurs, membres survivants ou disparus de la Commission, qui, avec un rare désintéressement, payant de leur personne, quand ce n'était pas de leur bourse, ont exécuté eux-mêmes ou fait exécuter la somme considérable de travaux que nous venons de passer en revue. L'œuvre a été menée à bien dans ses parties essentielles, mais il reste encore à accomplir des travaux dans plusieurs directions pour que la Suisse satisfasse pleinement aux engagements qu'elle a pris vis-à-vis de l'Association géodésique internationale.

La triangulation est terminée.

Le nivellement de précision tend aussi vers son achèvement ; mais il faut poursuivre le *travail de conservation des repères*, entrepris par le Bureau topographique fédéral, qui a besoin pour cela de l'appui moral et matériel de la Commission géodésique.

Dans le domaine des travaux astronomiques, l'activité scientifique de la Commission doit être développée davantage. Il faut déterminer les coordonnées astronomiques d'un grand nombre de stations, pour étendre au reste du pays les mesures de la *déviation de la verticale*, exécutées déjà dans les environs de Berne et dans le méridien de Neuchâtel. Il faut aussi multiplier les *mesures du pendule*, afin de pousser le plus loin possible, par la combinaison de ces deux genres d'observations, la connaissance de la nature géologique des terrains en Suisse. Il y a là,

pour la Commission géodésique, un champ d'activité intéressant à exploiter, pour contribuer aux études que se propose actuellement la géodésie et pour se maintenir au niveau des travaux qui s'exécutent dans les pays voisins. **La Suisse a occupé jusqu'ici dans les opérations géodésiques un rôle éminent, elle ne peut pas faire dans l'avenir moins qu'elle n'a fait dans le passé.**

Genève, octobre 1893.

Le secrétaire de la Commission :

R. Gautier.