

# I. CRONIQUE DE L'ASSOCIATION

---

R. P. Pierre LEJAY (1)

## COMPTES-RENDUS DES SÉANCES DE TRAVAIL DE LA SECTION DE GRAVIMÉTRIE DE L'ASSOCIATION INTERNATIONALE DE GÉODÉSIE

*Assemblée générale d'Oslo (Août 1948)*

---

La section de Gravimétrie a tenu quatre séances de travail sous la présidence du Prof. VENING MEINESZ (Pays-Bas). Le R. P. LEJAY (France) faisait fonction de secrétaire.

L'ordre du jour était le suivant :

1. Report on gravitational measurements in North America by G. P. WOOLLARD (Prof. FIELD).
2. Observations en mer: développements des méthodes, corrections de second ordre, termes de BROWNE, programmes futurs.
3. Commémoration du centième anniversaire de la naissance de Roland Eötvös par le Dr J. RENNER (Dr TARCZY-HORNOCH).
4. Progrès récents réalisés dans les appareils relatifs et les gravimètres d'interpolations.  
Attempts to replace the elastic comparison force in gravimeters by capillary or electrostatic forces by G. ISING.
5. Présentation des résultats des observations gravimétriques, (communication du Brigadier E. A. GLENNIE).
6. Réponse à préparer à une demande formulée par l'*Organisation Météorologique Internationale* (O.M.I.) relative à la formule de gravité à utiliser pour réduire au niveau de la mer les valeurs observées de la pression atmosphérique. Examen des deux notes présentées à ce sujet par M. W. D. LAMBERT.
7. Examen des propositions présentées en 1939 par l'*American Geophysical Union* sur les mesures de gradient vertical et

(1) Elu Président de la Section IV - Gravimétrie à l'issue de l'Assemblée générale, en remplacement du Prof. VENING MEINESZ élu Président de l'Union. Le nouveau Secrétaire de la Section est M. B. C. BROWNE, de Cambridge (Grande-Bretagne).

- l'intensité de la pesanteur (*Bulletin Géodésique*, n° 62, pages 554-556).
8. Experiments on the Tidal Variation of Gravity by Dr TOMASCHEK (Prof. RANKINE, Great Britain).
  9. Méthodes mexicaines de calcul des corrections topographiques et isostatiques. Traité élémentaire de géodésie par M. TOSCANO.
  10. Carte des anomalies gravimétriques de la République Mexicaine par M. CARÈNO.
  11. Tectonique de la République Mexicaine par D. ALVAREZ.
  12. Sur les différentes façons de calculer l'effet indirect des masses. Examen des tables récemment publiées par le R. P. LEJAY.
  13. Présentations de cartes et de tables en vue de faciliter le calcul des réductions gravimétriques par le R. P. LEJAY.
  14. Comparaisons et considérations sur les anomalies gravimétriques de l'Éthiopie et du Kenia, Uganda, Tanganika par le Prof. PACELLA.
  15. Gravity Investigations of the Dominion Observatory 1939-1948 by A. H. MILLER (C. S. BEALS).
  16. Gravity Anomalies in North-Western Canada by M. J. S. INNES (C. S. BEALS).
  17. Gravity Anomalies of the Canadian Shield Area of Northern Ontario by G. D. GARLAND (J. T. WILSON).
  18. Connexion entre les bases principales. Communication sur le gravimètre *Worden* et les projets de M. WOOLLARD par M. W. D. LAMBERT.
  19. Présentation du rapport général établi par le Prof. CASSINIS. Problème général de la Compensation du réseau gravimétrique mondial. Examen des travaux de M. MORELLI. Vœux et résolutions à prendre concernant de nouvelles observations et de nouvelles jonctions à réaliser.
  20. Présentation du Rapport Général établi par le Prof. HEISKANEN en ce qui concerne les réductions isostatiques des mesures de gravité. Exposé de diverses suggestions, recommandations et explications par le Prof. HEISKANEN.
  21. Report on Geodetic Work of the Survey of India by B. L. GULATEE.
  22. Vœu proposé par la Délégation de la République Argentine concernant l'exécution de profils gravimétriques en liaison avec les travaux géodésiques exécutés sur le continent américain.

## Première Séance — Samedi 21 août 1948

Le Président ouvre la séance et annonce que les circonstances ayant obligé de modifier quelque peu le programme antérieurement établi il donne la parole au Dr FIELD.

1. **Report on Gravitational Measurements in North America.** — Le Dr FIELD présente un rapport accompagné de quelques vues de G.P. WOOLLARD sur les mesures effectuées depuis 1940 dans l'Amérique du Nord, en particulier sur la côte Est (*Annexe 1*). Le Président remercie le conférencier de cette mise au point sur les nombreux travaux américains et les projets en cours d'exécution. Le P. LEJAY s'informe de la manière dont sont faites les mesures de réduction, en particulier des méthodes employées par les Compagnies pétrolières.

M. VAN WEELDEN répond que les valeurs sont réduites suivant la méthode de Bouguer, pour des niveaux conventionnels.

Le Dr FIELD demande au Prof. VENING-MEINESZ d'écrire à M. WOOLLARD pour obtenir des renseignements sur ce sujet.

2. **Observations en mer : développement des méthodes, terme de Browne, programmes futurs.** — Le Président donne la parole à B. C. BROWNE qui fait l'exposé des mesures effectuées en sous-marins dans l'Atlantique, entre l'Irlande et l'Espagne (*Annexe 2*). Le conférencier insiste sur le fait que la dispersion des anomalies révèle la non homogénéité du fond de l'Océan : il est fort probable que la cause de ces anomalies est géologique et doit être recherchée dans la complexité des couches superficielles : présence de blocs de granit dans les basaltes, vallées profondes remplies de sédiments.

On retrouve en France, dit le R. P. LEJAY, sur la côte de la Manche, de rapides variations des anomalies : anomalies négatives de 20 milligals à Barfleur, 30 milligals à Yport et positives le long de la côte nord de la Bretagne. Les anomalies se prolongent certainement sous la Manche.

B. C. BROWNE donne lecture de la deuxième partie de son exposé concernant les mesures des accélérations dans un sous-marin et la correction de deuxième ordre (*Annexe 3*). Dix déterminations gravimétriques furent faites en sous-marin, approximativement au même lieu, mais à des profondeurs différentes; de ces expériences, on déterminait la valeur de la gravité à la surface; les résultats déduits des observations en grande profondeur étaient supérieurs de 6 milligals à ceux obtenus à partir d'observations plus près de la surface lorsqu'on tenait compte de la correction dite *terme de Browne*. En omettant cette correction, la différence se réduisait à 1 milligal.

De nouvelles expériences ont pu être réalisées au mois de mai

dans la Manche : la correction de 2<sup>me</sup> ordre donnait des résultats corrects.

Des essais à terre, en faisant osciller les pendules, ont été faits; dans ce cas, pour des appareils à longue période, la correction conduit à des résultats cohérents.

B. C. BROWNE insiste sur l'importance des vibrations, faisant remarquer que les difficultés disparaissent lorsque les pendules sont dans l'axe du navire. Il ne pense pas que les différences systématiques avec la profondeur puissent être imputables uniquement aux courants dus aux vents. Le Prof. VENING-MEINESZ est d'avis que le terme de Browne s'applique à toutes les mesures faites en sous-marins.

Il pense qu'il faut bien faire attention à ce que la période du pilier sur lequel repose l'appareil, ne soit pas égale ou harmonique du mouvement du pendule. D'autre part, il estime que les expériences faites en balançant les pendules ne peuvent donner des résultats sûrs. Des erreurs peuvent être dues à des mouvements des couteaux. De plus, même en mer calme, le Prof. VENING-MEINESZ a constaté des vibrations du sous-marin qui troublaient fortement les mesures; il est nécessaire de travailler à vitesse réduite.

L'action des courants n'est certainement pas négligeable et ces courants ne sont pas les mêmes à diverses profondeurs; on peut admettre une erreur probable de 5 milligals due à l'incertitude de la composante E-W du courant. Il serait important de déterminer la vitesse de cette composante — on pourrait le faire en mesurant la force de rappel du gyro-compass. La SPERRY Company consultée à ce sujet, a répondu que de longues études seraient nécessaires. On pourrait aussi utiliser une méthode de sondages.

M. B. C. BROWNE rappelle de plus que des mesures ont été faites au même lieu, dans les divers compartiments du sous-marin et que les valeurs obtenues présentaient en moyenne une différence de 3,5 milligals. Il est projeté d'établir un nouveau dispositif de support stabilisé par cellule photo-électrique.

### Deuxième Séance — Lundi 23 août 1948

3. Commémoration du centième anniversaire de la naissance du Baron Roland Eötvös. — Le Dr RENNER, au nom du Comité hongrois, rend hommage à l'œuvre de Roland Eötvös à l'occasion du centenaire de sa naissance (*Annexe 4*). Il ajoute que l'année prochaine à Budapest aura lieu un meeting international auquel les Membres de l'Association sont invités.

4. Attempts to replace the elastic comparison force in gravimeters by capillary or electrostatic forces. — Le Prof. G. ISING fait un exposé, illustré de projections, des essais effectués pour remplacer

dans les gravimètres les forces de réaction élastiques par des forces capillaires ou électrostatiques (*Annexe 5*). Les résultats obtenus avec le gravimètre capillaire sont concordants; la précision des déterminations est de l'ordre de 0,5 milligal sur la terre ferme; une des causes d'erreurs principales est due aux irrégularités du tube. Le Prof. ISING ajoute qu'on a pu constater, après un an, une variation séculaire d'environ 100 milligals.

5. Présentation des résultats des observations gravimétriques. — Le Brigadier E. A. GLENNIE attire l'attention sur l'intérêt pour les géodésiens d'obtenir des sociétés de prospection quelques-unes de leurs déterminations gravimétriques (*Annexe 6*). Il serait suffisant de connaître les valeurs *observées* de la gravité en des points également distants, par exemple aux points les plus rapprochés des sommets des carrés de 10 km. de côté. Le choix ne doit pas être influencé par des considérations topographiques ou gravimétriques. D'autre part, toutes les données concernant la station de référence adoptée, les coordonnées des stations devraient être communiquées dans la mesure du possible ainsi que les méthodes de réduction et les cartes d'isonomales. Des détails plus précis que les sociétés de prospection pourraient hésiter à publier ne seraient nullement nécessaires.

Le Prof. VENING MEINESZ est tout à fait favorable à cette distance de 10 km. et à la présentation des déterminations indiquée par le Brigadier GLENNIE, mais pense que cette sélection purement géométrique n'est pas idéale et qu'il serait préférable de faire un choix des valeurs les plus représentatives. Il faut, ajoute-t-il, prendre une décision et adopter une résolution.

Le Dr DE GRAAFF HUNTER estime plus intéressant de connaître la valeur de la gravité réellement observée qu'une valeur représentative, plus ou moins corrigée. Le Brigadier BOMFORD et le Brigadier HOTINE sont d'avis qu'on ne peut pas préciser le choix des carrés, l'observateur lui-même étant le plus apte à choisir les valeurs les plus intéressantes. Au contraire, M. GOGUEL juge que ce problème important doit être traité d'une tout autre manière et qu'étant donné la multitude des stations des réseaux serrés, on peut envisager une continuité et considérer en quelque sorte le flux moyen. Une valeur moyenne de la gravité, proportionnelle à la surface, donnerait des indications plus précises pour des buts géodésiques. On adopterait une altitude moyenne avec laquelle on effectuerait la correction à l'air libre ou de Bouguer. Il ne pense pas que la distance de 10 km. puisse nuire à l'intérêt commercial des sociétés pétrolières. Le Prof. VENING MEINESZ demanderait que plus de détails soient communiqués, si cela est possible.

Le Prof. MARUSSI souligne l'opportunité d'établir un réseau de stations gravimétriques répandues sur de vastes régions suivant le canevas géographique au lieu du canevas kilométrique. Le Prof.

VENING MEINESZ pense qu'en effet ce choix serait plus utile pour calculer les déviations de la verticale.

Le Prof. HEISKANEN s'attache à la deuxième partie du problème soulevé par le Brigadier E. A. GLENNIE : la présentation des résultats. Il insiste sur la nécessité de publier la densité utilisée dans les corrections et de faire toutes les réductions avec la densité moyenne 2,67 et la densité réelle, autant qu'elle est connue. Il est indispensable que les Compagnies fassent elles-mêmes les corrections topographiques jusqu'à une distance de 20 km., le calcul des corrections plus lointaines est assez rapide. De plus, il préconise l'emploi d'un système isostatique unique.

Le Prof. CASSINIS revient sur la question précédente : il s'oppose au choix d'une valeur moyenne qui serait évidemment subjective; il estime que les valeurs observées, distantes de 10 km. satisferont les géodésiens. D'autre part, il appuie pleinement les idées du Prof. HEISKANEN sur les résultats à fournir au point de vue réduction.

Le Colonel DIANDERAS souligne qu'il est tout à fait d'accord avec M. CASSINIS pour le choix des valeurs *observées* et de leur distance.

M. B. C. BROWNE estime qu'on pourrait ajouter aux résultats demandés, la précision des mesures. Pour des fins géodésiques, la distance de 10 km. est suffisante, et les stations devraient être choisies de telle façon qu'elles représentent les conditions moyennes à l'intérieur d'un rayon de 5 km.

Le Président propose de nommer une Commission qui élaborera un texte précis de la résolution à adopter sur la présentation des valeurs gravimétriques des Compagnies pétrolières.

Les Membres suivants sont désignés :

Le Brigadier E. A. GLENNIE (Président), B. C. BROWNE, A. CARENO, G. CASSINIS, J. GOGUEL, W. HEISKANEN, le P. LEJAY, LENNERS, A. MARUSSI, A. O. RANKINE, F. S. RUSSEL.

6. Réponse à préparer à une demande formulée par l'Organisation Météorologique Internationale relative à la formule de gravité à utiliser pour réduire au niveau de la mer les valeurs observées de la pression atmosphérique. Examen des deux notes préparées à ce sujet par M. W. D. Lambert. — L'organisation Météorologique Internationale a demandé à l'Association Internationale de Géodésie de lui faire connaître la valeur normale la plus précise de l'accélération de la pesanteur à la latitude de 45°. Cette valeur sera adoptée par l'O.M.I. comme valeur standard de la pesanteur pour les réductions de la pression atmosphérique. D'autre part, cet organisme désire savoir quelles sont les formules internationalement admises qui donnent  $g$  en fonction de l'altitude et de la latitude  $\varphi$ .

La Section à l'unanimité décide de remettre le soin de répondre à ces questions à W. D. LAMBERT dont la compétence en cette question est unanimement reconnue et qui a préparé dernièrement deux

notes décrivant en détail et avec précision les méthodes actuellement en usage courant et les considérations qui permettent d'apprécier la valeur de  $g$  en un lieu lorsque la pesanteur n'y est pas connue par une mesure.

7. **Examen des propositions présentées en 1939 par l'American Geophysical Union sur les mesures de gradient vertical de l'intensité la pesanteur.** — Le Président donne lecture de la proposition suivante, présentée en 1939 :

*L'Association de Géodésie rappelle la variabilité du gradient vertical de l'intensité de la pesanteur et exprime le vœu que cette variabilité fasse l'objet d'études à l'aide des gravimètres sensibles qui ont été construits depuis quelques années.*

Il demande qu'on contacte l'American Geophysical Union avant de prendre une résolution. Quelques idées sont échangées entre M. GOGUEL et M. MARUSSI sur l'exactitude de l'expression *gradient vertical*. Il semble plus correct de parler de composante verticale du gradient de l'intensité de la pesanteur ou, plus simplement de composante verticale du gradient gravimétrique. On décide cependant de conserver la dénomination actuelle. On fait aussi remarquer la nécessité de connaître le gradient vertical en différents lieux. Le R. P. LEJAY rappelle que des mesures, faites sur les hauts buildings américains, ont révélé des différences du gradient vertical représentant 1% de la valeur du gradient normal.

8. **Experiments on the Tidal Variation of Gravity.** — Le Prof. RANKINE donne un bref aperçu des travaux de M. TOMASCHEK. Celui-ci n'a pas jugé bon de préparer une note sur cette question puisque les enregistrements, effectués au cours de ces dernières années en trois stations allemandes, ont été perdus, du fait de la guerre. Quelques détails seront cependant envoyés à M. W. D. LAMBERT. Actuellement, le Prof. TOMASCHEK se trouve en Angleterre avec deux des pendules horizontaux anciennement utilisés. Il espère continuer sur place ses études. En particulier, il souligne l'intérêt de déterminer expérimentalement s'il existe une absorption de gravité ou une interférence des ondes de gravité entre les astres. L'enregistrement des variations de la gravité à la prochaine éclipse de soleil en 1952 permettra d'éclaircir cette question, à condition d'avoir un appareil assez sensible.

Sur l'invitation du Prof. VENING MEINESZ, W. D. LAMBERT précise que l'*Anglo-Dutch Oil Company* a fait aussi des expériences de marées gravimétriques en un grand nombre de points. Le facteur 1,20 (utilisé pour réduire les effets calculés sur une terre rigide aux effets correspondants observés) a été confirmé parfaitement à 2 ou 5 centièmes de milligals.

M. GOGUEL signale qu'en France, à l'observatoire de Chambon-la-Forêt, on a effectué des mesures continues de la gravité, heure par heure pendant plusieurs jours dans le but d'étudier l'influence de l'effet luni-solaire dans les mesures gravimétriques de précision.

9, 10, 11. **Méthodes mexicaines de calcul des corrections topographiques et isostatiques. Carte des anomalies gravimétriques de la République Mexicaine. Tectonique de la République Mexicaine.** — M. CARENO rappelle le développement important des mesures gravimétriques dans la République Mexicaine. Outre les observations pendulaires du Département Géographique du Secrétariat de l'Agriculture (85) et de l'U. S. Coast and Geodetic Survey (83), rattachées à Washington, soit directement, soit par l'intermédiaire de Tacubaya, de nombreuses déterminations ont été faites au gravimètre et à la balance de torsion. Sur la carte des anomalies de Bouguer, on relève la bande d'anomalies positives couvrant la péninsule du Yucatan dont elle suit la direction et passant de la valeur zéro sur la côte des Caraïbes à la valeur + 72 milligals à l'extrémité opposée. Trois groupes d'anomalies négatives dépassant 200 milligals se dessinent au centre du pays.

Reprenant la méthode de Bowie, en utilisant non pas les zones de Hayford, mais des zones dont les régions s'expriment en nombres entiers de km. ou de degrés, A. CARENO a calculé les anomalies de la gravité en tenant compte des densités anormales du sous-sol. Les fortes anomalies négatives de Bouguer sont presque complètement réduites; l'étroite bande positive de la côte est de la péninsule du Yucatan continue les anomalies positives des Caraïbes; pour avoir plus de précision dans ces régions intéressantes, il serait nécessaire de procéder à des observations sous-marines dans le Canal de Yucatan. La carte des anomalies met en lumière la structure profonde du sous-sol de la République Mexicaine; M. Manuel ALVAREZ a étudié dans une brochure détaillée, les formations géologiques des différentes régions.

#### Réunion de la sous-Commission spéciale — Mardi 24 août 1948

La Sous-Commission désignée dans la séance du lundi 23 novembre se réunit mardi matin sous la présidence du Brigadier E. A. GLENNIE.

Les délégués exposent leurs idées sur la question de l'espacement des stations nécessaires pour des fins géodésiques, sur leur emplacement et sur les valeurs à communiquer ainsi que sur les détails relatifs aux corrections faites.

J. GOGUEL pense que les extraits demandés aux compagnies pétrolières pourraient être constitués soit par le réseau des bases établies en vue de la prospection, soit par les stations les plus proches des sommets du quadrillage de 10 km. de côté.

Le Prof. MARUSSI insiste pour que les positions des stations correspondent à des coordonnées géographiques exactes; cette répartition permet le calcul plus facile des dérivées secondes du potentiel terrestre et la détermination des valeurs moyennes du champ gravimétrique nécessaires aux développements en fonctions sphériques.

La Sous-Commission approuve le point de vue géodésique exposé par le Prof. VENING MEINESZ, le Prof. CASSINIS et le Prof. MARUSSI, estimant que la distance de 10 km. ou de 6 minutes d'arc est l'espace optimum. Sur l'intervention du Prof. HEISKANEN, elle précise que pour des latitudes supérieures à  $10^{\circ}$ , l'espacement serait de 12 minutes d'arc. B. C. BROWNE estime que, puisque les ondulations du géoïde ne dépassent pas 0,1 mètre par kilomètre, une valeur tous les 10 km. est suffisamment représentative à condition que les valeurs de  $g$  soient exactes à 1 milligal. Cette condition sera suffisante pour le calcul de la déviation de la verticale, cependant, à cette fin, il serait désirable que dans le voisinage immédiat du point où la déviation est calculée, des observations précises à 0, 1 milligal près et espacées de 1 km. soient données. Il ajoute que, pour les besoins géophysiques, des valeurs plus serrées peuvent être nécessaires; la Commission est d'avis d'inviter les organisations intéressées à fournir lorsqu'il sera possible des valeurs représentatives du champ gravimétrique. J. GOGUEL approuvant cette précision supplémentaire, pense qu'après un certain délai, les Compagnies pétrolières peuvent même communiquer sans nuire à l'intérêt commercial, des cartes détaillées pour l'étude de la constitution géologique et de sa corrélation avec la gravimétrie.

Après une brève discussion, la Commission se rallie unanimement à l'avis exprimé par le Dr DE GRAAFF HUNTER, que soient communiquées les valeurs *réellement observées* à la station dont on donnera la longitude Greenwich, la latitude et l'altitude par rapport au niveau de la mer.

Le P. LEJAY et le Prof. HEISKANEN font remarquer qu'il serait intéressant d'avoir les corrections de relief pour les zones proches jusqu'à  $0_2$ , si possible, quand elles ont été calculées: ces corrections indispensables pour toutes réductions étant difficilement calculables par des géodésiens qui n'ont pas en général à leur disposition les documents cartographiques nécessaires.

La Sous-Commission exprime donc le vœu que cette valeur soit fournie; elle est également unanime à demander dans la mesure du possible, les anomalies dans tous les systèmes de corrections où elles ont été calculées, sous forme de cartes, donnant sinon les détails, au moins les caractères généraux essentiels ainsi que les renseignements complets sur les méthodes de calcul et les densités utilisées. La Sous-Commission fait encore remarquer qu'il est essentiel que soient données les valeurs admises pour les bases sur lesquelles les réseaux sont appuyés et les renseignements sur la jonction entre ces bases et les bases nationales (*Vœu n° 1*).

## Troisième Séance — Mardi 24 août 1948

## 12. Sur les différentes façons de calculer l'effet indirect des masses.

— Le Prof. VENING MEINESZ fait un premier exposé sur cette question. Considérant tant le point de vue géodésique que le point de vue de l'interprétation des anomalies, il montre que l'application de l'effet indirect telle qu'elle a été faite jusqu'ici par les géodésiens suppose une compensation des masses comprise entre le *géoïde réel* et le *co-géoïde* qui n'est certainement pas. De ce fait, les anomalies résultant du calcul sont modifiées par suite du déplacement du centre d'inertie de la terre de façon systématique sur de larges zones (océaniques, continentales) et leur interprétation devient pour le géophysicien très difficile. La méthode qu'il préconise évite cet inconvénient (*Bulletin Géodésique*, n° 1, 1946). A son tour le R. P. LEJAY exprime son point de vue (*Bulletin Géodésique*, n° 8, 1948). A son sens l'application de l'effet indirect par la méthode classique conduit à des résultats permettant de calculer la forme du géoïde par la formule de Stokes. Dans ce but il a dressé des tables pratiques pour le calcul de l'effet indirect; ces tables publiées dans le Bulletin indiqué ci-dessus complètent celles de LAMBERT et DARLING; elles permettront de réduire les anomalies déjà calculées au géoïde isostatique probablement plus régulier et de déterminer la distance des deux géoïdes.

M. GOGUEL pense qu'il faut séparer les deux problèmes : celui de la forme du géoïde et celui de l'équilibre mécanique intérieur de la terre, c'est-à-dire la *répartition des pressions internes*. Il pense également que la méthode classique est correcte pour satisfaire les besoins de la géodésie, mais qu'en déplaçant les masses comme on le suppose dans ce calcul, on aboutit à concevoir un géoïde fictif dans lequel les pressions internes seraient toutes différentes de celles qui règnent dans le globe réel. Il admet qu'il serait tentant d'adopter comme géoïde fictif pour l'application de la formule de Stokes celui qui permet le mieux d'étudier le régime mécanique interne du globe, mais ce procédé préconisé par le Prof. VENING MEINESZ semble soulever des difficultés. Outre la complication des calculs à effectuer, il faut introduire des approximations qui ne sont pas certainement perfectibles tels que la loi de répartition des densités en profondeur et surtout l'emploi d'une représentation du relief par une série de fonctions sphériques. Il paraît délicat pour un mode de réduction qui doit être imposé universellement de s'appuyer sur de telles hypothèses. Il propose donc d'utiliser les tables tenant compte de l'effet indirect et d'appliquer dans un second temps les corrections nécessaires pour réduire les valeurs obtenues au *géoïde en équilibre fluide*.

Le Prof. VENING MEINESZ fait remarquer que l'hypothèse sur la loi de répartition des densités en profondeur n'a pas une influence sensible.

La discussion est renvoyée à la Section V.

13. **Présentation des Cartes et des Tables en vue de faciliter le calcul des réductions gravimétriques.** — Le P. LEJAY présente les cartes d'altitudes moyennes préparées pour le calcul des corrections par la méthode d'Hayford. Sur ces cartes de France sont inscrites les valeurs des altitudes moyennes de chaque carreau de  $4' \times 5'$ . Le Prof. CASSINIS objecte que cette méthode est longue car il faut faire la somme de nombreux carrés. D'autre part, elle peut faire perdre de la précision puisque les zones ne couvrent pas des surfaces exactes de carrés et que la moyenne réelle est différente de la moyenne des altitudes maximum et minimum: l'altitude moyenne de l'Europe, par exemple, serait ainsi beaucoup plus grande que l'altitude-vraie car l'écart est toujours dans le même sens: pour réduire cette différence, il faudrait des carrés très petits.

Le P. LEJAY répond que si cette méthode peut paraître dans certains cas plus longue qu'une évaluation à partir de courbes très généralisées elle est plus pratique puisque ce travail peut être confié à des personnes peu expérimentées. D'autre part, l'évaluation de ces altitudes a été faite avec précision sur des cartes au  $1/200.000$ ,  $1/50.000$  ou  $1/40.000$  suivant le relief de la région; la surface des carrés comprise dans les zones est appréciée; enfin que la moyenne d'un compartiment est celle de nombreux carreaux, donc que l'erreur commise par suite de surfaces négligées est très faible.

Le P. LEJAY fait connaître aussi que les Tables signalées à la réunion de la Commission Permanente à Paris en juillet 1946, préparées pour le calcul des réductions topographiques et isostatiques en tenant compte de l'effet indirect, dans les différents systèmes de compensation, n'ont pas encore été publiées, en raison du débat ouvert à propos du calcul de l'effet indirect. Il pose la question de leur utilité.

Il signale le projet de représentation sur des cartes pour toute la France des corrections topographiques et isostatiques (à l'exclusion des corrections topographiques des zones *A-L*). Une simple lecture suffirait à obtenir la correction (à ajouter à la correction topographique mise à part ci-dessus): on pourrait avec de telles cartes sans un travail disproportionné calculer les corrections isostatiques des réseaux serrés de projections. De telles cartes ont été mises en préparation pour la France après un essai effectué pour un territoire restreint (Dauphiné), réalisé à l'instigation de M. GOGUEL. Le Prof. HEISKANEN fait remarquer que de telles cartes et particulièrement des cartes à grande échelle de ce type seraient très utiles pour les réductions isostatiques en général et il espère que le même travail pourra être fait dans d'autres pays.

14. **Comparaisons et considérations sur les anomalies gravimétriques de l'Ethiopie, du Kenia, de l'Ouganda et du Tanganyka.** — Le temps étant limité, on procède seulement à la distribution de la brochure indiquée ci-dessus. Le Prof. PACELLA reprenant l'idée de C. E.

BULLARD sur la compensation isostatique du plateau africain, dresse, un tableau des mesures effectuées en Ethiopie par lui-même ou par M. BALLARIN, avec les anomalies de Bouguer calculées avec la densité 2,8 pour tenir compte de la présence des basaltes. En conclusion, il écrit :

*...the table makes obvious the sensible amount of the negative anomaly and the qualitative correlation between anomaly and altitude for the Ethiopia stations also.*

*There is thus in Abyssinia a diffused and nearly total compensation in the same manner as it was already appearing from the investigations of C. E. Bullard in the territories West of Abyssinia. Consequently all the East portion of Africa should be considered a single gravimetric region. There are not lacking however the exceptions due to considerable effusion and infusion of heavier masses as in Aubane, Aiscia and, on the contrary, there are elsewhere layers of lighter masses as in Ucialli where in effect we discovered pit-coal...*

15 et 16. Gravity Investigations of the Dominion Observatory 1939-1940. Gravity Anomalies in North Western Canada. — M. BEALS présente ces deux communications (*Annexes 7 et 8*), la première de M. MILLER résumant les déterminations gravimétriques effectuées au pendule, à la balance de torsion et au gravimètre, dans le Canada; la deuxième de M. J. S. INNES insistant sur la prédominance des anomalies isostatiques négatives dans une région précambrienne, donc de densité plus élevée que la moyenne.

#### Quatrième Séance. — Mercredi 25 août 1948.

17. Gravity Anomalies of the Canadian Shield Area of Northern Ontario. — Le Président donne la parole au Prof. WILSON qui n'avait pu présenter la veille la communication de G. D. GARLAND (*Annexe 9*), illustrée de projections. Il est montré que les irrégularités de la couche superficielle granitique produisent des anomalies de la gravité sur une surface étendue.

18. Connexion entre les bases principales. Communication sur le gravimètre Worden et les projets de M. Woollard. — W. D. LAMBERT insiste sur la nécessité d'établir de nouvelles liaisons entre les principales bases mondiales. Les travaux de C. MORELLI et de R. A. HIRVONEN sur la compensation du réseau gravimétrique montrent que l'homogénéité d'un tel réseau ne pourra pas être établie sans de nouvelles déterminations. M. WOOLLARD dispose d'un gravimètre très léger dont

l'échelle est d'environ 5.000 milligals, la dérive horaire est constante et égale à 0,6 milligal. Il vient d'effectuer un premier raid à San Francisco, Panama, Honolulu et Guam.

W. D. LAMBERT demande qu'une résolution soit prise pour encourager le travail de M. WOOLLARD. Le Prof. HEISKANEN est de l'avis de M. LAMBERT pour approuver pleinement toutes les liaisons nouvelles qui apporteront une solution plus précise aux problèmes de la Compensation du réseau gravimétrique. Le Prof. VENING MEINESZ est heureux de soutenir cette proposition puisque les gravimètres modernes donnent un moyen efficace pour établir les liaisons gravimétriques et remercie chaleureusement le rapporteur.

M. G. NÖRGAARD fait remarquer que l'appareil qu'il a construit s'est révélé apte à de grandes liaisons. Il a relié gravimétriquement le Groënland, Oslo, Stockholm et le Danemark : l'erreur de fermeture était nulle.

A la question de M. NÖRGAARD sur l'étalonnage du gravimètre de M. WOOLLARD, W. D. LAMBERT répond que cet appareil est étalonné sans recours à plusieurs valeurs de base, par inclinaison de l'instrument. M. NÖRGAARD entrevoit une connexion entre les Indes et Teddington. Le P. LEJAY s'informe de la précision que l'on pourrait obtenir avec le gravimètre Nörngaard entre deux points aussi éloignés que Teddington et Dehra Dun par exemple, et de la manière d'apprécier une dérive assez irrégulière d'environ 2 milligals par jour. M. NÖRGAARD répond que la dérive n'atteint pas 2 milligals et que les liaisons déjà effectuées entre les capitales secondaires permettent de croire que la précision à des grandes distances serait satisfaisante.

Le Président suggère que la résolution présentée par W. D. LAMBERT soit étendue de façon que chaque Service National utilise au mieux les moyens modernes en son pouvoir pour effectuer les liaisons gravimétriques qui s'imposent (*Vœu n° 2*).

19. **Présentation du rapport général établi par le Professeur Cassinis. Problème général de la Compensation du réseau gravimétrique mondial. Examen des travaux de M. Morelli.** — Le Prof. CASSINIS fait quelques remarques concernant le rapport général sur les *Déterminations gravimétriques* qu'il est chargé d'établir. Il lui a été difficile de faire un rapport complet car plusieurs pays ne lui ont pas envoyé le résumé de leurs travaux, mais il espère les recevoir pour établir le rapport définitif. D'autre part, la séparation des domaines des *Déterminations gravimétriques* et de l'*Isostasie* n'a pas été précisée : le Prof. CASSINIS estime que si son étude doit se borner en gravimétrie aux observations (pendules, horloges, ...) et aux méthodes, celle de M. HEISKANEN doit plutôt porter sur l'interprétation des résultats. De plus, il annonce que son rapport définitif aura une présentation différente des rapports antérieurs de M. SOLER : il sera non pas une simple analyse mais un travail synthétique et critique des travaux et méthodes.

Au sujet des mesures absolues, le Prof. CASSINIS rappelle que la valeur absolue de la gravité admise à Potsdam 981,274 est reconnue unanimement comme trop élevée: les travaux en cours de A. BERROTH sur les pendules à inversion, mettent en lumière une correction supplémentaire de 13 milligals à appliquer aux déterminations antérieures: cette valeur est concordante avec celle déduite des différentes liaisons indirectes entre Teddington, Washington et Potsdam. La valeur de Léningrad est mal connue. L'appareil en cours de Ch. VOLLET apportera plus tard une solution mais il reste des difficultés de construction à vaincre et sans doute il y aura à discuter sur des erreurs systématiques tout autres (puisque le principe est différent) que les erreurs qui interviennent dans les mesures pendulaires.

Malgré la certitude que *la valeur de Potsdam* est erronée, on est unanimement d'avis que cette valeur *ne doit pas être modifiée pour l'instant*.

Le Prof. CASSINIS ne veut pas revenir sur les questions déjà discutées dans ces séances ou présentées dans son rapport provisoire; il ajoutera simplement quelques compléments.

Au sujet des mesures relatives, à la suite de l'intervention de M. W. D. LAMBERT à propos des travaux de M. WOOLLARD, il pense que le perfectionnement des gravimètres ne doit pas faire abandonner l'emploi des pendules et que le vœu n° 2 laisse assez de liberté aux Comités nationaux pour qu'ils effectuent les liaisons recommandées avec les appareils de leur choix les plus précis.

M. M. MORELLI et HIRVONEN ont commencé un travail important sur la compensation du réseau gravimétrique: ils ont employé des méthodes peu différentes, leurs résultats cependant sont quelquefois discordants de 7 à 8 milligals (Turin et Dehra Dun): des conclusions définitives ne peuvent être adoptées pour le moment. Une étude a été entreprise en vue d'établir pour les corrections des tables relatives à des surfaces limitées par des parallèles aux axes de coordonnées géographiques au lieu des zones de Hayford.

**20. Présentation du Rapport général établi par le Dr Heiskanen en ce qui concerne les réductions isostatiques des mesures de gravité. Exposé de diverses suggestions; recommandations et explication par le Dr Heiskanen.** — Le Prof. HEISKANEN présente un volumineux rapport sur l'isostasie qui, comme celui de M. CASSINIS, paraîtra dans les Rapports Généraux. Il insiste en particulier sur les diverses méthodes de réduction utilisées et désirerait que la correction de relief soit publiée avec les coordonnées et les résultats gravimétriques de chaque station. Pour faciliter une étude générale de la terre, il préconise l'emploi d'un système unique de correction: le système Airy avec une profondeur de 30 km. Il souligne aussi l'importance de la méthode cartographique pour réduire isostatiquement les anomalies de la gravité dans un but d'études mondiales, et demande que puisse

être continuée la préparation de telles cartes de réductions isostatiques à l'échelle convenable.

On est d'avis que le choix d'un système unique de corrections ne peut être imposé et que cette méthode de réduction cartographique doit être largement développée (*Vœu n° 3*).

21. **Report on Geodetic Work of the Survey of India.** — B. L. GULATÉE présente un travail sur les nombreuses déterminations gravimétriques effectuées depuis 1904 qui relie Dehra Dun et les stations européennes; ces valeurs sont assez différentes (*Annexe 10*). Il signale qu'un réseau gravimétrique à larges mailles observé avec des pendules de Cambridge en invar couvre plus ou moins uniformément l'Inde et la Birmanie. Depuis 1947 l'achat d'un *Frost Gravimeter* a permis de commencer l'exécution du vaste programme de réseaux plus denses (30.000 stations distantes d'environ 10 miles).

22. **Vœu proposé par la délégation de la République Argentine.** — Le Président donne lecture du vœu demandé (*Vœu n° 6*) souhaitant que se développent activement les travaux gravimétriques de ce pays où des déterminations précises de la gravité avec un appareil Sterneck sont effectuées dans le voisinage des points de Laplace. Des réseaux serrés ont été entrepris pour des fins scientifiques ou pratiques avec différents gravimètres.

Avant de clore la séance, le Prof. CASSINIS remercie les Membres qui ont entrepris des démarches, après sa demande en juillet 1946 à la Commission Permanente, pour obtenir qu'un sous-marin italien soit conservé en vue de déterminations gravimétriques sur mer. Il signale que ce vœu ne fut pas exaucé.

La Section émet le vœu que les mesures en mer soient développées autant que possible (*Vœu n° 4*).

M. L. SOLAINI demande si on ne pourrait pas établir un programme d'ensemble pour les mesures sous-marines ou tout au moins fixer d'avance quelques positions précises. Le Prof. VENING MEINESZ répond qu'il est impossible de fixer à la Marine des arrêts déterminés.

Le Président remercie les Membres présents qui ont suivi avec intérêt les séances de la Section et ont apporté une contribution au succès de ses travaux. A son tour, le P. LEJAY en tant que Secrétaire, adresse, au nom de la Section, des remerciements chaleureux au Prof. VENING MEINESZ et propose que la Section lui exprime des félicitations pour le tact et la compétence qu'il a montrés dans la direction de ces nombreux échanges de vues et la discussion des communications présentées à cette Assemblée.

Cette proposition est unanimement applaudie.

On trouvera ci après les textes français et anglais des vœux proposés par la Section de Gravimétrie et adoptés par l'Association Internationale de Géodésie.

## TEXTE FRANÇAIS

### Vœu n° 1

relatif à la présentation des résultats de prospections gravimétriques

L'Association Internationale de Géodésie,

*Constatant* que les réseaux gravimétriques étendus qui ont été levés en un grand nombre de pays pour des fins de prospections fournissent des résultats de grand intérêt géodésique et pensant que les organismes intéressés accepteraient de coopérer avec l'Association, après avoir étudié le nombre de données nécessaires aux recherches géodésiques et la forme sous laquelle ces données devraient être présentées, *recommande* :

1° Que des valeurs soient fournies pour des stations effectivement occupées, espacées aussi régulièrement que possible sur toute la surface couverte par le réseau.

Que ces stations soient en principe choisies à des intervalles de 6 minutes d'arc (12' en longitude au-dessus du 60° degré de latitude) ou, si cette disposition n'est pas possible, à des intervalles approximatifs de dix kilomètres entre les stations.

2° Que des valeurs additionnelles soient fournies lorsque cela est nécessaire pour une meilleure représentation du champ gravimétrique, ou pour inclure dans la liste les stations de base.

3° Que, pour chacune des stations des paragraphes 1 et 2 soient fournies essentiellement :

- a) la latitude et la longitude Greenwich (autant que possible à 1" près);
- b) l'altitude;
- c) la valeur observée de  $g$ .

4° Que soient donnés des détails complets sur la position, l'altitude et la valeur supposées de  $g$  de la station de base (ou des stations de base) à laquelle les stations du § 3 sont rapportées.

5° Que, dans le cas où les anomalies ont été calculées, soient données les valeurs de la correction de relief et la densité utilisée, si possible pour chaque station du § 3, ainsi que la distance pour laquelle la correction de relief a été calculée.

6° Que, dans le cas où des cartes d'anomales pourraient être communiquées, soient fournis des détails complets sur la nature des anomalies, la méthode de réduction, les densités admises et les formules de valeurs normales utilisées.

**Vœu n° 2 relatif aux liaisons gravimétriques**

L'Association Internationale de Géodésie,

*Considérant* l'importance de mesures précises de différence de gravité entre les stations fondamentales des principaux réseaux,

regarde avec faveur les projets qui sont actuellement en cours d'exécution, en vue d'établir des liaisons entre les stations servant de base, et invite les nations intéressées à donner à ceux qui les entreprennent toute l'aide en leur pouvoir.

**Vœu n° 3 relatif aux réductions isostatiques  
pour les réseaux denses de stations gravimétriques**

L'Association Internationale de Géodésie,

*Recommande* de faire, autant que possible, des cartes de réduction isostatique qui pourront être utilisées pour le calcul rapide des anomalies pour le grand nombre de stations gravimétriques actuellement en cours d'exécution.

**Vœu n° 4 relatif à l'extension des mesures gravimétriques**

L'Association Internationale de Géodésie,

*Considérant*: l'intérêt de la méthode gravimétrique de détermination de la forme de la terre et d'une représentation géodésique mondiale, que, dans ce but, la gravité doit être connue sur la surface entière de la terre, que les observations gravimétriques en mer sont actuellement réduites à quelques profils transocéaniques et à des aires limitées prospectés principalement pour des fins géologiques;

*fait ressortir* le besoin d'observations gravimétriques sur tous les Océans et *incite* les nations maritimes organisant de telles opérations à étudier un programme d'ensemble en vue d'une prospection systématique des régions océaniques. L'Association Internationale de Géodésie presse toutes nations, dont le territoire est totalement ou partiellement dépourvu de stations gravimétriques, de prendre les dispositions nécessaires pour combler ces lacunes.

**Vœu n° 5 relatif à la concentration des résultats gravimétriques**

L'Association Internationale de Géodésie,

*Considérant* l'accroissement considérable du nombre des mesures gravimétriques dont les résultats seront mis à la disposition des géodésiens dans un avenir proche,

*recommande* que des dispositions soient prises immédiatement pour assurer la concentration, la coordination et la garde de ces documents élaborés sous une forme convenant aux buts géodésiques.

A cette fin, envisage la création d'un Bureau Gravimétrique International.

*recommande* qu'en plus des informations fournies aux organisations nationales et au Bureau des Réductions Isostatiques d'Helsinki, des copies de tous les résultats gravimétriques soient envoyés en double au Bureau central de l'Association Internationale de Géodésie à Paris.

#### Vœu n° 6 proposé par la Délégation de la République Argentine

L'Association Internationale de Géodésie,

*Considérant* la très grande étendue en latitude du continent américain;

*recommande* aux organisations géodésiques des divers pays de ce continent, l'exécution d'observations gravimétriques aussi précises que possible, en liaison avec les travaux géodésiques exécutés dans les mêmes régions.

### ENGLISH TEXT

#### Resolution n° 1.

#### Présentation of the Results of Gravity Surveys

The International Association for Geodesy,

*noting* that the extensive gravimetric surveys, which are being made in many countries for prospecting purposes, yield results of great geodetic interest and *believing* that the organisations concerned would be willing to co-operate with the Association, have considered the amount of this data necessary for geodetic investigation and the form in which such data should be recorded, *recommend* :

1° that data be given for stations actually occupied spaced as regularly as possible over the area surveyed,

that in principle these stations be selected at intervals of 6 minutes of arc (12 minutes of longitude above 60° latitude) or, if this spacing is impossible, at intervals of approximately ten kilometers;

2° that additional data be given wherever this is necessary for a better representation of the gravitational field or for the inclusion of base stations;

3° that for each of the stations of paragraphs 1 and 2 the following essential information be given :

- a) Latitude and longitude from Greenwich (to 1 second of arc if possible);
- b) Height;
- c) Observed value of  $g$ .

4° that complete details be given on the position, height and assumed value of  $g$  at the base station (or stations) to which the stations in paragraph 3 are referred;

5° that, in cases where the anomalies have been computed, the correction for topography and the assumed density be given for each station in paragraph 3 as well as the distance out to which the topographic correction has been calculated;

6° that, in cases where isoanomaly charts can also be made available complete details be given of the type of anomaly, the assumed densities and the normal gravity formula used.

#### Resolution n° 2.

##### Interconnection between gravity-base stations

The International Association for Geodesy,  
*appreciating* the importance of precise measurements, of the differences in gravity between the stations used as bases for major gravity surveys,

*welcome* the projects at présent in progress to interconnect such base stations and request every nation concerned to give all possible assistance to those engaged in this work.

#### Resolution n° 3.

##### Isostatic Reduction of detailed gravity surveys

The International Association for Geodesy,  
*recommend* the preparation of as many isostatic reduction charts as possible which can be used for making rapid calculations of the anomalies at the maximum number of stations where gravity observations are being made.

#### Resolution n° 4.

##### Extension of gravity surveys

The International Association for Geodesy,  
*appreciating* the importance of the gravimetric method of determining the figure of the earth and establishing a world wide geodetic datum

*appreciating*

that for this purpose gravity must be known over the entire surface of the earth,

that gravity observations at sea are in fact limited to a few transoceanic profiles and some restricted areas investigated principally for geological purposes

*re-emphasise* the need for gravity observations over all the oceans and *urges* those maritime nations engaged in this work to adopt a programme for a more systematic coverage of the oceanic regions. The International Association for Geodesy further urges all those nations in whose territory there are no gravity observations or very few, to take necessary steps to fill in these gaps.

**Resolution n° 5.  
Centralisation of Gravity Data**

The International Association for Geodesy,

*noting* the considerable increase in the number of gravity measurements likely to become available for geodetic purposes in the near future,

*recommend* that immediate steps be taken to ensure the centralisation, co-ordination and preservation of these data in a form suitable for geodetic purposes.

To this end consideration should be given to the establishment of an International Gravity Bureau.

They further recommend that in addition to the information supplied to national organisations and to the Isostatic Institute of Helsinki copies of all gravity results should be sent in duplicate to the Central Bureau of the International Association for Geodesy in Paris.

**Resolution n° 6.  
Proposal by the Delegation of the Argentine Republic**

The International Association for Geodesy,

*having regard* to the great range latitude covered by the American Continent

*recommend* that the geodetic organisations of the various countries of that Continent should make gravity surveys as accurately as possible in conjunction with other geodetic operations in these same regions.

## BIBLIOGRAPHIE

---

A l'occasion de l'Assemblée Générale d'Oslo le Bureau Central a reçu un certain nombre de documents imprimés que l'on ne pourrait songer à reproduire dans le *Bulletin Géodésique* et dont on trouvera la liste ci-après :

- ANONYME. — Report on the Nörsgaard Gravimeter. Londres, 1947, Craeluis C<sup>o</sup> Ltd.
- ANONYME. — Prospection géophysique avec le Gravimètre Nörsgaard. Stockholm, 1947, The Electrical Prospecting Company.
- BOAGA (G.). — Lo stato attuale della rete gravimetrica italiana, Florence, 1947, Istituto Geografico militare.
- HIRVONEN (R. A.). — On the Establishment of the Values of Gravity for the National Reference Stations. Helsinki, 1948, Publication n° 49 de l'Institut isostatique d'Helsinki.
- MARTIN (J.) et BOLLO (R.). — Liaisons gravimétriques Paris-Chamonix-Genève et Paris-Toulouse-Pic du Midi de Bigorre. Paris, 1948. Centre de documentation universitaire.
- MORELLI (C.). — Compensazione della rete internazionale delle stazioni di riferimento per le misure di Gravita relativa. Trieste, 1946, Istituto di Geodesia, Pub. n° 4.
- Ulteriori elementi a sostegno di una correzione per i valori della Gravita. Rome, 1948, Pubblicazione n° 433 dell'Istituto Nazionale di Geofisica.
- Discussione e considerazioni sulla compensazione d'insieme della rete internazionale delle stazioni di riferimento per le misure di Gravita relativa. Rome, 1948, Pubblicazione n° 439 dell'Istituto Nazionale di Geofisica.
- Sulla revisione dei capisaldi per le misure de Gravita. Rome, 1949, Pubblicazione n° 465 dell'Istituto Nazionale di Geofisica.
- OLCZAK (T.). — The measurements with the Eötvös balance and the problem of determining the higher normal derivatives of the external gravity potential. Varsovie, 1948.

PACELLA (G. B.). — Comparisons and considerations on the gravimetric anomalies of Ethiopia and Kenya, Uganda, Tanganyika. Florence, 1948, Istituto Geografico Militare.

SANS HUELIN (G.) et CALVO (L. L.). — Las determinaciones de la Gravedad en España y el elipsoide terrestre mas aproximado al geoide que se deduce de aquellas. Madrid, 1948, Instituto Geografico y Cadasdral.

---