

ASSOCIATION INTERNATIONALE DE GÉODÉSIE

**BUREAU GRAVIMÉTRIQUE
INTERNATIONAL**

BULLETIN D'INFORMATION

N° 31

Mars 1973

UNIVERSITÉ PARIS VI

**11, Quai Saint-Bernard - Tour 14
75005 PARIS (FRANCE)**

MEAN FREE-AIR GRAVITY ANOMALIES MAP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$

In this Bulletin we have published the first sheet with free-air gravity anomalies by $1^{\circ} \times 1^{\circ}$, extending from 30°N - 70°N and - 20°W.G. to 20°E.G. ; the northern area, beyond 70°N has been delayed because many recent gravity observations were made in this area, but have not been yet communicated to the Office.

We plan to publish as second sheet :

- the map extending from : + 30°N to 30°S and - 20°W.G. to 20°E.G. ,
- or,- the map extending from 30°N to 70°N and - 60°W.G. to - 20°W.G. according to the results received at the I.G.B.

So, it is expressly and kindly asked to each Observer and National Service to send to the I.G.B. any gravimetric or topographical information (mean height for instance) corresponding to the regions hereabove mentioned, in order to publish the best present mean gravity values.

If you have some suggestions and remarks concerning this first map, please, would you return this paper to the

INTERNATIONAL GRAVITY BUREAU
11, Quai Saint-Bernard, tour 14
75005 - PARIS
(France)

FREE-AIR GRAVITY ANOMALIES MAP $1^{\circ} \times 1^{\circ}$:

BUREAU GRAVIMÉTRIQUE
INTERNATIONAL

Paris

=====

BULLETIN D'INFORMATION

Mars 1973

N° 31

=====

Publié pour le Conseil International des Unions
Scientifiques avec l'aide financière de l'UNESCO

Subvention UNESCO 1973 DG/2.1/414/36

T A B L E des M A T I E R E S

1ère Partie

- A - Some texts concerning the organization of the INTERNATIONAL GRAVITY BUREAU and the INTERNATIONAL GRAVITY COMMISSION p.I-3.
 I - Statutes of the F.A.G.S.
 II - "The International Gravity Bureau"
 III - New statutes of the I.A.G.
 IV - By - laws of I.A.G.
- B - SCIENTIFIC BILAN of the INTERNATIONAL GRAVITY BUREAU p.I-8.
- C - VARIOUS INFORMATION
 I - Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 p.I-10.
 - Recommandation (Comité Int. des Poids et Mesures)
 - Use of the new gravity system (DMA, AC)
- II - New Gravity Stations at the Rhein-Main-Airport,
 Frankfurt/Main by C. GERSTENCKER p.I-11.
- D - SUR LES ANOMALIES MOYENNES DE LA PESANTEUR, TESTS ET
 RESULTATS - ANOMALIES A L'AIR LIBRE PAR $1^\circ \times 1^\circ$
 par S. CORON p.I-18.
 Chapitre I - Essais préliminaires sur l'estimation des
 moyennes de variables gravimétriques p.I-19.
 Chapitre II - Méthodes pratiques pour le calcul des
 anomalies moyennes à l'air libre p.I-34.
 Chapitre III - Quelques remarques sur les anomalies
 de pesanteur en mer p.I-40.
 (Modèle des tableaux récapitulatifs
 des résultats par degré carré)
 Chapitre IV - Carte d'anomalies moyennes à l'air libre
 par $1^\circ \times 1^\circ$, s'étendant de 30° à 70° N et
 20° W.G. à 20° E.G. p.I-47.
 Tableaux des résultats p.I-49.
 Carte hors texte

2ème Partie

- Liste des publications reçues au B.G.I.
 (Août 1972 à Janvier 1973)
 concernant les questions de pesanteur p.II-1.

Dr. S. CORON

- A -

Some texts concerning the organization
of the INTERNATIONAL GRAVITY BUREAU and the
INTERNATIONAL GRAVITY COMMISSION

I - Statutes of the FEDERATION of ASTRONOMICAL and GEOPHYSICAL SERVICES
(extracts) - Year Book 1972, p.164.

Establishment and aims of the Federation

1. A Federation of Permanent Services of Astronomy, Geodesy, Geophysics and related sciences has been established within the framework of the International Council of Scientific Unions (ICSU). The present statutes replace those adopted in 1956.
2. For the purpose of the present Statutes, a Permanent Service shall be a scientific organization placed under the authority of one or several scientific members of ICSU and entrusted with the following tasks :
 - to collect, as a continuous activity, observations, information and data relating to the sciences referred to in paragraph 1 above ;
 - to analyse and synthesize them ;
 - to draw conclusions from them ;
 - to distribute data on request ;
 - to publish the results obtained.

Each Permanent Service shall be placed under the authority of a Board which shall include the Director of the Service ; the composition of each Board shall be decided by the interested Union or Unions, which shall also appoint the Director.

...

The International Gravity Bureau is a Permanent Service
depending on the International Union of Geodesy and Geophysics.

II - "The INTERNATIONAL GRAVITY BUREAU" (extracts) - December 1959.

P. TARDI, Director of the IGB.

1. History

The IGB was created after a decision taken by the International Association of Geodesy (IAG) during its General Assembly held in Brussels in 1951.

2. The International Gravity Commission

The IGB is to be considered as the executive organism of the International Gravity Commission (IGC) which is a permanent Commission of the IAG. This Commission is composed of one Member for each member nation (the Member being appointed by the Nation).

3. Triennial meetings

The IGC holds on principle a meeting every three years (1953, 1956, 1959). Those meetings become more and more real "world sittings" of Gravity open to all interested people wishing to attend them. But it is to be understood, that if there is a vote, one member for each nation only is given vote.

4. Organization

The IGC and the IGB are both dependent on the Section of Gravity which is an organic Section of the IAG (Section IV). Therefore they are both under the direct control of the Chairman of that Section.

The IGB is under the direction of a Committee of Management which has to establish, if need be, the programmes of works.

- Provisional decisions taken by the Bureau of the IAG concerning the organization of Section IV - Gravimetry. (14.12.1959)

G. CASSINIS, Chairman of the Association

P. TARDI, General Secretary of the IAG

B.C. BROWNE, Chairman of Section IV of the IAG

As a result of the meeting in Paris of the IGC (September 1959) and taking into account the resolutions adopted there, the Bureau of the IAG took the following decisions (in agreement with the Chairman and the Secretaries of Section IV) which will be submitted for the approval of the Executive Committee of the IAG at the General Assembly in Helsinki in July 1960.

GENERAL

Section IV (Gravimetry) has two permanent executive organizations :

- The International Gravimetric Commission,
- The International Gravimetric Bureau

THE INTERNATIONAL GRAVIMETRIC COMMISSION

The IGC includes one member of each member nation. It is under the Chairmanship of the Chairman of Section IV. Its meetings take place every three years at the IGB, in principle, the year before a General Assembly of the Association. Its purpose is the achievement of a homogeneous gravimetric network covering the whole world. In particular, this involves the publication of gravity anomalies in a homogeneous form computed for various hypotheses, so as to facilitate calculations dealing with problems concerning the Shape of the Earth.

The IGC appoints from among its members, a Committee of five persons (including the Chairman) as a Committee of Management of the IGB.

THE INTERNATIONAL GRAVIMETRIC BUREAU

The IGB is a Permanent Service in connexion with the Federation of Astronomical and Geophysical Permanent Services. On this account it receives from the International Council of Scientific Unions, an annual subvention in order to finance the projects it has to carry out. In principle its premises and the major part of the salaries of the staff are provided by the nation in whose country the Bureau is situated. The post of Director is honorary. The Director is elected by the General Assembly upon the proposal of the International Gravimetric Commission for two three year periods. He is eligible for re-election for successive three year periods.

The purpose of the IGB is the collection of all data concerning the homogeneous world gravity network and the compilation of cartographic documents dealing with this network. It may, in some cases, carry out reductions, computations or tabulations on behalf of any organisation of any nation. Such work, carried out in principle as supplementary work by the staff of the Bureau, may involve a special payment which will be shown in the accounts of the Bureau. In exceptional circumstances, the Bureau may take part (directly or indirectly) in making international gravity measurements.

The IGB is to publish a half-yearly inexpensive Bulletin giving particulars of information recently received and to send it to all member nations. An important part of this Bulletin is bibliographical and is primarily concerned with experimental results (measurements and reductions) rather than with theoretical studies.

...

III - New Statutes of the INTERNATIONAL ASSOCIATION of GEODESY
(Bull. Géod., n°105, 1972).

As the IGB is an organisation depending on the IAG (UGGI) hereabove, are reported the articles concerning the functions of the various bodies of the IAG.

Article 2 - Management of the Association

Authority is vested in the General Assembly of the IAG constituted by all the duly accredited delegates of member countries.

The General Assembly is assisted by a Council, hereinafter called "the Council", consisting of delegates duly accredited before every meeting of the Council on the basis of one delegate per member country. This council is responsible for debating and preparing the decisions submitted for ratification to the General Assembly, in particular on matters concerning elections and decisions having an important financial bearing (budget, etc...).

Between General Assemblies, the conduct of the business of the IAG is delegated to the Bureau and to the Executive Committee whose composition and functions are given below :

The Bureau consists of the President, the First Vice-President and the General Secretary. Its function is to manage the IAG in accordance with the current Statutes and By-Laws and in compliance with the decisions of the General Assembly.

During the General Assembly and in the interval between two Assemblies the Executive Committee, whose composition is laid down in the By-Laws, is responsible for dealing with all questions of a scientific or technical nature in accordance with the directives given by the General Assembly. It may delegate its powers, in part or in whole, to the Bureau. Its members, if they are not delegates to the Council, sit on the Council in an advisory capacity.

Article 3 - Voting procedure

For voting on questions of an exclusively scientific nature, each duly accredited delegate present at the General Assembly has one vote. Decisions are taken by a majority of the votes cast.

On questions of an administrative nature or for those that are of both an administrative and a scientific nature, but without financial implication, voting is by member countries in the Council, each member country casting one vote provided its IUGG subscriptions have been paid up to the end of the calendar year preceding the voting.

...

IV - By -Laws of I.A.G.Article 1 - Organization of the Association

...
Commissions may be formed for studying particular long term problems, problems relating to large territories, or problems for which close international cooperation or organization is necessary. Every member country of the I.A.G. is entitled to nominate one representative to each Commission. The structure of each Commission may be organized according to its own requirements.

Special Study Groups may be formed to study specific scientific problems. Normally, their duration is limited to the interval between two General Assemblies and they are assigned to one Section.

Article 2 - Elections

Elections take place at the Council of the I.A.G. during the Ordinary General Assembly of the I.U.G.G., they are then submitted to the General Assembly for ratification.

...
The Presidents of Sections are elected for one period and may not be immediately re-elected in the same office. The same person may be simultaneously both President of Section and Vice-President of the Association.

The Secretaries of Sections are elected for one period but may be immediately re-elected as Secretaries or as Presidents of Section.

The President of a Commission is nominated by the Council of the Association and this choice is approved by the General Assembly.

The President of a Study Group is nominated by the Executive Committee.

The Executive Committee of the I.A.G. consists of :

- the President,
- the immediate past President and the Honorary Presidents,
- the Vice-Presidents,
- the Director of the Central Bureau,
- the Presidents of Sections and the immediate past Presidents,
- the Assistant Secretaries and the Section Secretaries (in a consultative capacity).

...
The setting up or dissolution of the Commissions and the Special Study Groups is decided by the Executive Committee which also specifies whether the Commission or the Study Group is to be placed under the direct authority of the Association or of one of its Sections.

Article 3 - Scientific activities in the interval between two General Assemblies.

... As regards to the scientific work of the Commissions and Special Study Groups the following guidelines should be observed .

- a) A President of each Commission and Special Study Group is appointed who is responsible for initiating and directing its work and for enrolling its members.
- b) Each president should issue a brief description of the work to be undertaken and a list of members.
- c) ...
- d) The President of the I.A.G., the Central Bureau and the President of the Section concerned should receive copies of correspondence exchanged within Commissions and Special Study Groups.
- e) ...

- B -

SCIENTIFIC BILAN of the INTERNATIONAL GRAVITY BUREAU

1 9 7 2

The I.G.B. is in relation with 69 Nations, especially with
-National Services of Geodesy and Geophysics :

- Geophysical and Oceanographical Institutes,
- Universities

- Prospecting Companies.:

The distribution of these Correspondents is approximately :

- 105 Geodesists
- 70 Geophysicists
- 20 Oceanographers
- 60 Geologists

I - Supply of various documents

1°) Regular publications

3 Bulletins d'Information issued in the year :

- N° 28, March 1972, 72 pages
- N° 29, July 1972, 70 pages
- N° 30, November 1972, 63 pages

regularly distributed : 200 x 3 = 600 copies
sent on particular requests : 50 copies

2°) Various publications, reprints, communications ...

forwarded or given directly : 50 copies

3°) Requests of sketches (reference stations) : 17

concerning the supply of sketches (IGSN 71 and others)
and lists of corresponding "g" values (IGSN 71)

Total : 2.940 sketches
and 85 lists of "g" values

4°) General anomalies maps

- a - Bouguer Europe-Africa, 3rd edition, scale : 1/10.000.000°
 - . regularly distributed : 180 copies
 - . particularly forwarded following to the requests : 80 copies
- b - Other Bouguer maps, scale 1/1.000.000° : 20 copies
- c - Isostatic maps, scale 1/10.000.000° : 10 copies

II - Supply of scientific information

1°) Requests of gravity data recorded at the I.G.B.

with supply of punched cards, listings or magnetic tapes :
20 requests for about 40.000 data provided.

2°) Direct requests of scientific information

(telephone, talks) : 20

3°) Letters regarding scientific subjects

About 150 letters have been written on the following questions :

| | |
|--|----|
| - Gravity anomalies and mean heights | 35 |
| - IGSN 71 (general information) | 21 |
| - Reference stations | 19 |
| - Various matters | 18 |
| - Requests and supplies of data | 9 |
| - Anomalies maps (comments, explanations) | 24 |
| - Scientific papers | 24 |

III - Receipt at the I.G.B. of scientific information and various documents

1°) Number of gravity data received

- on listings : 25.000
- on punched cards : 10.000
- on magnetic tapes : 3.000

Before operating these data necessitated the following processing :

- punching
- classification
- analysis
- conversion of format (for computation or recording)

2°) Number of publications received and filed in library : 500

3°) Number of anomalies maps received : 170

We thank very much all the Countries, National Services and Prospecting Companies that kindly sent gravity data to the I.G.B.

We hope that the countries which do not contribute to this exchange of gravity information and have not yet replied to the requests of the I.G.B. will try to do their best to open a profitable collaboration, so that the I.G.B. could supply the Geodesists and Geophysicists with extended and more accurate data for the progress of the worldwide studies.

- C -

VARIOUS INFORMATION

I - RESEAU GRAVIMETRIQUE INTERNATIONAL UNIFIE 1971

a) Recommandation concernant le Réseau Gravimétrique International Unifié 1971.

Au cours de sa 61ème session, qui s'est tenue au Pavillon de Breteuil les 17 et 18 octobre 1972, le Comité International des Poids et Mesures a adopté la recommandation suivante :

Le Comité International des Poids et Mesures considérant la Résolution 11 de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1960) et la Résolution 1 (1968) du Comité International des Poids et Mesures relatives au Système gravimétrique de Potsdam,

ayant pris connaissance de la Résolution 16 (IGSN-71) adoptée en 1971 par l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (UGGI) qui recommande l'adoption d'un "réseau international de standardisation de la gravité 1971" (international gravity standardization net 1971), résultant d'une compensation d'un grand nombre de mesures relatives et absolues de l'accélération due à la pesanteur g en divers lieux du globe terrestre,

ayant constaté que les valeurs de g de ce réseau sont un perfectionnement des valeurs fondées sur l'ancien Système gravimétrique de Potsdam,

recommande que les valeurs de g données dans le réseau IGSN-71 de l'UGGI et ses mises à jour ultérieures soient employées pour les besoins métrologiques.

Bull. Géod., n°106, p.489, 1972

b) Notice on the use of the new gravity system

Effective 1 July 1973 all gravity data held by the DoD Gravity Library will be referenced to the International Gravity Standardization Net, 1971 (IGSN 71). Anomalies will be computed using the Gravity Formula for the Geodetic Reference System 1967 (GFRS 67) :

$$y = 978031.8(1 + 0.0053024 \sin^2 \phi - 0.0000059 \sin^2 2\phi) \text{ mGals}$$

y =Theoretical Gravity, ϕ = Latitude

Defense Mapping Agency, Aerospace Center

II - NEW GRAVITY STATIONS AT THE RHEIN-MAIN-AIRPORT, FRANKFURT/MAIN
 (German Federal Republic) IGB n° 21608 P, Q, R

by C. GERSTENECKER, Technische Hochschule Darmstadt,
 Institut für Astronomische Geodäsie und Satellitengeodäsie

Since 1972 the new terminal building "Terminal Mitte" at the Rhein-Main-airport is in operation, consequently the access to the previous gravity sites in the old terminal building is very limited and, therefore, no longer available as international reference stations.

Due to this fact, three new gravity sites have been established, two of them (i.e. 21608 P and Q) in the new terminal building, and one (i.e. 21608 R) in the building n° 65 of the Technische Hochschule Darmstadt, Petersenstrasse 13, 30 km south of the Rhein-Main-airport.

The pendulum station 21608 A at the Institut für Angewandte Geodäsie (Frankfurt-Sindlingen) is still available.

The gravity differences between 21608 A, Q, P and J have been measured in February 1973 with two LaCoste-Romberg gravity meters LCR-G-195 and LCR-G-258. The results are given in table 1 and figure 4.

TABLE 1

| Instrument | Gravity differences | | |
|------------|---------------------|---------------------|-------------------|
| | 21608 Q - 21608 A | 21608 Q - 21608 P | 21608 P - 21608 J |
| | mGal | mGal | mGal |
| LCR-G-195 | + 6.91 | + 1.63 | + 1.38 |
| LCR-G-258 | + 6.93 | + 1.62 | + 1.40 |
| mean value | + 6.92 | + 1.62 ₅ | + 1.39 |

The gravity difference between sites 21608 J and 21608 R has been observed 7 times within 1971 and 1973 using the same gravity meters. The results are given in table 2 and fig. 4.

TABLE 2

| Time | Instrument | 21608 J - 21608 R |
|----------------|------------|-------------------|
| | | mGal |
| June 1971 | LCR-G-258 | - 8.52 |
| July 1971 | LCR-G-258 | - 8.53 |
| November 1971 | LCR-G-258 | - 8.52 |
| May 1972 | LCR-G-258 | - 8.52 |
| September 1972 | LCR-G-195 | - 8.51 |
| February 1973 | LCR-G-195 | - 8.49 |
| February 1973 | LCR-G-258 | - 8.53 |
| mean value | | - 8.518 |

Gravity differences in table 2 are partly averages of several measurements and partly results of singular measurements.

Figures 1, 2 and 3 show the positions of the new gravity sites ; fig. 4 gives the old and new gravity stations at Frankfurt and corresponding gravity differences. Pictures of the recently established sites at the airport are given in fig. 5 (21608 Q) and fig. 6 (21608 P).

Reference

TORGE W. - "Untersuchungen zur Genauigkeit moderner Langstreckengravimetermessungen".
Wiss. Arb. der Lehrstühle für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Hochschule, Hannover, n°29, 1966.

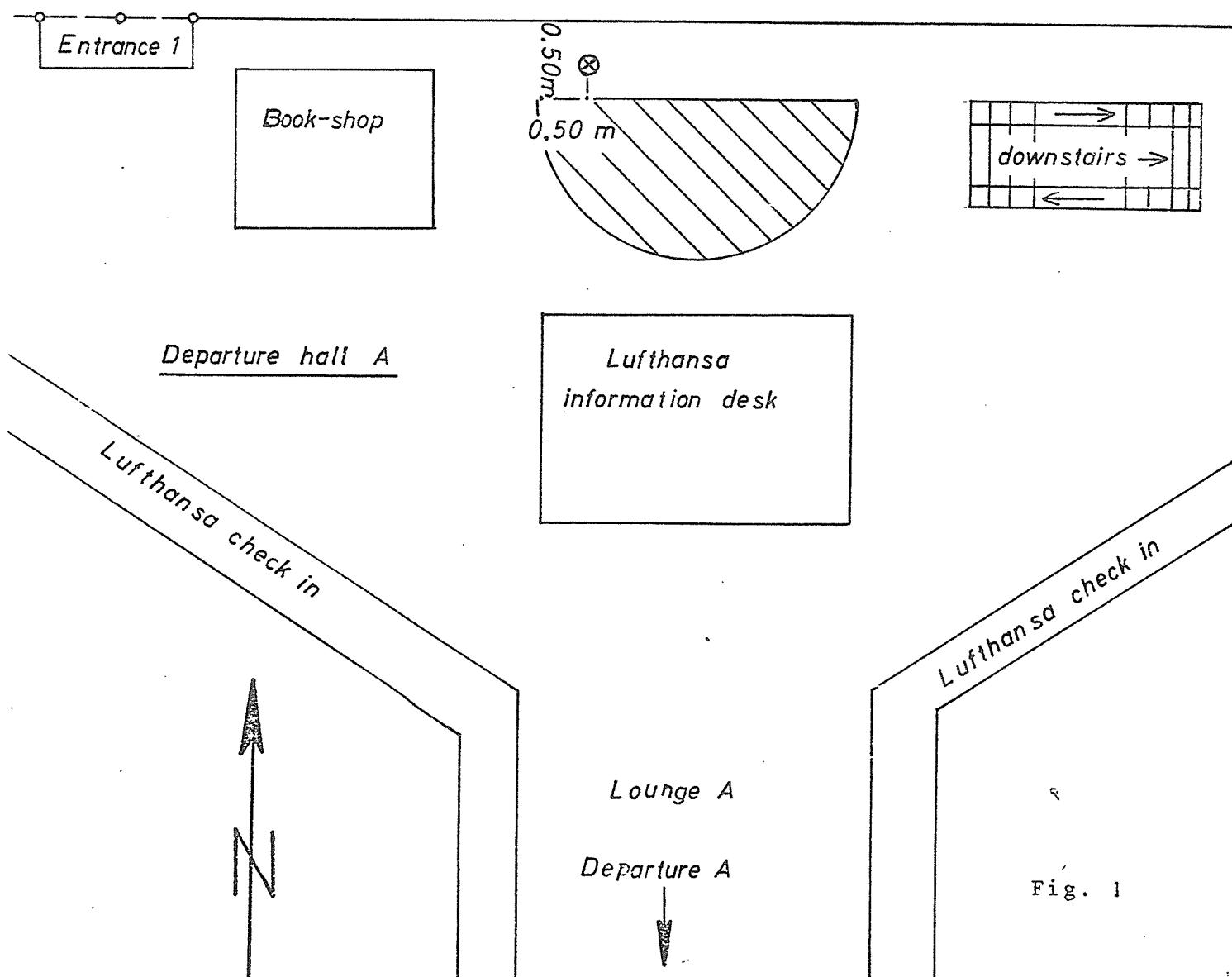
Gravity Station: Frankfurt a. M., Rhein-Main - Airport, Terminal Mitte, Departure Level

IGB N°: 216 08 Q

$$\psi = 50^\circ 03,1$$

$$\lambda = 8^\circ 34,3$$

$$H = 113 \text{ m}$$



Gravity Station: Frankfurt a.M., Rhein - Main - Airport, Terminal Mitte, Arrival Level

IGB N°: 21608 P

$$\psi = 50^\circ 03', 1$$

$$\lambda = 8^\circ 34', 3$$

$$H = 109 \text{ m}$$

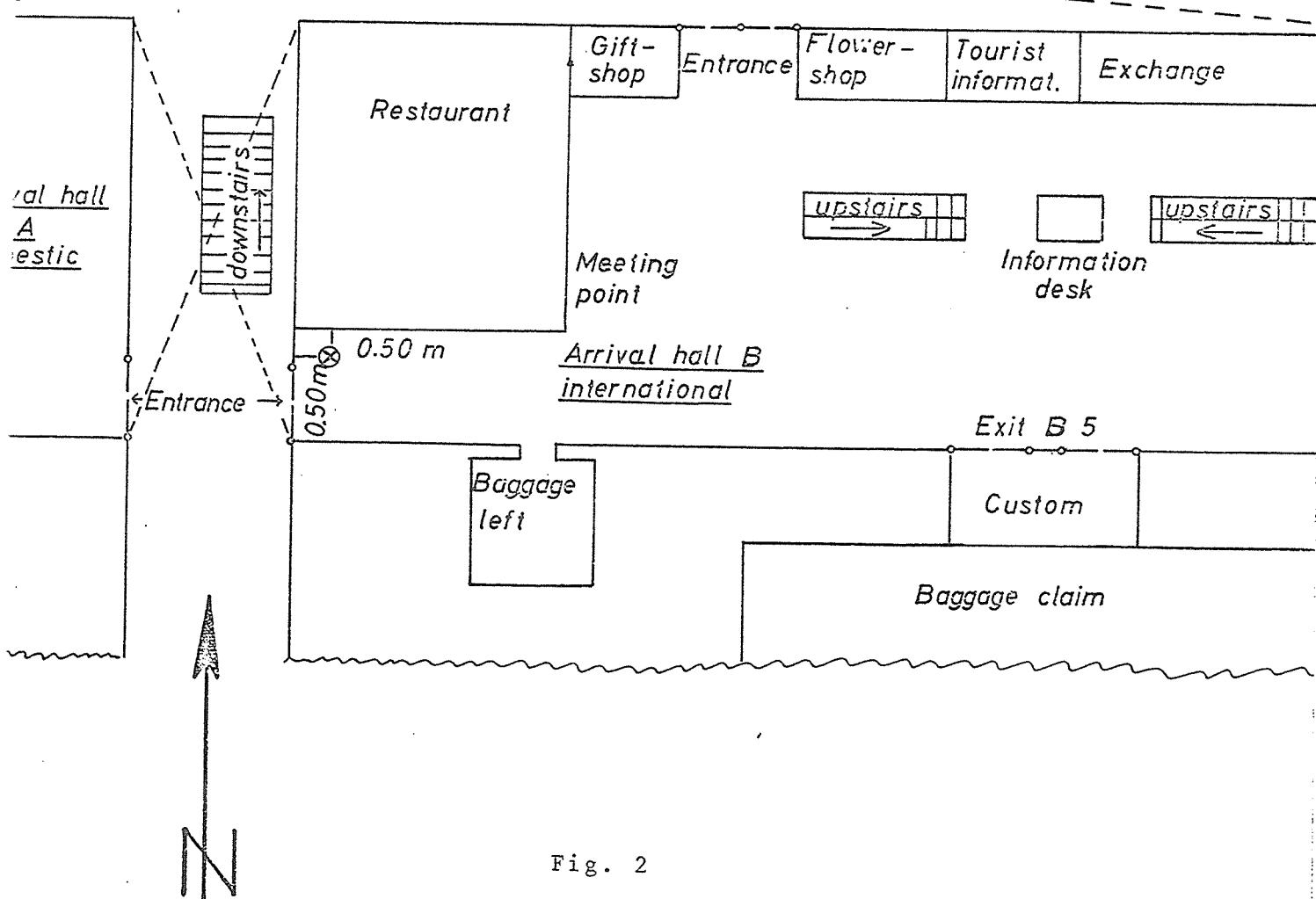


Fig. 2

Gravity station: Darmstadt, Technische Hochschule, Petersenstrasse, Gebäude 65 I - 15.

IGB N°: 21608 R

$$\varphi = 49^\circ 51', 8$$

$$\lambda = 8^\circ 40', 2$$

$$H = 173 \text{ m}$$

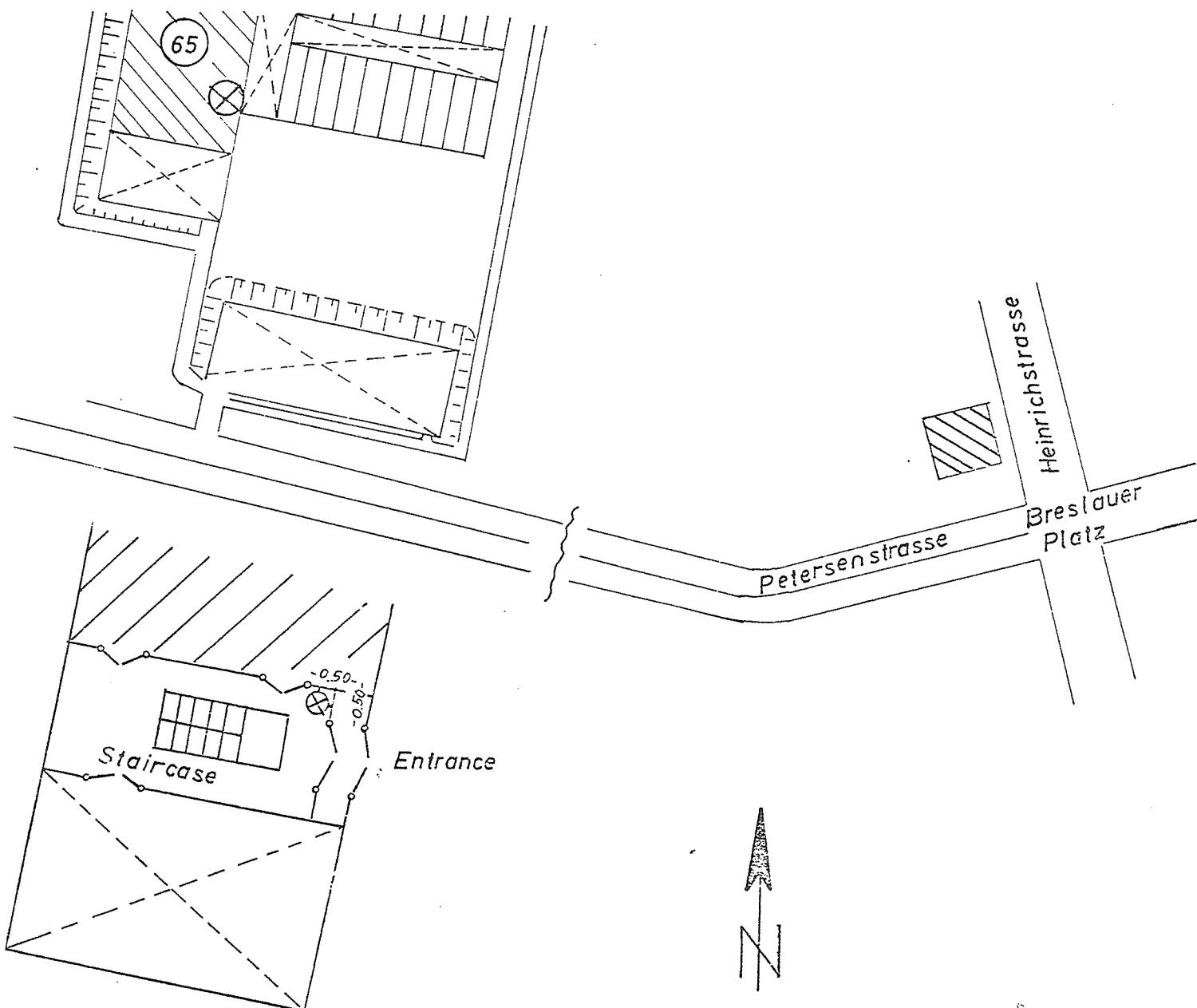
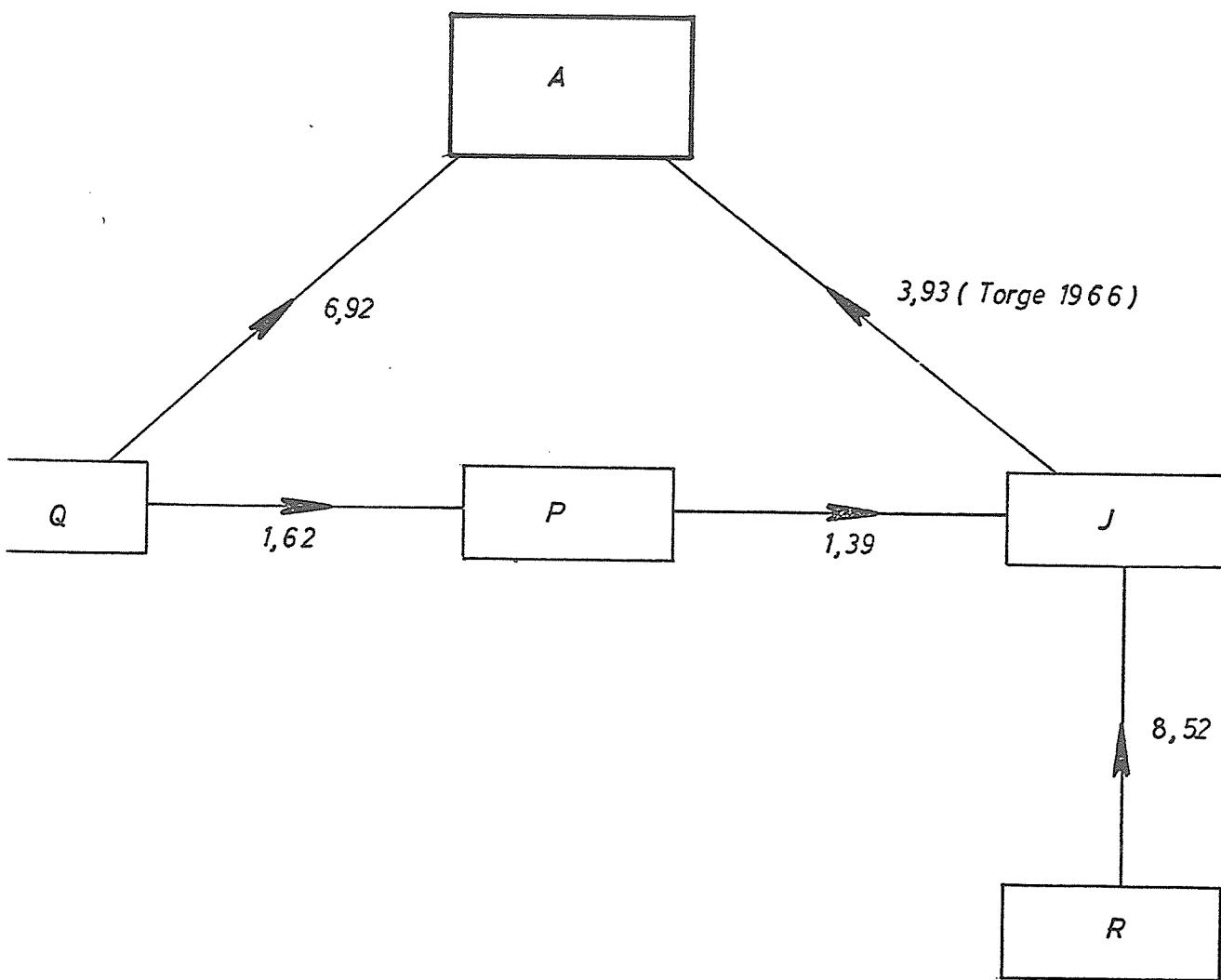


Fig. 3

Gravity differences between 21608 A and follow stations



values in mgal

Fig. 4

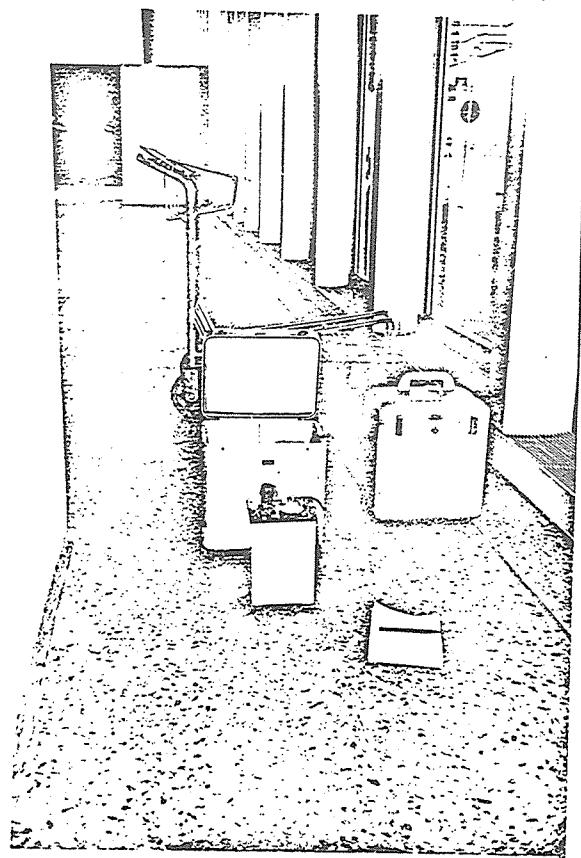


Fig. 5: 21608 Q

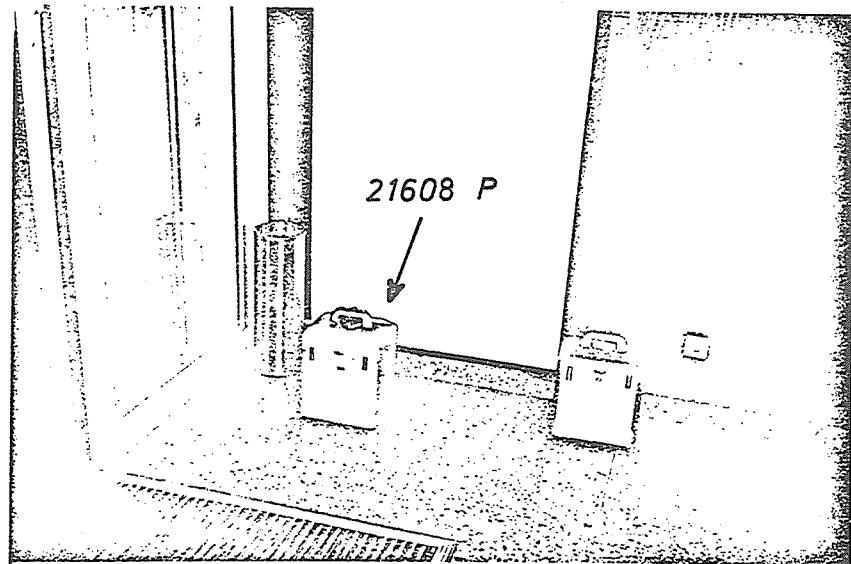


Fig. 6: 21608 P

- D -

SUR LES ANOMALIES MOYENNES DE LA PESANTEUR
TESTS ET RESULTATS - ANOMALIES A L'AIR LIBRE PAR $1^\circ \times 1^\circ$

Introduction

Les Géodésiens et les Géophysiciens dans leurs recherches concernant la forme de la Terre, le champ de pesanteur en altitude, les grandes structures de la Terre sont amenés à utiliser des valeurs moyennes de la pesanteur, généralement des anomalies "à l'air libre".

Le calcul serait simple si les résultats gravimétriques couvraient uniformément la surface terrestre, mais il est souvent difficile d'obtenir des valeurs moyennes "significatives", car :

- les mesures sont clairsemées ou inexistantes dans certaines régions,
- les mesures sont souvent mal réparties dans la surface d'intégration : profils en mer, cheminements longeant les routes,
- les mesures sont mal réparties en altitude dans les régions montagneuses : observations dans les vallées.

Aussi, depuis de nombreuses années, des études sont faites pour estimer la meilleure valeur de l'anomalie moyenne, soit en employant des méthodes statistiques (HIRVONEN, KAUJA, MORITZ, RAPP), soit en utilisant d'autres données géophysiques (KIVIOJA, STRANGE, WOOLLARD).

Une "Mise au point concernant les méthodes d'extrapolations statistiques des données gravimétriques" a été publiée dans le Bulletin d'Information n° 29 (L. LEBART).

Nous donnons ci-après, quelques travaux faits au B.G.I. :

- I - Essais préliminaires sur l'estimation des moyennes de variables gravimétriques (anomalies à l'air libre et anomalies de Bouguer)
 - suivant la distribution des stations dans la surface d'intégration
 - suivant le nombre des stations,
 - suivant l'altitude moyenne de la région.
- II - Méthodes pratiques pour le calcul des anomalies moyennes à l'air libre. Avantages et inconvénients de chaque méthode.
- III - Quelques remarques sur les anomalies de pesanteur en mer.
- IV - Carte d'anomalies moyennes à l'air libre par $1^\circ \times 1^\circ$.
(30° - 70° N et 20° W.G. à 20° E.G.)

Chapitre I

ESSAIS PRELIMINAIRES SUR L'ESTIMATION DES MOYENNES
DE VARIABLES GRAVIMETRIQUES

Le but de l'étude est de prévoir l'erreur approximative faite lorsqu'on utilise différentes moyennes, et ceci sur des domaines définis par des carrés $1^\circ \times 1^\circ$, $5^\circ \times 5^\circ \dots$

A - METHODE

En principe, il ne s'agit pas là de variables aléatoires, mais bien de variables régionalisées. Tout ce que l'on peut dire a priori, c'est que l'anomalie se présente sous la forme d'une fonction continue $a(x, y)$ et qu'il s'agit d'estimer l'intégrale de cette fonction sur un carreau, par la connaissance de n valeurs que prend la fonction en n points de ce carreau.

Des essais faits pour utiliser la théorie transitive des variables régionalisées (méthode de M. Matheron) n'ont pas abouti à cause de l'insuffisance des observations dans un même carreau et de leur répartition trop irrégulière. Aussi, l'étude suivante a été faite à partir de la théorie classique des moyennes de grandeurs aléatoires.

On peut alors considérer que l'on a, avec les n observations de l'anomalie, un échantillonage non exhaustif permettant d'estimer la moyenne de l'anomalie sur le carré.

1°) On peut avoir une première idée des erreurs faites dans l'estimation de la moyenne de l'anomalie considérée, de l'intervalle de confiance lorsqu'on considère la moyenne simple des observations m' , en appliquant directement les résultats déduits de la loi de Student - Fisher :

$$m' - t_\alpha \frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{n}} < m < m' + t_\alpha \frac{\widehat{\sigma}}{\sqrt{n}} \quad (1)$$

t étant donné par la table de Student - Fisher et dépendant du seuil de probabilité choisi (seuil choisi dans la suite à 95 %).

$$\begin{aligned} \widehat{\sigma}'^2 &= \text{variance des anomalies } a_i \text{ observées} = \frac{\sum (a_i - m')^2}{n} \\ \widehat{\sigma}'^2 &= \text{estimateur sans biais de la variance} \\ &\quad \text{de la population} = \frac{n \widehat{\sigma}'^2}{n - 1} \end{aligned}$$

Mais, en fait, les anomalies considérées dépendent, dans beaucoup de cas, de l'altitude, et l'estimation proposée ci-dessus est réfutable,

- soit parce que la différence entre l'altitude moyenne du carreau et la moyenne des altitudes est trop faible, et alors l'estimation par la formule (1) donne un intervalle de confiance calculé à partir de la loi marginale en a (anomalie) ; c'est-à-dire, certainement un intervalle de confiance trop grand,

- soit parce que la différence entre l'altitude moyenne du carreau et la moyenne des altitudes des observations est grande. L'estimation (1) qui donne l'intervalle de confiance pour la moyenne de l'anomalie liée à la moyenne des altitudes des observations et non à l'altitude moyenne, est alors mauvaise.

Or, les résultats semblent montrer un écart pratiquement systématique entre l'altitude moyenne et la moyenne des altitudes observées : positif sur les continents (vallées) négatif sur les océans.

2°) Corrélation entre altitudes et anomalies, étude de la droite de régression.

Lorsqu'il y a beaucoup de chances d'avoir effectivement une corrélation entre altitudes et anomalies, on peut calculer les caractéristiques de la droite de régression qui passe par le point (m_H, m')

m_H = moyenne des altitudes des observations,

m' = moyenne des anomalies observées

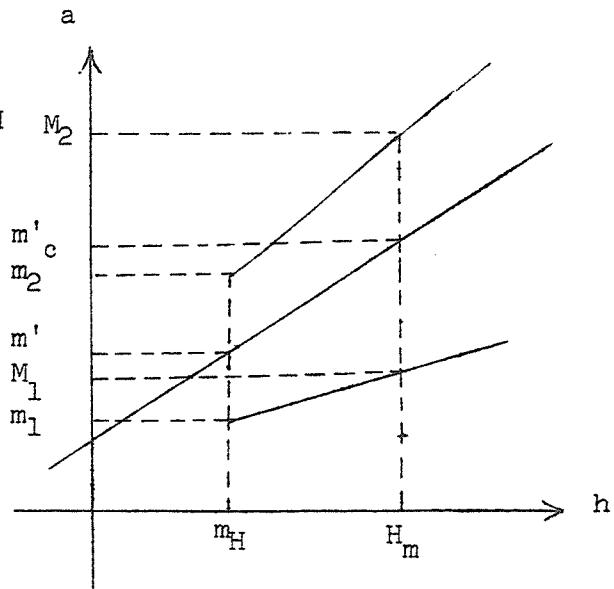
Cette droite a pour équation :

$$a = \alpha' x h + \beta'$$

avec :

$$\beta' = m' - r' \frac{\sigma'_h}{\sigma_h} x m_H$$

$$\alpha' = r' \frac{\sigma'_h}{\sigma_h}$$



- a' étant la valeur moyenne de l'anomalie pour les points d'altitude h .

- σ' étant l'écart type des anomalies observées

$$\sigma'^2 = \frac{\sum (a_i - m')^2}{n}$$

- σ_h^2 étant celui des altitudes des observations

$$\sigma_h^2 = \frac{\sum (h_i - m_H)^2}{n}$$

- r' étant le coefficient de corrélation

$$r' = \frac{\sum (a_i - m') \times (h_i - m_H)}{\sigma' \times \sigma_h}$$

Si H_m est l'altitude moyenne du carré, on possède une autre estimation de la moyenne de l'anomalie sur le carré m'_c :

$$m'_c = \alpha' \times H_m + \beta'$$

L'écart type de la loi de probabilité de a lié par h est estimé par :

$$\sigma^* = \widehat{\sigma} \sqrt{1 - r'^2}$$

L'intervalle de confiance de la moyenne de a liée à m_H est alors :

$$m_1 = m' - t_{\alpha} \frac{\sigma^*}{\sqrt{n}} < m^* < m' + t_{\alpha} \frac{\sigma^*}{\sqrt{n}} = m_2$$

D'où deux points (m_H, m_1) et (m_H, m_2) .

(La probabilité pour que la moyenne des anomalies aux points d'altitude m_H soit comprise entre m_1 et m_2 est égale à 0,95).

Par ailleurs, on peut également évaluer un intervalle de confiance de l'estimation du coefficient α de la droite de régression.

En effet, la variable

$$t = (\alpha' - \alpha) \frac{\sigma_h \sqrt{n-2}}{\sigma' \sqrt{1 - r'^2}}$$

est distribuée suivant une loi de Student - Fisher à $n-2$ degrés de liberté

$$\alpha_1 = \alpha' - \frac{t_{\alpha} \sigma' \sqrt{1-r'^2}}{\sigma_h \sqrt{n-2}} < \alpha < \alpha' + \frac{t_{\alpha} \sigma' \sqrt{1-r'^2}}{\sigma_h \sqrt{n-2}} = \alpha_2$$

t_{α} étant donné par la table de Student - Fisher (au seuil de 95 % par exemple). Dans le cas de la figure ($H_m > m_H$), on trouve donc les deux bornes de l'intervalle de confiance de la moyenne de l'anomalie sur le carré.

$$\begin{aligned} M_1 &= m_1 + \alpha_1 \times (H_m - m_H) \\ M_2 &= m_2 + \alpha_2 \times (H_m - m_H) \end{aligned} \quad (2)$$

Il y a alors $0,95 \times 0,95 \approx 90\%$ de chances pour que $M_1 < m < M_2$ et l'erreur escomptée est égale à :

$$E = \frac{m_2 - m_1}{2} + \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} (H_m - m_H)$$

Dans le cas contraire, plus rare, où $H_m < m_H$, il est facile de voir que :

$$\begin{aligned} M_1 &= m_1 + \alpha_2 \times (H_m - m_H) \\ M_2 &= m_2 + \alpha_1 \times (H_m - m_H) \end{aligned} \quad (2')$$

et que l'erreur garde la même expression :

$$E = \frac{m_2 - m_1}{2} + \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} | H_m - m_H |$$

L'incertitude prise sur la moyenne dans un carreau peut donc s'écrire :

$$E = E_1 + E_2 \times \Delta H \quad \text{avec} \quad E_1 = \frac{m_2 - m_1}{2} \quad \text{et} \quad E_2 = \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{2} \quad (3)$$

ΔH étant la valeur absolue de la différence de l'altitude moyenne et de la moyenne des altitudes (E_2 pouvant être nul si la corrélation anomalie - altitude n'a pas été acceptée).

3°) La détermination de l'intervalle de confiance repose donc sur plusieurs tests successifs :

1 - Si la corrélation ne semble pas devoir être acceptée (test de comparaison de r' à une table de Fisher avec $n-2$ degrés de liberté et un seuil égal à 95 %), alors on rejette la corrélation et on détermine l'intervalle de confiance à partir de la formule (1).

2 - Si la corrélation semble devoir être acceptée, on détermine l'intervalle de confiance à l'aide des formules (2) et (2'). Par le fait de ces tests successifs, le seuil de probabilité n'est plus 95 % mais voisinant aux alentours de 90 %, reste bon.

On comparera les deux méthodes :

- on calcule la moyenne simple des n observations, soit m'
- on prend une moyenne pondérée, ou plutôt calculée, obtenue en traçant dans tous les cas la droite des moindres carrés des points (a, h) (droite qui correspond avec la droite de régression lorsqu'on a accepté la corrélation).

Cette droite s'écrivant $a = \alpha' x h + B'$, on calculera la moyenne :

$$m'_c = \alpha' x H_m + B'$$

Alors de deux choses l'une :

- Soit, il n'y a pas corrélation, et cette moyenne calculée risque de ne pas tomber dans l'intervalle de confiance calculé à partir de m' et constitue une mauvaise estimation,
- Soit, on choisit la corrélation et c'est m' qui risque de constituer une mauvaise estimation.

Pour décider quelle méthode parmi ces deux proposées constitue la meilleure estimation (moyenne simple ou moyenne calculée) on calculera pour chacune un "pourcentage de réussite", égal au rapport du nombre de cas où la moyenne considérée tombe dans l'intervalle de confiance et du nombre total de cas. On comparera les deux rapports ainsi obtenus.

4°) Différentes répartitions de stations

Le concept de pourcentage de réussite peut d'ailleurs s'étendre au cas des moyennes partielles, c'est-à-dire, des moyennes obtenues à partir d'une fraction seulement des points observés.

L'étude de ces moyennes permet :

- dans le cas où il y a dans le carré un grand nombre d'observations, de ne calculer la moyenne que sur une fraction n' de n points,
- dans le cas où il y a peu de points, de savoir si une disposition particulière de ces points ne permettrait pas une estimation de la moyenne meilleure que celle obtenue par les formules (1) ou (2) et (2').

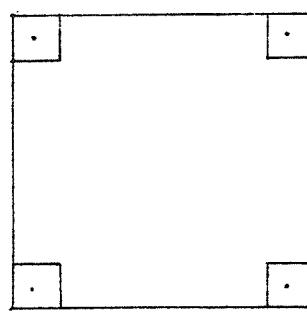
Voici quelles sont les répartitions traitées :

a - Points aux coins

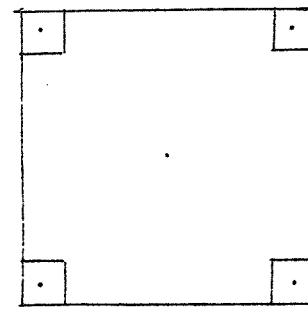
4 points aux coins, c'est-à-dire dans quatre coins occupant les coins du carré étudié et ayant pour côté le dixième du côté de ce dernier.

b - 4 points aux coins et 1 au centre

Les carrés sont définis de la même façon qu'en a.



a



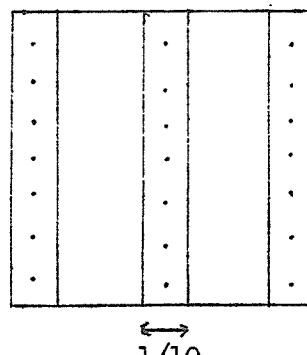
b

c - Points dans trois bandes verticales

On prend systématiquement les observations situées dans trois bandes, une au centre, les deux autres sur les bords, larges du dixième du côté du carré étudié, et on fait la moyenne de ces observations.

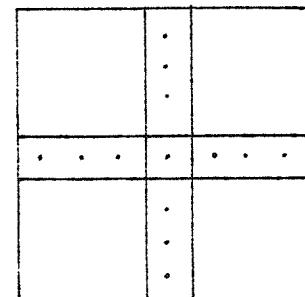
d - Points en croix

On prend la moyenne des observations situées dans deux bandes perpendiculaires centrées, de même largeur que précédemment.



\leftrightarrow
1/10

c



\leftrightarrow
1/10

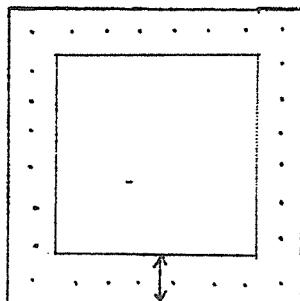
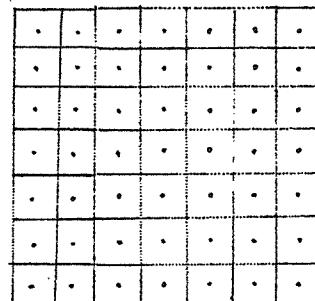
d

e - Points sur le contour

On prend les points sur les bords du carré, situés dans une bande de largeur $1/10$ du côté du carré.

f - Répartition régulière

On définit une maille régulière divisant le carré en N rectangles, N dépendant du nombre d'observations (on prend la dimension des rectangles de telle façon que leur nombre soit le plus proche possible du quart du nombre des observations par exemple). On prend dans chaque rectangle un point observé, s'il existe, et on fait la moyenne des points ainsi trouvés.

 $1/10$ efg - Points au hasard

On choisit au hasard une fraction n' des observations. Dans l'étude, on a pris le cinquième des observations.

Pour chacune de ces moyennes, on calculera un pourcentage de réussite, donné par le rapport du nombre de fois où la moyenne considérée tombe dans l'intervalle de confiance et du nombre de fois où cette moyenne a été calculée (ce qui n'est évidemment pas toujours le cas : il peut ne pas y avoir de points aux coins, ou près du centre, ou encore il y a trop peu d'observations pour qu'on puisse en prendre une fraction donnée ...).

Pour avoir plus d'information sur ces moyennes, on calculera également la moyenne de la quantité $(m_j - \hat{m})^2$

m_j étant la moyenne partielle considérée et \hat{m} la moyenne estimée par une des formules (1), (2), et (2').

B - RESULTATS

Les calculs ont été effectués sur des degrés carrés. Le nombre de carrés considéré a été de 337 pour le Continent et de 216 sur l'Océan, (respectivement 13.700 points observés et 4.800).

Ces observations, bien que déjà importantes restent encore très insuffisantes pour l'étude des observations en mer.

Les données utilisées dans les calculs sont :

- des données altimétriques moyennes évaluées antérieurement au B.G.I. sur des cartes géographiques et bathymétriques par 1° (ou $1/\text{A}^\circ$) ;
- des données gravimétriques enregistrées sur cartes perforées à raison d'une carte par station (anomalie à l'air libre, de Bouguer).

Les zones considérées sont,

- pour le Continent : la France, l'Algérie, l'Afrique Occidentale ;
- pour l'Océan : l'océan Indien, latitudes comprises entre -15° et $+10^\circ$, longitudes comprises entre 42°E et 90°E .

L'étude a été conduite de la manière suivante :

- Différenciation des résultats sur le Continent et sur l'Océan pour chaque sorte d'anomalie : air libre et anomalie de Bouguer.
- Classification suivant le nombre d'observations par degré carré : classe de 5 en 5 au-dessous de 50 observations
10 en 10 jusqu'à 100 observations
20 en 20 au-dessus
- Classification suivant l'altitude moyenne des carreaux : classes larges de 100 m : 0 - 100 ; 100 - 200 m... pour le Continent.
400 m : 3.600 m. - 4.000 ... pour les Océans.

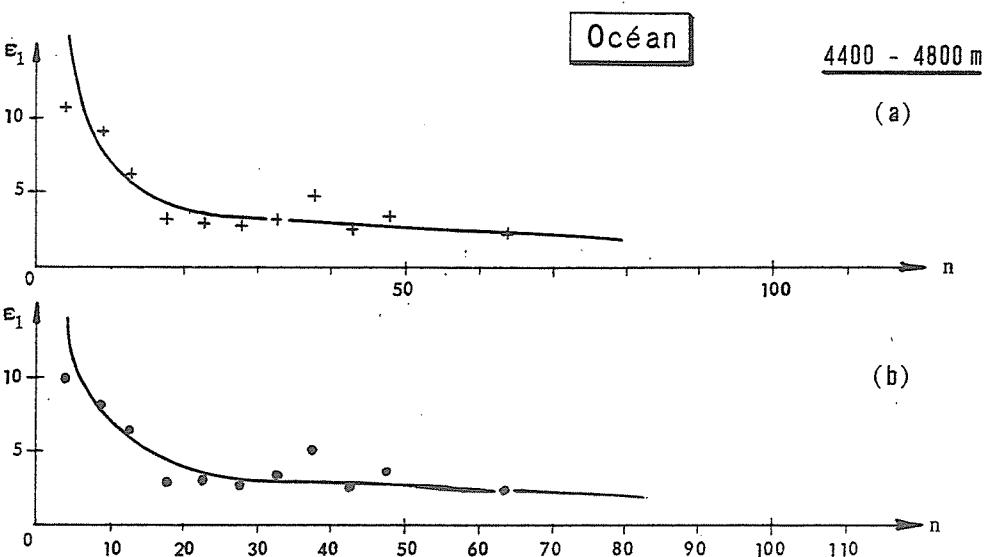
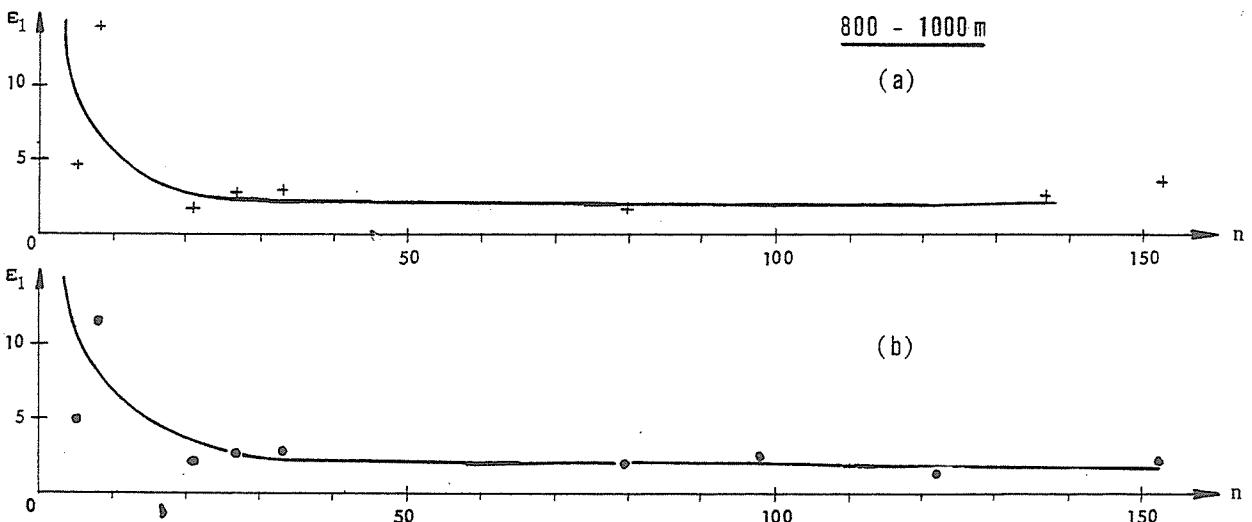
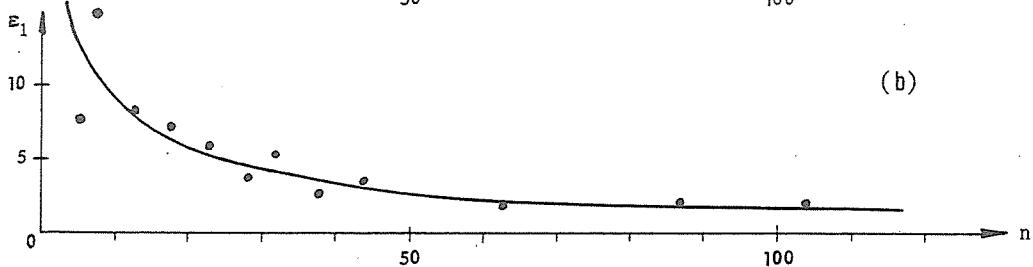
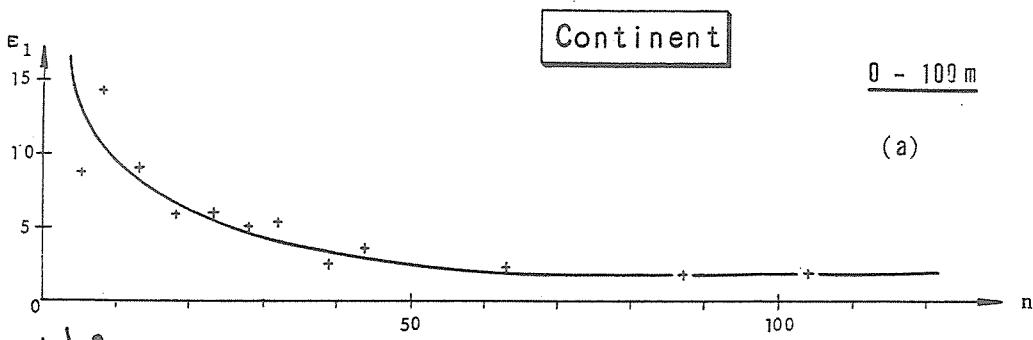
1°) Incertitude sur la moyenne évaluée dans $1^\circ \times 1^\circ$:

Cette erreur E , différenciée en E_1 et E_2 , a été définie en 2.) p.I-22.

a) Erreur E_1

Pour chaque catégorie d'anomalies (air libre, Bouguer), on a construit des courbes qui donnent E_1 en fonction du nombre d'observations n , pour chaque classe d'altitude ; 6 exemples pris parmi ces courbes ont été reproduits à la page I-27.

I = 27.



Erreurs E_1 en fonction du nombre d'observations n

(a) sur les anomalies à l'air libre

(b) sur les anomalies de Bouguer

Tous les résultats ont été résumés dans les tableaux suivants : 1, 2, 3 et 4.

CONTINENTS

Tableau 1 - Erreur E_1 - Anomalies à l'air libre

Tableau 2 - Erreur E₁ - Anomalies de Bouguer

OCEANSTableau 3 - Erreur E_1 - Anomalies à l'air libre.

| H \ n | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 60 |
|------------|----|----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| -1200-3600 | 13 | 8 | 6 | 5 | 4,5 | 4 | 4 | 3,5 | 3,5 | 3 |
| -3600-4000 | 12 | 5 | 4,5 | 4 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3,5 | 3 | |
| -4000-4400 | 11 | 5 | 4,5 | 4 | 3,5 | 3,5 | | | | 3 |
| -4400 ... | 11 | 5 | 4,5 | 4 | 3 | 3 | | | | 3 |
| | | | | | | | | | | |

Tableau 4 - Erreur E_1 - Anomalies de Bouguer

| H \ n | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50 | 60 |
|------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|-----|
| -1200-3600 | 13 | 8,5 | 6,5 | 5,5 | 4,5 | 4,5 | 4 | 4 | | | 3,5 |
| -3600-4000 | 11 | 5,5 | 4,5 | 3,5 | | | | 3,5 | | 3 | |
| -4000-4400 | 11 | 5,5 | 4,5 | 3,5 | | | | | | 3 | |
| -4400 ... | 11 | 6 | 4,5 | 3,5 | 3,5 | 3 | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

De l'examen des courbes, on peut faire les remarques suivantes :

- a) Ces courbes ne peuvent donner qu'une estimation grossière, vu le faible nombre de degrés carrés d'où sont tirées les erreurs moyennes E_1 ; toutefois, elles sont très comparables entre elles.
 - b) A partir d'un certain nombre n d'observations, dépendant de l'altitude (50 pour 0-100 m, 30 pour 800-1000 m ...), l'incertitude E_1 tend à se stabiliser et décroît très lentement (jusqu'à 200 observations, nombre maximum que l'on ait traité, E_1 est peu différent de 2 mGal).
- Sur les océans, de la même manière E_1 décroît rapidement lorsque le nombre d'observations atteint 10, et tend vers la valeur 3 mGal.

- c) Au fur et à mesure que l'on s'élève en altitude, il semble que la concavité de ces courbes s'accentue, c'est-à-dire, que la précision pour des nombres d'observations relativement faibles s'améliore avec l'altitude.

Dans tous les cas donc, la précision est d'autant meilleure que le carré considéré est élevé puisqu'alors la moyenne de l'anomalie sur ce carré est importante. (Il faut attribuer cette constatation au fait qu'aux fortes altitudes, la corrélation altitude - anomalies est bonne et que les écarts des mesures ne sont pas importants).

d) L'incertitude E_1 pour l'anomalie de Bouguer est légèrement plus faible que celle relative à l'anomalie à l'air libre.

b) Erreur E_2 (Coefficient de ΔH)

Le Cas de E_2 est plus délicat que celui de E_1 , pour lequel on pourrait constater une certaine régularité. Au vu des résultats, il n'y a pas, ou très peu de liaison entre E_2 et l'altitude ou même le nombre d'observations.

On donnera donc une estimation grossière et par excès de E_2 .

OCEANS

Les observations faites en mer sont telles qu'il y a beaucoup de chances pour que la corrélation anomalies - altitudes (^{et} profondeurs) soit acceptée. E_2 est donc définie pour tous les H_m et n .

Les premiers résultats - qui devront être confirmés ultérieurement en s'appuyant sur un plus grand nombre de données - nous amènent à poser la relation suivante :

$$E = E_1 + 0.03 \times \Delta H \quad (\Delta H \text{ en mètres})$$

ΔH étant la valeur absolue de la différence de la profondeur moyenne et de la moyenne des profondeurs.

CONTINENTS

Tout d'abord, on peut remarquer que la corrélation anomalies - altitudes est en général refusée pour des nombres d'observations faibles.

On obtient les résultats suivants :

Tableau 5 - Anomalies à l'air libre
(E_2 est en milligals/mètre)

| $H \backslash n$ | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-200 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0-100 | 0 | 0,3 | 0,2 | 0,12 | 0,08 | 0,006 | 0,04 |
| 100-200 | 0 | 0,2 | 0,1 | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,04 |
| 200-300 | 0,2 | 0,1 | 0,06 | 0,06 | 0,05 | | |
| 300-400 | 0,1 | 0,08 | 0,06 | 0,06 | 0,04 | 0,03 | |
| 400-500 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | | |
| 500 ... | | | 0,02 | | | | |

Tableau 6 - Anomalies de Bouguer

| $H \backslash n$ | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-70 | 70-200 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 0-100 | | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,06 | 0,04 | 0,04 |
| 100-200 | | 0,1 | 0,1 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 200-300 | 0,08 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,04 | |
| 300-400 | 0,05 | 0,05 | | 0,05 | 0,04 | | |
| 400-500 | 0,04 | | | | 0,02 | | |
| 500 ... | | | 0,02 | | | | |

On remarquera que :

- E_2 décroît très nettement avec l'altitude
- que les résultats sont meilleurs pour l'anomalie de Bouguer.

2°) Choix des valeurs moyennesa) Moyennes simples ou corrélées à l'altitude

Le tableau suivant donne le pourcentage de réussite des 2 moyennes :

| | | Moyenne simple | Moyenne calculée |
|------------------------------|-----------|----------------|------------------|
| CONTINENTS | Air libre | 0,78 | 0,93 |
| | Bouguer | 0,87 | 0,92 |
| MER (valeurs à confirmer) | Air libre | 0,66 | 0,81 |
| | Bouguer | 0,52 | 0,78 |

b) Moyennes partielles

Voici quels sont les pourcentages de réussite et les écarts moyens (avec la moyenne la plus probable) obtenus par les 7 méthodes définies plus haut (pages I-24 et 25).

CONTINENTS

| | a | b | c | d | e | f | g |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Air libre: | 0.364 | 0.515 | 0.583 | 0.464 | 0.513 | 0.475 | 0.563 |
| : | 9.31 | 8.60 | 12.44 | 10.76 | 13.52 | 7.50 | 11.78 |
| Bouguer : | 0.438 | 0.531 | 0.633 | 0.529 | 0.581 | 0.532 | 0.602 |
| : | 6.95 | 6.08 | 7.00 | 6.95 | 7.03 | 6.04 | 6.52 |

Pour les continents, il semble que les meilleures méthodes soient :

- les 4 points aux coins + 1 point au centre, (b),
- la répartition régulière (ce qui était prévisible), (f).

3°) Conclusion

De ces premiers essais sur des carreaux de $1^\circ \times 1^\circ$ qui permettront d'apprécier les erreurs à attendre sur le calcul de valeurs moyennes à l'aide de stations individuelles mises sur cartes perforées, on peut faire les remarques suivantes :

- a) Dans tous les cas, il est préférable de prendre la moyenne calculée (donnée par la droite des moindres carrés) à la moyenne simple des observations. On calculera un intervalle de confiance. Toutefois, sur le Continent, et pour les anomalies de Bouguer, les 2 méthodes de calcul sont assez voisines (pourcentage de réussite 0,87 et 0,92).
- b) La précision de 10 mGal sur une valeur moyenne est atteinte pour un nombre n variant entre 5 et 9 suivant la catégorie des anomalies et les altitudes moyennes des régions ; la précision tend rapidement vers 2 et 3 mGal lorsque n devient supérieur à 10.
- c) Dans le cas où la corrélation anomalies - altitude n'est pas acceptée, l'erreur maximum à attendre sur la moyenne de l'anomalie calculée reste dans tous les cas inférieure à 12 mGal.
- d) Globalement, la corrélation r entre anomalies et altitudes est assez faible, étant donné la diversité des régions étudiées.

$$\begin{array}{ll} \text{Continent (air libre)} : r = 0,409 \\ \quad " \quad \quad \quad \alpha = 0,0359 \text{ mGal/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} (\text{Bouguer}) : r = -0,718 \\ \quad " \quad \quad \quad \alpha = -0,0775 \text{ mGal/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} \text{Mer (air libre)} : r = 0,031 \\ \quad " \quad \quad \quad \alpha = 0,0027 \text{ mGal/m} \end{array}$$

$$\begin{array}{ll} (\text{Bouguer}) : r = -0,593 \\ \quad " \quad \quad \quad \alpha = -0,065 \text{ mGal/m} \end{array}$$

Si l'on considère individuellement chaque degré Carré, la moyenne des coefficients α est de l'ordre de :

$$\begin{array}{ll} \text{Continent} : 0,1103 \text{ (air libre)} & - 0,050 \text{ (Bouguer)} \\ \text{Océan} : 0,045 \text{ (air libre)} & - 0,059 \text{ (Bouguer)} \end{array}$$

Ces chiffres n'ont qu'une valeur indicative ; étant donné la forte dispersion des résultats (surtout dans les anomalies à l'air libre), on devra s'appuyer sur d'autres facteurs pour préciser, suivant les régions, la valeur de ce coefficient.

Chapitre II

METHODES PRATIQUES POUR LE CALCUL DES ANOMALIES MOYENNES A L'AIR LIBRE

Les différentes méthodes utilisées pour calculer pratiquement les anomalies moyennes à l'air libre sont bien connues. On les rappellera ci-après, en soulignant les avantages et les inconvénients de chacune, et en portant une attention particulière à leur application aux mesures en mer (Océan Atlantique).

1°) Moyenne simple des N valeurs individuelles a_i contenues dans le carreau étudié

$$\bar{A} = \frac{\sum a_i}{N}$$

Avantages :

- valeur réellement mesurée de l'anomalie à l'air libre,
- aucune correction supplémentaire nécessitant la connaissance de l'altitude du point d'observation S (ou de la profondeur à la verticale de S).

Inconvénients :

Valeur moyenne peu significative lorsque N est petit.

Sur terre :

- valeur moyenne peu significative lorsque les mesures individuelles sont mal réparties en altitude dans la surface d'intégration considérée :
 - une différence de $\Delta h = 100 \text{ m}$ produit une variation Δa de 10 mGal
 - dans les régions montagneuses, les observations sont généralement faites à une altitude plus faible que l'altitude moyenne H, d'où erreur systématique (signalée précédemment)

Exemples : de la région des Alpes (évaluation par carreaux de $20^{\circ} \times 20^{\circ}$ gr.)

| N : | Altitudes extrêmes de S : | | Altitude moyenne du carreau |
|------|---------------------------|---|-----------------------------|
| 7 : | 633 | - | 1182 |
| 11 : | 473 | - | 1285 |
| 8 : | 872 | - | 1326 |
| 7 : | 820 | - | 1551 |
| : | | | : |

- Sur mer :

Les anomalies mesurées à la surface sont moins influencées par les variations du relief sous-marin que les anomalies mesurées sur terre ne le sont par les variations de la topographie, à cause de l'éloignement des fonds marins et du facteur de correction (pour $\Delta p = 100 \text{ m}$, $\Delta a = 7 \text{ mGal}$, au lieu de 10)

Conclusion

On pourra donc tenir compte de la moyenne simple des anomalies à l'air libre dans les cas suivants :

- Sur terre, dans les régions de plaine ($h < 300 \text{ m}$) ou de plateau ; car dans ce cas la corrélation anomalies - altitude est en général refusée pour un nombre d'observations faibles. (Ch. I, p.I-30).
- Sur mer, pour $N > 10$, à condition que ces points soient répartis au moins dans la moitié du carreau (voir tableau 8, p.I-41, $R \geq 2$). Ce critère de répartition en surface élimine les traverses dans les coins.

Afin de s'assurer de la représentativité des anomalies individuelles, un 2ème critère (de relief) a été retenu : différence ΔP entre la moyenne P_{obs} des profondeurs au-dessous des mesures S et la profondeur moyenne évaluée sur des cartes bathymétriques pour chaque degré carré. (Tableau 8, p.I-41, DIF.P).

2°) Méthode de corrélation entre les anomalies à l'air libre et les altitudes (ou profondeurs).

On considère comme linéaire (dans une petite surface) la relation qui lie les valeurs des anomalies et les altitudes des stations :

$$a_i = \alpha h_i + \beta \quad (4)$$

L'anomalie moyenne \tilde{A} est donnée pour la valeur d'altitude moyenne H_m évaluée indépendamment sur des cartes topographiques.

Avantage :

Correction à la mauvaise distribution en altitude des mesures.

Inconvénients :

Evaluation de l'altitude ou profondeur moyenne du carreau.

- Sur terre

La relation (4) n'est linéaire qu'en première approximation ; la courbure de la ligne passant par les points représentatifs a toujours le même sens, à cause des corrections topographiques ou des accidents tectoniques.

La distribution des stations en altitude a donc là aussi une importance non négligeable.

La valeur moyenne calculée avec des stations à faible altitude sera plus forte que l'anomalie moyenne vraie.

Des études ont déjà été faites sur ce sujet (a), (b).

Pour éliminer cette erreur systématique, une relation non linéaire pourrait être considérée.

- Sur mer

Les profondeurs mesurées peuvent ne pas correspondre exactement aux profondeurs à la verticale des points d'observation lorsque les mesures sont faites au-dessus d'un fond marin accidenté et avec un sondeur à faisceau large ; la valeur mesurée correspond généralement à la plus courte distance (écho sur la première surface).

Conclusion

- Sur terre, cette méthode de corrélation entre altitudes et anomalies n'a pas été considérée au B.G.I. pour les calculs de la carte présentée ci-après, on a toujours préféré la méthode indirecte décrite ci-dessous.

- Sur mer, dans l'Atlantique, cette méthode a été considérée, conjointement avec les 2 autres, suivant les cas (voir 4°). Elle a toutefois été retenue seulement lorsque le coefficient de corrélation C était anomalies et altitude était $\geq 0,7$ et que le nombre de mesures N dans un degré carré était > 10 .

3°) Méthode indirecte à partir des anomalies moyennes de Bouguer

Elle consiste à évaluer l'anomalie moyenne de Bouguer B_m pour le carreau choisi et à rajouter à cette valeur l'attraction d'une couche d'épaisseur moyenne correspondant à l'altitude moyenne H_m du carreau considéré.

$$A_m = B_m + 0,0419 d H_m \quad d = \text{densité}$$

$$\text{Sur terre } A_m = B + 0,11189 H_m \quad (d = 2,67)$$

$$\text{Sur mer } A_m = B - 0,0688 P_m \quad (d = 2,67 - d' = 1,027)$$

Cette méthode a été analysée dans (a) et son avantage sur la méthode directe y a été étudié.

(a) S. CORON & D. KOTLARZ - "Anomalies moyennes à l'air libre et anomalies moyennes de Bouguer". Bull. Géod. n°69, 1963.

(b) S. CORON - "Quelques relations entre anomalies de la pesanteur et altitudes dans les régions montagneuses (Alpes Occidentales)". Aus der Geodätischer Lehre... von Prof. W. GROSSMANN, p.20-27, Konrad Wittwer, Stuttgart, 1967.

Avantages

- La continuité des anomalies de Bouguer permet d'obtenir une valeur moyenne indépendante des conditions locales ; la mauvaise répartition des stations en altitude a donc peu d'importance et un nombre de points bien répartis en surface (même s'il est petit) assurera une moyenne correcte.
- Les cartes d'isanomales de Bouguer sont déjà très nombreuses dans les régions continentales.

Inconvénient

Evaluation de l'altitude ou de la profondeur moyenne du carreau.

Conclusion

- Au B.G.I. cette méthode a été appliquée à toutes les régions continentales où n'existe pas une documentation satisfaisante sur les anomalies à l'air libre.

Les altitudes moyennes ont été évaluées par degré carré, soit sur des cartes géographiques avec courbes de niveau, soit tirées directement de cartes où les altitudes moyennes avaient été inscrites pour des carreaux de dimensions variables (par exemple, de 3' x 5' de degré).

Dans le cas où l'on a utilisé les cartes avec courbes de niveau, la précision de H_m peut varier de 25 à 100 m ; dans l'autre cas, la précision est nettement supérieure (environ 10 m.) puisque la moyenne a été faite sur un grand nombre de carreaux.

Ainsi, pour l'Afrique du Nord, l'évaluation a porté sur 32 petits rectangles (ou 64 demi-rectangles) pour un degré carré et l'on peut dire que la précision est meilleure que 10 m.

Les anomalies de Bouguer moyennes ont été évaluées sur des cartes de différentes échelles. La précision des valeurs moyennes B_m s'échelonne entre 2 mGal et 10 mGal.

- Sur l'Océan Atlantique cette méthode a été considérée, conjointement avec les 2 autres (voir n°4). Sur des cartes schématiques ont été reportées automatiquement les valeurs individuelles (procédé Benson) ; les isanomales ont été tracées manuellement à cause de la distribution trop irrégulière des points, et l'évaluation de la valeur moyenne a été faite à vue. La précision est très variable.

L'évaluation des profondeurs par degré carré a été faite sur des cartes au 1/1.000.000° (GEBCO) : les cotes de tous les points de sondage ont été relevées, à l'aide de la machine D'Mac Pencil Follower, avec leurs coordonnées, sur cartes perforées.

Ce travail préliminaire important a été fait par cette méthode, entre 30° et 50°N.

4°) Méthode mixte utilisée en mer (Océan Atlantique) pour l'évaluation des anomalies moyennes à l'air libre.

En pratique, aucune des 3 méthodes simples mentionnées ci-dessus n'est satisfaisante, aussi a-t-on adopté un code spécial basé sur les avantages et les inconvénients de chacune d'elles.

Ce code tient compte :

- du nombre d'observations par degré carré = N lorsque $N \leq 10$, on utilisera seulement la 3ème méthode (indirecte de Bouguer),
- de la répartition en surface des observations, cette information est donnée par R, nombre de 1/4 de carreaux qui contiennent les observations - et par ΔP (définie p.I-35 et I-39),
- de la répartition des observations au-dessus des variations du relief marin ; cette information est donnée encore par ΔP (DIF.P. sur tableau, p.I-41) ; elle semble suffisante pour voir la représentativité de la moyenne simple des anomalies à l'air libre dans un carreau, toutefois, pour des calculs de corrélation, on tient compte aussi de l'écart (DP. OBS) entre les profondeurs extrêmes des points situés dans le même carreau.

Exemple : $62^{\circ} \dots 63^{\circ}$; $- 2^{\circ} \dots - 3^{\circ}$ W.G.

La profondeur moyenne (P.BAT) est - 1326 m et la moyenne des profondeurs observées (P.OBS) est - 1193 m avec des valeurs comprises entre - 636 m et - 1790 m (1154 m),

- de l'homogénéité de la structure terrestre ; une première information peut être fournie par le facteur de corrélation C liant anomalies et profondeurs.

La moyenne simple des anomalies à l'air libre sera considérée seulement lorsque les observations seront réparties dans la moitié du carreau ($R \geq 2$) et lorsque la différence ΔP sera < 400 m. Une différence de 400 m conduit à une erreur d'environ 30 mGal.

La 2ème méthode de la relation linéaire entre anomalies et profondeur sera utilisée lorsque le coefficient C sera $\geq 0,7$ et $N \geq 10$.

La 3ème méthode sera considérée dans tous les cas.

Ce code, fait à partir des premiers essais sur l'Atlantique, sera révisé et perfectionné ultérieurement. D'après les critères fixés, on notera que l'emploi simultané des trois méthodes est assez rare.

Tableau 7 - Code spécial pour les Anomalies en Mer

| Divers cas | 1 Moy.simple si $R \geq 2$ | 2 Moy.int si $C \geq 0,7$ | 3 Mét.ind. Boug. | Moy.adopt. |
|---------------------------|----------------------------------|---------------------------------|------------------------|-----------------------------|
| $N \leq 10$ | | | m_3 | m_3 |
| $10 < N \leq 100$ | m_1 | m_2 | m_3 | $\frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$ |
| $100 < \Delta P \leq 400$ | m_1 | m_2 | m_3 | " " |
| $400 < \Delta P$ | 0 | m_2 | m_3 | $\frac{m_2 + 2m_3}{3}$ |
| $100 < N$ | m_1 | m_2 | m_3 | $\frac{m_1 + m_2 + m_3}{3}$ |
| $100 < \Delta P \leq 400$ | m_1 | m_2 | m_3 | " " |
| $400 < \Delta P$ | 0 | m_2 | m_3 | $\frac{m_2 + m_3}{2}$ |
| si $N > 300, R = 4$ | m_1 | | | m_1 |

Précision des valeurs moyennes à l'air libre :

Etant donné la diversité des documents gravimétriques et topographiques, on a classé les résultats obtenus seulement en 3 grandes catégories :

- Val. moy. exactes à mieux que ± 5 mGal, lorsque N est supérieur à 300
- Val. dont l'erreur est supérieure à ± 10 mGal,

lorsque : $N < 50$ et $\Delta P > 400$
 $50 < N < 100$ et $\Delta P > 600$
 $100 < N < 200$ et $\Delta P > 1000$.

- Val. moy. exactes à mieux que ± 10 mGal, dans tous les autres cas.

Chapitre III

QUELQUES REMARQUES SUR LES ANOMALIES DE PESANTEUR EN MER

A) Tableaux récapitulatifs des résultats par degré carré

Un exemple de ces tableaux est donné page suivante (tableau 8).

Toutes les informations mises sur cartes perforées et bandes magnétiques sont analysées par $1^\circ \times 1^\circ$.

Dans un tableau final récapitulatif pour chaque degré de latitude sont indiqués :

long. = longitude, $- 14^\circ$ signifie de $- 14$ à $- 15^\circ$ W.G.

C = coefficient de corrélation liant linéairement les anomalies à l'air libre a de chaque point S et la profondeur mesurée en ce même point : p.

NA = nombre de points avec les anomalies à l'air libre

NB = nombre de points avec les anomalies de Bouguer. Lorsque les profondeurs de certains points n'ont pas été évaluées, $N_B < N_A$

R = nombre de $1/4$ du degré carré dans lesquels sont réparties les observations S.

P.OBS = moyenne des profondeurs correspondant à chaque point S, en mètres.

DP.OBS = écart entre les valeurs extrêmes des profondeurs sous les points d'observation S.

P.BAT = profondeur moyenne relevée sur une carte bathymétrique, en mètres.

DIF.P = différence P.OBS - P.BAT, en mètres.

BOUGUER = moyenne simple \bar{b} des anomalies de Bouguer en mGal

A.MOY = moyenne simple des anomalies à l'air libre, a

A.INT = moyenne de l'anomalie a obtenue par la corrélation linéaire avec la profondeur

AIR.B = moyenne de l'anomalie a obtenue indirectement à partir de l'anomalie moyenne \bar{b} de "BOUGUER" indiquée ci-dessus.

$A \neq X \quad \} =$ relation linéaire : An. Air libre = A \times X + B

B } Exemple : 0.239 E - 01 43 signifie :

$$A.INT = 0,0239 P.BAT + 43 \text{ (mGal)}$$

Dans la dernière colonne, a été rajoutée la valeur moyenne de l'anomalie de Bouguer (BG) lue à partir de courbes isanomales (cartes ou pointés Benson).

LATITUDE 62° DEGRE

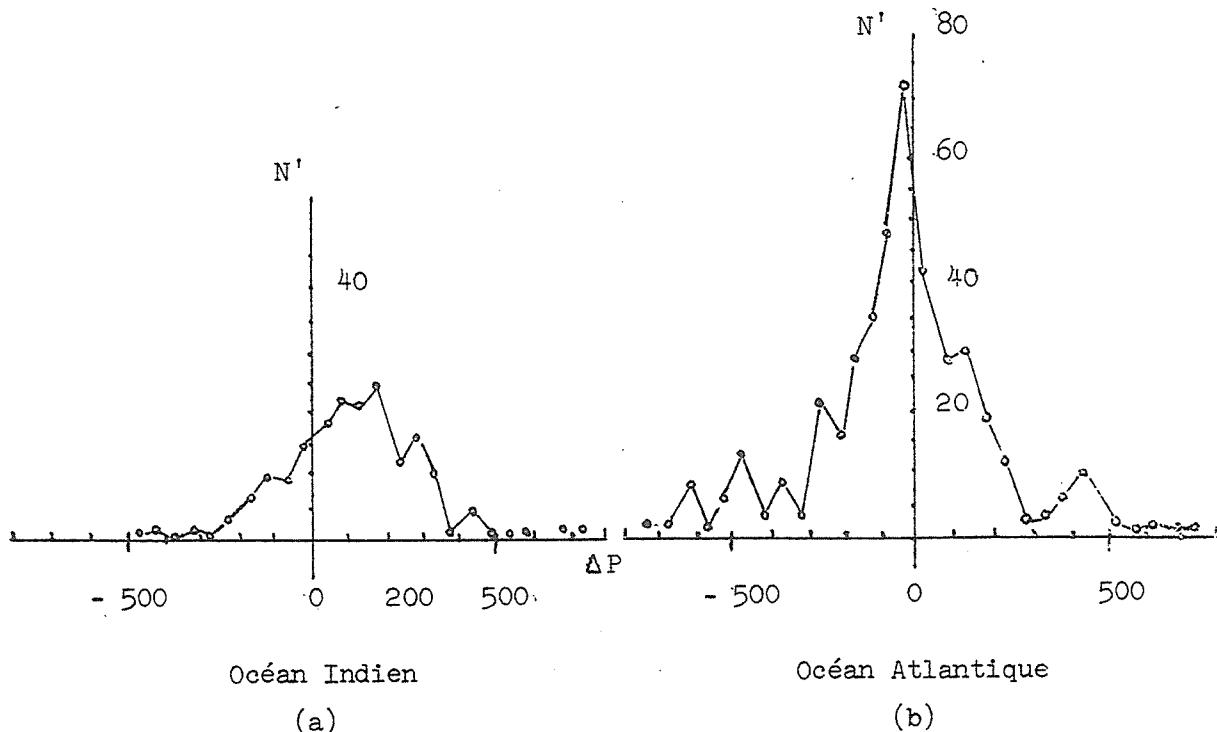
| LONG | C | NA | NB | R | P.OBS | DP.OBS | P.BAT | DIF.P | BOUGUER | A.MOY | A.INT | AIR.B | A*X | B | BG |
|------|-------|-----|-----|---|--------|--------|--------|-------|---------|-------|-------|-------|------------|------|-----|
| -14 | 0.93 | 9 | 9 | 1 | -1585. | 260 | -1700. | -115. | 132. | 23. | 15. | 15. | 0.660E-01 | 127. | 130 |
| -13 | -0.02 | 18 | 18 | 4 | -1108. | 525 | -1160. | -52. | 107. | 31. | 31. | 27. | -0.688E-03 | 30. | 110 |
| -12 | 0.03 | 29 | 29 | 3 | -979. | 267 | -861. | 118. | 103. | 36. | 36. | 44. | 0.373E-02 | 39. | 90 |
| -11 | 0.83 | 134 | 134 | 4 | -850. | 772 | -787. | 63. | 96. | 37. | 35. | 42. | 0.304E-01 | 59. | 95 |
| -10 | 0.58 | 155 | 155 | 4 | -723. | 562 | -669. | 54. | 89. | 40. | 38. | 43. | 0.182E-01 | 50. | 90 |
| -9 | 0.14 | 236 | 236 | 4 | -555. | 449 | -523. | 32. | 77. | 39. | 37. | 41. | 0.111E-01 | 42. | 75 |
| -8 | 0.26 | 353 | 353 | 4 | -360. | 484 | -386. | -26. | 76. | 52. | 42. | 50. | 0.251E-01 | 52. | 78 |
| -7 | -0.26 | 229 | 229 | 4 | -269. | 751 | -226. | 43. | 56. | 37. | 44. | 40. | -0.350E-01 | 36. | 55 |
| * -6 | 0.73 | 93 | 93 | 4 | -510. | 1322 | -180. | 330. | 90. | 55. | 66. | 78. | 0.443E-01 | 74. | 60 |
| -5 | 0.95 | 18 | 18 | 3 | -316. | 1809 | -436. | -120. | 67. | 45. | 41. | 37. | 0.275E-01 | 53. | 70 |
| -4 | 0.95 | 20 | 20 | 3 | -583. | 1856 | -706. | -123. | 78. | 38. | 35. | 30. | 0.231E-01 | 51. | 95 |
| -3 | 0.22 | 24 | 24 | 4 | -676. | 975 | -844. | -168. | 78. | 31. | 30. | 20. | 0.555E-02 | 35. | 90 |
| -2 | 0.84 | 21 | 21 | 4 | -1193. | 1154 | -1326. | -133. | 79. | -3. | -10. | -12. | 0.450E-01 | 50. | 90 |
| -1 | 0.39 | 21 | 21 | 3 | -1672. | 195 | -1602. | 70. | 84. | -31. | -25. | -26. | 0.112E 00 | 154. | 100 |
| 0 | 0.88 | 3 | 3 | 3 | -895. | 1139 | -1159. | -264. | 84. | 22. | 16. | 4. | 0.239E-01 | 43. | 100 |

* Carreau mixte océanique et continentale (Ile Faeroes). Les calculs se rapportent seulement à la partie océanique.

Tableau 8 - RECAPITULATION PAR DEGRE CARRE DES INFORMATIONS GRAVIMETRIQUES ET TOPOGRAPHIQUES

B) Ecart entre les moyennes des cartes bathymétriques P.BAT et les moyennes des profondeurs mesurées P.OBS.

Une première étude a été faite en 1968 avec des résultats obtenus dans l'Océan Indien. Sur les 219 degrés carrés considérés, on a relevé un écart positif pour 153 carreaux, c'est-à-dire, que dans le plus grand nombre de cas, la profondeur vraie du degré Carré est plus grande que celle obtenue à partir des observations. Le schéma (a) donne la distribution de la fréquence N' des écarts ΔP par tranche de 50 m ; la fréquence maximum est obtenue pour des écarts de l'ordre de 100 m à 200 m.



L'étude a été reprise en 1972 avec des données obtenues dans l'Atlantique, pour 444 degrés carrés. Les résultats n'ont pas confirmé ceux de l'Océan Indien, comme le montre le schéma (b).

Il serait bon de faire une étude minutieuse de ce problème pour voir la confiance qu'on peut attribuer à l'évaluation d'une valeur moyenne à l'air libre par la corrélation anomalies - profondeurs. Il serait d'abord nécessaire de connaître les caractéristiques du sondeur utilisé pour les relevés bathymétriques. On a calculé grossièrement qu'au-dessus d'un relief sous marin présentant une pente de 10 %, on pouvait avoir une erreur sur la profondeur de 15 % avec un sondeur courant (10°) et de 7 % avec un sondeur à faisceau étroit (5°).

C) Etude du coefficient de proportionnalité A (ou α) entre anomalies à l'air libre et profondeurs, par degré carré.

1° - Valeur moyenne du coefficient A

- sans tenir compte de la valeur du facteur de corrélation C :
 $A = 0,0027 \text{ mGal/m}$ pour $N = 140$ degrés carrés (Océan Indien)
- $A = 0,0076 \text{ mGal/m}$ pour $N = 523$ degrés carrés (Océan Atlantique)
- lorsque $C \geq 0,7$ et $N \geq 20$.
 $A = 0,098$ pour $N = 28$ (Océan Indien)
- $A = 0,058$ pour $N = 98$ (Océan Atlantique)

2° - Grande dispersion dans les résultats partiels (on s'est limité au cas où $C \geq 0,7$).

Les valeurs du coefficient A sont très variables suivant les degrés carrés ; le signe même peut changer : sur 400 carrés on en a trouvé 1/5 avec un coefficient négatif.

Les graphiques (a, b, c, d) ci-après, montrent les variations des anomalies en fonction des profondeurs pour des régions très différentes.

- Le graphique (a) provient d'observations dans une région fortement dénivélée, au large de la côte marocaine. La profondeur de la mer ne dépasse pas 200 m*, aussi la moindre de cette région océanique est de 345 m, bien que les sondages indiquent des valeurs de 3.730 m dans la partie N. Ouest du carré. Deux traverses gravimétriques sont parallèles à la côte, la 3ème dirigée E. Ouest, à la limite Nord du degré carré, atteint la région aux fortes profondeurs.
Le coefficient de corrélation C indique une bonne relation (0,97) entre anomalies et profondeurs.
L'équation linéaire est : $a = 0,0350 p + 15 \text{ mGal}$.

- Le graphique (b) provient d'observations au Nord des îles Faeroes, dans une région moins dénivellée que la précédente. Les traverses gravimétriques sont situées dans la moitié Nord, les 5 points à l'écart sur le graphique proviennent de la région Est. Le facteur C est 0,73 et l'équation linéaire est :
 $a = 0,0443 p + 74 \text{ mGal}$.

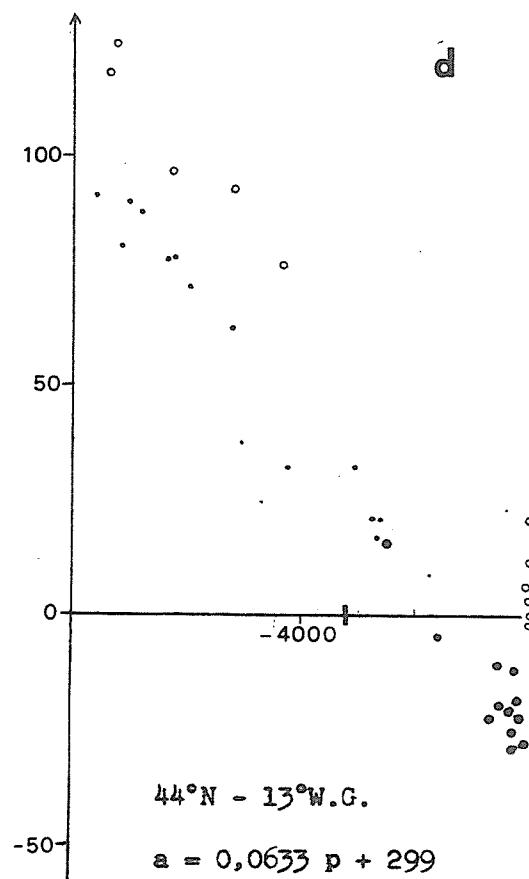
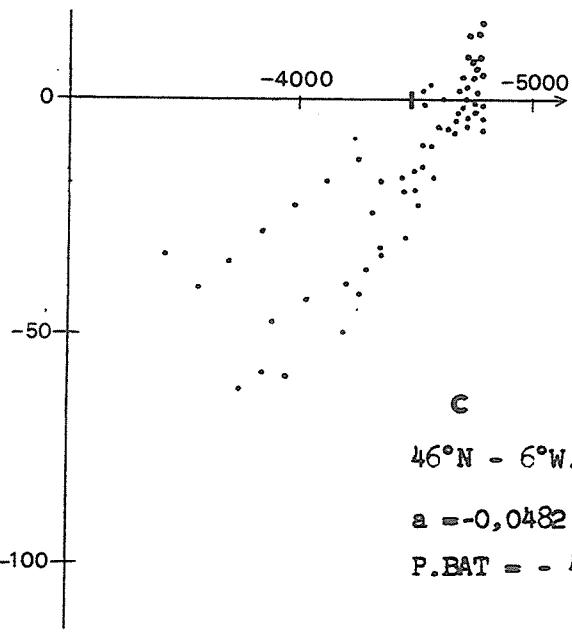
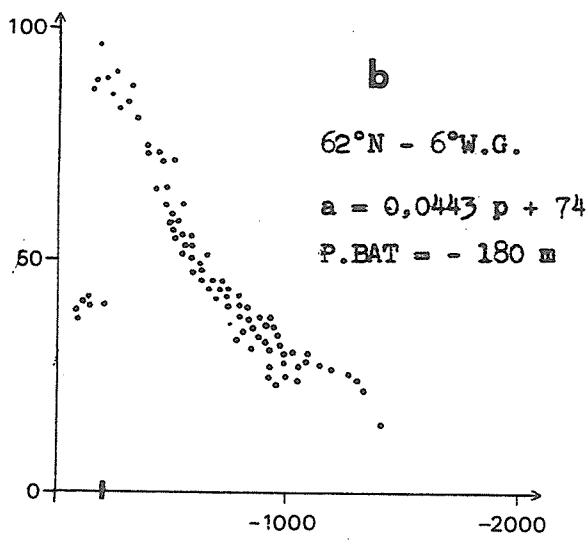
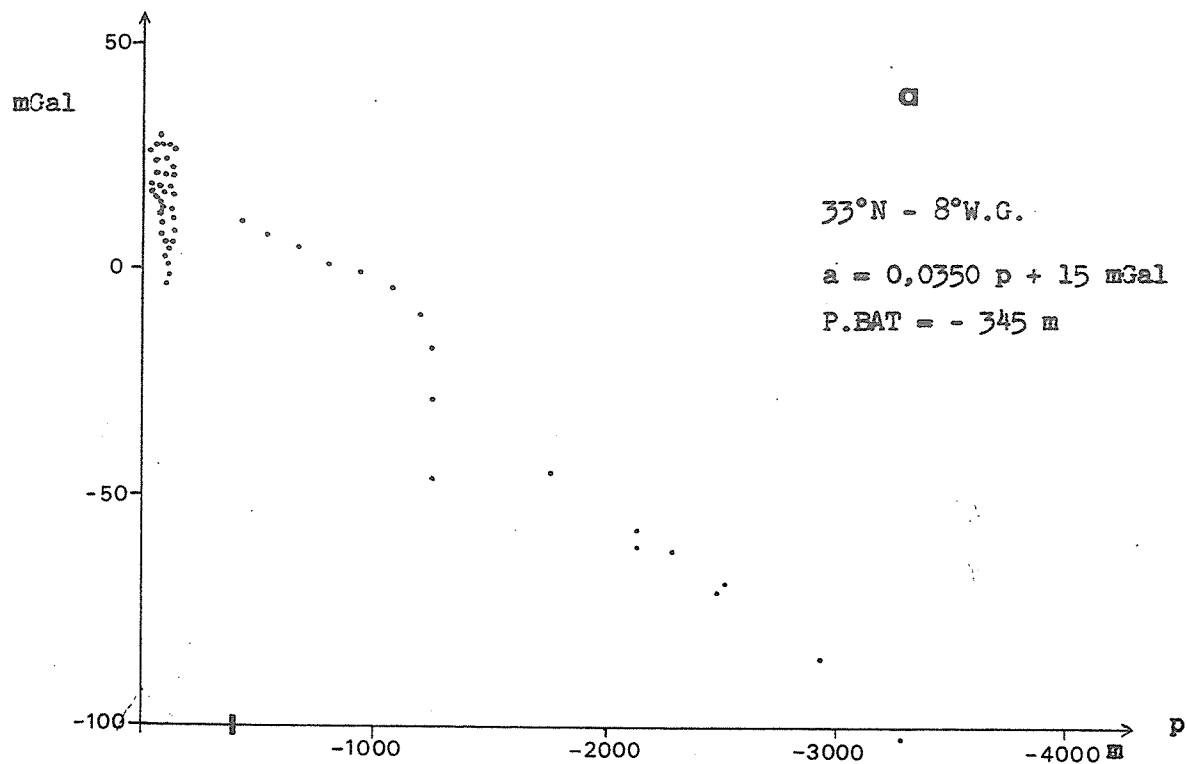
- Le graphique (c) provient d'observations dans la plaine abyssale dont le fonds est à environ 4.500 m et sans relief important.

Le facteur C est négatif et reste fort (0,83) bien que les points semblent se séparer en 2 groupes, en-dessous de 4.500 m. La relation linéaire est : $a = -0,0482 p - 225 \text{ mGal}$.

On notera que les profondeurs de quelques mesures sont inférieures à 4.000 m, atteignant même 3.420 m, alors qu'aucune côte de la carte bathymétrique utilisée n'est inférieure à 4.200 m. (voir p.I-42).

* sur la moitié de la surface océanique

I = 44.



- Sur le graphique (d) qui a été établi aussi pour une région profonde, assez plate, on a différencié les points suivant les croisières.

Le décalage d'environ 20 mGal entre deux séries de points est probablement dû à la répartition géographique.

Le facteur C est positif (0,94) et la relation linéaire est :

$$a = 0,0633 p + 299 \text{ mGal.}$$

3° - Recherche de différents facteurs pour l'étude du coefficient A

Des études ont été entreprises pour essayer de déterminer des facteurs qui pourraient apporter quelques informations sur la variation de ce coefficient et sur la confiance qu'on peut lui attribuer suivant les cas.

Ces résultats empiriques ne sont cités qu'à titre indicatif car la "population" est trop faible ; la séparation des différents facteurs nécessite un plus grand nombre de données.

- Relation entre le coefficient A et l'écart (DP.OBS) entre les profondeurs extrêmes sous les points d'observation. Comme on pouvait s'y attendre, la dispersion des valeurs A autour d'une valeur moyenne est d'autant plus grande que DP est petit.

Pour DP compris entre :

| | |
|------------|--------|
| 0 | 100 m |
| 100 | 200 m |
| 200 | 500 m |
| 500 | 750 m |
| 750 | 1500 m |
| 1500 | 2000 m |
| 2000 | 3000 m |
| 3000 | 3500 m |
| 3500 | 4500 m |

A est compris entre :

| | |
|---------------|---------|
| - 0,450 | + 0,500 |
| - 0,410 | + 0,180 |
| - 0,100 | + 0,170 |
| - 0,080 | + 0,110 |
| - 0,030 | + 0,090 |
| - 0,020 | + 0,090 |
| + 0,010 | + 0,090 |
| + 0,008 | + 0,060 |
| + 0,025 | + 0,040 |

A noter que le coefficient A a des valeurs négatives seulement lorsque DP < 2100 m.

Le signe négatif pourrait être un indicateur de structure sous-marine différente.

- Relation entre le coefficient A et la profondeur du relief marin (P.OBS).

L'étude a porté sur 98 degrés carrés et a été faite par tranches de 500 m.

Entre 1500 et 4500 m, le coefficient A augmente de 0,3 à 0,7, mais ces résultats sont peu significatifs, les écarts quadratiques moyens étant du même ordre de grandeur que les variations obtenues.

D'autres essais ont été faits sur la répartition géographique des valeurs du coefficient A, et sur la confiance qu'on peut attribuer au facteur de corrélation C suivant le nombre de points utilisés par degré carré.

Chapitre IV

CARTE D'ANOMALIES MOYENNES A L'AIR LIBRE PAR $1^\circ \times 1^\circ$
 S'ETENDANT DE 30° à 70°N et 20°W.G. à 20°E.G.

Comme suite aux réponses à la circulaire (Bull. Inf. n°29, Juillet 1972) concernant les zones de plus grand intérêt de cartes d'anomalies moyennes, le B.G.I. publie dans ce Bulletin la carte d'anomalies moyennes à l'air libre, entre les latitudes 30° et 70°N et les longitudes -20°W.G. à 20°E.G. ; elle s'étend sur l'Afrique, l'Europe Occidentale et la partie Orientale de l'Atlantique.

Cette carte est insérée à la fin du présent Bulletin d'Information ; les tableaux récapitulatifs sont reportés p.I-49...

Les anomalies sont exprimées en milligals et inscrites dans chaque degré carré. Les calculs ont été faits par $1/4 \times 1/4^\circ$ dans les régions où les mesures sont en nombre suffisant, et où les profondeurs sont très variables, par exemple, au bord des côtes, dans le Golfe de Gascogne, près des Açores, de la Corse; pour la facilité de la lecture de la carte, ces résultats détaillés n'ont pas été reportés.

Les anomalies se rapportent à l'ancien système de référence :
 - système de Potsdam,
 - formule internationale (1930).

Pour convertir ces données dans le système de Référence Géodésique 1967 et le Réseau Gravimétrique International Unifié 1971, il suffit d'appliquer le terme correctif, fonction de la latitude
 $\Delta g = (3,2 - 13,6 \sin^2 \varphi) \text{ mGal}$. (Bull. Inf. n°29, p.I-12). L'échelle de correction (-0,2 à -7,0 mGal) a été indiquée sur la carte.

Désignation des documents utilisés

- Anomalies à l'air libre :
 - . cartes d'isanomales
 - . cartes de valeurs moyennes établies par les pays ou les services concernés, généralement à partir de nombreuses observations.
 - . valeurs individuelles des croisières en mer, avec coordonnées et profondeurs. A noter que ces valeurs données approximativement entre 10 et 15 minutes de temps proviennent de profils continus.
- Anomalies de Bouguer
 - . cartes d'isanomales établies par les pays concernés
 - . valeurs individuelles

- Données topographiques :

Sur terre - cartes avec courbes de niveau
- cartes d'altitudes moyennes
Sur mer - plotting sheets 1/1.000.000°

Une différenciation a été faite dans l'écriture suivant l'origine des valeurs moyennes et la précision probable.

- 17 (droit) : cartes d'anomalies à l'air libre
- 17 (penché) : méthode indirecte à partir des anomalies moyennes de Bouguer
- 17 (épais) : méthode mixte pour l'Atlantique (voir p.I-38).

- 12° = erreur inférieure à \pm 5 mGal
- 12 = erreur de l'ordre de \pm 10 mGal
- (12) = erreur supérieure à \pm 10 mGal
- 12 = erreur indéterminée, aucune mesure dans le degré carré (région Atlantique)

Les tableaux ci-après donnent, sous un format plus pratique, les résultats inscrits sur la carte géographique, par degré carré.

Ce travail a été fait avec la collaboration de M. MOISDON (étude statistique), de J.M. LUBART (programmation) et de M.F. ESNOUT qui est spécialement chargée de l'établissement et de la tenue à jour des cartes d'anomalies moyennes de la pesanteur.

S. CORON

Contribution IPG NS n°69

| | -20 | -19 | -18 | -17 | -16 | -15 | -14 | -13 | -12 | -11 | -10 | -9 | -8 | -7 | -6° W.G. |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----------|
| 70 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 38 | I | 34 | I | 34 | I | 36 | I | 32 | I | 29 | I | 27 | I |
| 69 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 33 | I | 35 | I | 33 | I | 33 | I | 32 | I | 31 | I | 28 | I |
| 68 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 42 | I | 42 | I | 39 | I | 39 | I | 40 | I | 38 | I | 30 | I |
| 67 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 46 | I | 45 | I | 45 | I | 48 | I | 48 | I | 46 | I | 45 | I |
| 66 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 64 | I | 59 | I | 63 | I | 60 | I | 66 | I | 54 | I | 31 | I |
| 65 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 75 | I | 81 | I | 88 | I | 94 | I | 76 | I | 50 | I | 40 | I |
| 64 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 36 | I | 39 | I | 39 | I | 31 | I | 16 | I | 20 | I | 25 | I |
| 63 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 14 | I | 39 | I | 35 | I | 21 | I | 8 | I | 14 | I | 30 | I |
| 62 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 27 | I | 17 | I | 17 | I | 12 | I | 3 | I | 9 | I | 24 | I |
| 61 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -4 | I | -8 | I | 4 | I | -4 | I | 6 | I | 17 | I | 54 | I |
| 60 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -7 | I | -8 | I | 23 | I | 43 | I | 43 | I | 50 | I | 47 | I |
| 59 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 13 | I | 66 | I | 67 | I | 48 | I | 48 | I | 62 | I | 47 | I |
| 58 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 52 | I | 20 | I | 8 | I | 30 | I | 31 | I | 71 | I | 80 | I |
| 57 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 23 | I | 8 | I | 25 | I | 67 | I | 55 | I | 54 | I | -32 | I |
| 56 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 41 | I | 31 | I | 42 | I | 62 | I | 17 | I | -5 | I | -35 | I |
| 55 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 81 | I | 65 | I | 34 | I | -3 | I | -6 | I | -15 | I | -33 | I |
| 54 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 85 | I | 54 | I | 16 | I | 8 | I | 13 | I | 43 | I | 66 | I |
| 53 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 45 | I | 18 | I | -1 | I | 13 | I | 65 | I | 97 | I | 94 | I |
| 52 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 29 | I | 4 | I | -9 | I | -33 | I | 37 | I | 76 | I | 46 | I |
| 51 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 34 | I | 1 | I | -14 | I | -15 | I | -9 | I | 14 | I | 21 | I |

Valeurs moyennes des anomalies de pesanteur à l'air libre 1° x 1° (Ancien système, 1930)

| | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9° E.G. |
|----|----|----|----|----|----|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---------|
| 70 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 20 | I | 21 | I | 20 | I | 29 | I | 32 | I | 11 | I | 13 | I |
| 69 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 15 | I | 22 | I | 23 | I | 22 | I | 32 | I | 29 | I | 19 | I |
| 68 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 17 | I | 24 | I | 24 | I | 21 | I | 17 | I | 15 | I | 16 | I |
| 67 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 11 | I | 1 | I | 1 | I | 25 | I | 26 | I | 27 | I | 26 | I |
| 66 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 18 | I | 27 | I | 19 | I | 31 | I | 37 | I | 40 | I | 35 | I |
| 65 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 14 | I | 23 | I | 38 | I | 40 | I | 45 | I | 35 | I | 22 | I |
| 64 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 2 | I | 1 | I | 18 | I | 24 | I | 14 | I | 20 | I | 10 | I |
| 63 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 40 | I | 31 | I | -5 | I | -20 | I | 20 | I | 24 | I | 17 | I |
| 62 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 7 | I | -6 | I | -11 | I | 23 | I | 34 | I | 15 | I | -4 | I |
| 61 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 9 | I | 25 | I | 43 | I | 43 | I | 15 | I | -2 | I | 5 | I |
| 60 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 30 | I | 41 | I | 27 | I | 9 | I | -9 | I | 1 | I | 12 | I |
| 59 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 39 | I | 19 | I | 0 | I | 1 | I | 10 | I | 26 | I | 15 | I |
| 58 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 38 | I | 16 | I | 11 | I | 7 | I | 9 | I | 8 | I | 15 | I |
| 57 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 49 | I | 25 | I | 5 | I | 2 | I | 3 | I | 7 | I | 11 | I |
| 56 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 44 | I | 50 | I | 36 | I | 12 | I | 6 | I | -1 | I | -9 | I |
| 55 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 33 | I | 29 | I | 51 | I | 15 | I | 0 | I | -2 | I | -15 | I |
| 54 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 35 | I | 36 | I | 30 | I | 23 | I | -3 | I | -7 | I | -4 | I |
| 53 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 29 | I | 57 | I | 17 | I | 17 | I | 6 | I | 4 | I | 6 | I |
| 52 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 33 | I | 25 | I | 8 | I | 0 | I | 1 | I | 0 | I | -7 | I |
| 51 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 21 | I | 23 | I | -3 | I | -16 | I | -19 | I | -13 | I | -6 | I |

| | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24°E.G. |
|----|----|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|----|---------|
| 70 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 16 I | 11 I | 17 I | 28 I | 31 I | 37 I | 25 I | 10 I | 10 I | -21 I | I | I | I | I |
| 69 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 12 I | 23 I | 45 I | 58 I | -12 I | -2 I | -21 I | -8 I | 36 I | 45 I | I | I | I | I |
| 68 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 42 I | 42 I | 47 I | 17 I | -45 I | -65 I | -10 I | 27 I | 29 I | 30 I | I | I | I | I |
| 67 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 19 I | 20 I | -3 I | -23 I | 7 I | 6 I | 15 I | 22 I | 31 I | 33 I | I | I | I | I |
| 66 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 23 I | 17 I | 11 I | 21 I | 21 I | 6 I | 9 I | 16 I | 19 I | 19 I | I | I | I | I |
| 65 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 31 I | -4 I | 0 I | 11 I | 5 I | -11 I | 3 I | 20 I | 19 I | 11 I | I | I | I | I |
| 64 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 24 I | 12 I | 10 I | -8 I | -10 I | 14 I | 27 I | 24 I | 15 I | 22 I | I | I | I | I |
| 63 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 40 I | 21 I | 17 I | 11 I | 25 I | 19 I | 23 I | -11 I | -27 I | -28 I | I | I | I | I |
| 62 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 3 I | 8 I | 12 I | 17 I | 20 I | 26 I | 11 I | -18 I | -17 I | -12 I | I | I | I | I |
| 61 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 18 I | 14 I | -6 I | -18 I | 4 I | 11 I | 0 I | -14 I | -31 I | -27 I | I | I | I | I |
| 60 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 35 I | 19 I | 1 I | -13 I | -12 I | -14 I | -12 I | -14 I | -17 I | -37 I | I | I | I | I |
| 59 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 10 I | 1 I | 0 I | -2 I | -6 I | 4 I | 6 I | -3 I | -22 I | -32 I | I | I | I | I |
| 58 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 11 I | 18 I | 16 I | 14 I | 14 I | 15 I | -4 I | -12 I | -7 I | -24 I | I | I | I | I |
| 57 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 13 I | -1 I | 25 I | 26 I | 12 I | 16 I | 6 I | -3 I | -8 I | -16 I | I | I | I | I |
| 56 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 11 I | 6 I | 18 I | 5 I | 14 I | 20 I | 15 I | 7 I | -7 I | -10 I | I | I | I | I |
| 55 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 15 I | 14 I | 9 I | 10 I | 6 I | 8 I | 10 I | 4 I | 0 I | 2 I | I | I | I | I |
| 54 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 4 I | 10 I | 21 I | 1 I | -1 I | -1 I | 7 I | -16 I | -34 I | -11 I | I | I | I | I |
| 53 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 9 I | 15 I | 10 I | 1 I | 3 I | 3 I | -4 I | -7 I | 0 I | -7 I | I | I | I | I |
| 52 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 34 I | 34 I | 21 I | 29 I | 22 I | 20 I | 30 I | 20 I | 8 I | -4 I | I | I | I | I |
| 51 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 29 I | 30 I | 39 I | 25 I | 19 I | 31 I | 30 I | 10 I | 38 I | 36 I | I | I | I | I |

| -20 -19 -18 -17 -16 -15 -14 -13 -12 -11 -10 -9 -8 -7 -6° W.G. | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| 50 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 35 | I | 30 | I | 7 | I | 9 | I | -3 | I | -14 | I | -2 | I |
| 49 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 28 | I | 18 | I | 22 | I | 7 | I | -4 | I | -15 | I | -31 | I |
| 48 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 16 | I | 23 | I | 22 | I | -1 | I | -9 | I | 5 | I | -3 | I |
| 47 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 19 | I | 29 | I | 11 | I | 16 | I | 17 | I | 11 | I | 12 | I |
| 46 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -1 | I | 11 | I | 9 | I | 2 | I | 10 | I | -1 | I | 3 | I |
| 45 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -1 | I | -1 | I | 9 | I | 43 | I | -13 | I | 18 | I | 42 | I |
| 44 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 26 | I | 44 | I | 57 | I | 40 | I | -3 | I | 19 | I | 30 | I |
| 43 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 47 | I | 53 | I | 26 | I | 29 | I | -11 | I | -12 | I | -2 | I |
| 42 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 24 | I | -7 | I | 12 | I | -18 | I | -11 | I | 1 | I | -4 | I |
| 41 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 20 | I | -14 | I | 6 | I | 32 | I | 18 | I | -9 | I | -34 | I |
| 40 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 5 | I | 9 | I | 13 | I | -4 | I | -3 | I | -6 | I | 12 | I |
| 39 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 15 | I | 0 | I | 11 | I | 4 | I | 7 | I | 7 | I | 73 | I |
| 38 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 12 | I | 48 | I | 30 | I | 16 | I | -1 | I | 31 | I | 29 | I |
| 37 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -6 | I | -31 | I | -20 | I | -3 | I | 64 | I | 68 | I | 33 | I |
| 36 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -10 | I | 4 | I | 15 | I | 64 | I | 100 | I | 14 | I | -15 | I |
| 35 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 4 | I | 7 | I | -1 | I | 69 | I | 39 | I | 48 | I | -7 | I |
| 34 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 33 | I | 47 | I | -1 | I | 55 | I | 33 | I | 30 | I | -19 | I |
| 33 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 59 | I | 37 | I | 42 | I | 83 | I | -17 | I | -23 | I | 4 | I |
| 32 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 14 | I | -2 | I | -11 | I | -9 | I | 1 | I | 30 | I | 53 | I |
| 31 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 12 | I | 1 | I | 0 | I | 15 | I | 45 | I | 52 | I | 49 | I |

Valeurs moyennes des anomalies de pesanteur à l'air libre 1° x 1° (Ancien système, 1930)

| | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9° E.S. |
|----|----|-----|----|-----|----|-----|---|-----|---|-----|---|-----|---|----|---------|
| 50 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 12 | I | 16 | I | 15 | I | 0 | I | -11 | I | -4 | I | -2 | I |
| 49 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 18 | I | 20 | I | 13 | I | 12 | I | 13 | I | 3 | I | -7 | I |
| 48 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 12 | I | 5 | I | 12 | I | 5 | I | 5 | I | 0 | I | -8 | I |
| 47 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 10 | I | 20 | I | 15 | I | 10 | I | 7 | I | 6 | I | 9 | I |
| 46 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -11 | I | -10 | I | 12 | I | 1 | I | 12 | I | 0 | I | 20 | I |
| 45 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -72 | I | -51 | I | -11 | I | 7 | I | -12 | I | -9 | I | 10 | I |
| 44 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 28 | I | -11 | I | -21 | I | 5 | I | 8 | I | 5 | I | -7 | I |
| 43 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 70 | I | 52 | I | 36 | I | -2 | I | 45 | I | 51 | I | 49 | I |
| 42 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 9 | I | 31 | I | 41 | I | 20 | I | 4 | I | 14 | I | 17 | I |
| 41 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 20 | I | -13 | I | 19 | I | 38 | I | 57 | I | 20 | I | 13 | I |
| 40 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 25 | I | 26 | I | 11 | I | 25 | I | 10 | I | 25 | I | 14 | I |
| 39 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 44 | I | 34 | I | 48 | I | 31 | I | 20 | I | 30 | I | 32 | I |
| 38 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 46 | I | 66 | I | 42 | I | 40 | I | 9 | I | -2 | I | -4 | I |
| 37 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -27 | I | -13 | I | 5 | I | -16 | I | -14 | I | -15 | I | 15 | I |
| 36 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -37 | I | -24 | I | 25 | I | 10 | I | 7 | I | 33 | I | 29 | I |
| 35 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -5 | I | 43 | I | 57 | I | 52 | I | 48 | I | 40 | I | 43 | I |
| 34 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 110 | I | 52 | I | 52 | I | 52 | I | 43 | I | 33 | I | 33 | I |
| 33 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 80 | I | 75 | I | 47 | I | 55 | I | 25 | I | -3 | I | 6 | I |
| 32 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 35 | I | 46 | I | 25 | I | 24 | I | 21 | I | 8 | I | 11 | I |
| 31 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 33 | I | 44 | I | 21 | I | 16 | I | 12 | I | -4 | I | -8 | I |

| | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24° E.G. |
|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|----|----|-----|----------|
| 50 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 35 | I | 15 | I | 29 | I | 47 | I | 26 | I | 43 | I | 43 | I |
| 49 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 7 | I | -2 | I | -7 | I | 5 | I | 14 | I | 46 | I | 7 | I |
| 48 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 31 | I | 21 | I | 30 | I | 40 | I | 49 | I | 45 | I | 25 | I |
| 47 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 68 | I | 60 | I | 86 | I | 42 | I | 37 | I | 30 | I | 14 | I |
| 46 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -3 | I | 24 | I | -20 | I | 10 | I | 2 | I | 8 | I | 11 | I |
| 45 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -47 | I | -52 | I | -63 | I | -16 | I | -4 | I | 44 | I | 52 | I |
| 44 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 20 | I | 45 | I | 20 | I | -10 | I | -13 | I | 7 | I | 22 | I |
| 43 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 29 | I | 24 | I | 61 | I | 55 | I | -5 | I | 6 | I | 25 | I |
| 42 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 17 | I | 26 | I | 19 | I | 33 | I | 57 | I | 59 | I | 35 | I |
| 41 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 11 | I | 9 | I | 11 | I | 31 | I | 30 | I | 89 | I | 55 | I |
| 40 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 5 | I | 4 | I | 5 | I | 5 | I | 28 | I | 35 | I | 61 | I |
| 39 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 11 | I | 25 | I | 25 | I | 6 | I | 13 | I | 34 | I | 44 | I |
| 38 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 19 | I | 32 | I | 37 | I | 25 | I | 76 | I | 10 | I | -54 | I |
| 37 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 35 | I | 23 | I | 28 | I | 12 | I | 50 | I | 0 | I | -26 | I |
| 36 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 6 | I | 20 | I | 28 | I | 9 | I | 15 | I | 35 | I | 0 | I |
| 35 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 11 | I | 0 | I | 8 | I | 5 | I | 7 | I | 33 | I | 16 | I |
| 34 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 14 | I | 10 | I | -5 | I | 0 | I | -5 | I | 5 | I | -51 | I |
| 33 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 32 | I | 12 | I | 17 | I | 41 | I | 19 | I | -5 | I | -30 | I |
| 32 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | 8 | I | 14 | I | 33 | I | 37 | I | 12 | I | 2 | I | -11 | I |
| 31 | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I | I |
| | I | -11 | I | 2 | I | 3 | I | 28 | I | 13 | I | 6 | I | 14 | I |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

LISTE des PUBLICATIONS

reçues au

BUREAU GRAVIMETRIQUE INTERNATIONAL

(Août 1972 à Janvier 1973)

CONCERNANT LES QUESTIONS DE PESANTEUR

LISTE des PUBLICATIONS

- 1 - CANTER B., D.R. AULD, R. DRAGERT & P.A. CAMFIELD - "Geomagnetic depth-sounding and crustal structure in Western Canada".
from : J. Geophys. Res., v.26, n°29, p.7181-7201, 1971.
Earth Physics Branch, Contr. n°341, Ottawa.

Mapping of the regional electrical conductivity structure in western Canada has been carried out with a network of geomagnetic recording stations that cover the frequency range 10^{-5} - 2×10^{-3} Hz (24 hour to 8 min. periods). Two main regions have been defined, based mainly on the amplitudes of the vertical component (Z) variations in the frequency range 10^{-4} - 10^{-3} Hz. The main transition between the western conductive (low Z) region and the eastern (high Z) region has been mapped between latitudes 49°N and 54°N , and the westward extent of the low Z region has been mapped to the coast. In the northern part the discontinuity trends south-east, following the western flank of the Rocky Mountains ; it has been particularly well defined (in location and strike) at latitude 53.2°N . Near latitude 51° - 52°N the discontinuity swings to a more southerly trend, continuing to 49°N . A second discontinuity has been mapped near latitude 49°N , trending roughly east-west between about 116°W and 118°W . Two other second order features have been noted for future investigation : a coastal effect at latitude 55°N and a minor anomaly near Smithers (126°W , 55°N).

- 2 - HASEGAWA H.S. - "Crustal transfer ratios of short and long-period body waves recorded at Yellowknife".
Bull. Seism. Soc. America, v.61, n°5, p.1303-1320, 1971.

A feasibility study into the spectral ratio technique of deducing crustal structure at Yellowknife indicates that :

- a - through the use of long-period teleseismic body waves, the crustal thickness can be determined to within 4 km and the velocity to within 0.6 km/sec. of the values obtained by a reversed refraction profile and,
- b - through the use of short-period body waves, a thin (a few km thick) layer near the surface with a velocity contrast of about 10 % with that of the underlying layer can be detected. Theoretical considerations indicate that long-period body waves are not modified, to any significant extent, by absorption in the crust (representative Q values 75-200) but that short-period body waves are. However, estimates of a mean Q for the crust at Yellowknife through the use of short-period body waves are inconclusive, due mainly to inconclusive data, that is, the spectral ratio curves for the different events shown do not agree.

The advantages of incorporating multiples phases, such as pP and PcP, into the spectral ratio calculations for long-period body phases are more than offset by the increased intractability in deducing gross crustal features. In the present study, the theoretical composite spectral ratios are restricted to the case where equal amplitudes are assumed for P, pP and PcP, whereas, in the experimental seismograms selected, pP and PcP have smaller amplitudes.

- 3 - WETMILLER R.J. - "An earthquake swarm on the Queen Charlotte Islands fracture zone".
 Bull. Seism. Soc. America, v.61, n°6, p.1489-1505, 1971.
 Earth Physics Branch, Contr. n° 375, Ottawa.

An earthquake swarm occurring on a segment of the ocean ridge system in the northeast Pacific Ocean is investigated by means of standard seismograph records from the western portion of British Columbia, Canada, covering the period from August 27 to September 1, 1967.

...
 All epicenters are located with respect to a regional model of the Earth's crust which approximates the nature of the crust of the Earth in western British Columbia and the northeast Pacific Ocean. The resulting epicenters for events in the swarm are associated with two distinct tectonic features in the northeast Pacific Ocean - the Explorer Trench and the Queen Charlotte Islands Fracture Zone.

- 4 - POPELAR J. - "Gravity interpretation of the Sudbury area".
 The Geol. Assoc. of Canada, Special Paper n°10, p.103-115, 1972.
 Earth Physics Branch, Contr. n°399, Ottawa.

A geological interpretation of the new gravity anomaly map of the Sudbury area based on an analysis of rock densities is presented. Aeromagnetic maps of the area are an additional source of geophysical information. The regional gravity features are interpreted as being related to major magnetic centres within the crust whereas the local gravity anomalies correlate well with the densities of the superficial rock formations. The norite of the Sudbury Irruptive, the mafic magmatic and metamorphic rocks, the Archean and the lower Huronian metasediments with mafic volcanics, and the Onaping Formation correspond to positive local gravity anomalies. The granophyre of the Irruptive, the felsic magmatic rocks and the sediments of the upper Huronian and the Whitewater groups produce negative local gravity anomalies. The results of a quantitative interpretation of possible density models for the Sudbury structure suggest that the average density contrast of the norite with respect to the footwall rocks is not likely to exceed 0.1 g/cm^3 and that the main body of the norite extends to a depth of about 9 km on the northern side of the Fairbank Lake fault system whereas its vertical extent on the South Range is probably less than 5 km.

- 5 - MELCHIOR P. - Chronique de l'U.G.G.I.,
n°86, p.193-256, Août 1972.
- 6 - CENTRE NATIONAL pour l'EXPLOITATION des OCEANS -
Rapport annuel 1971, 64 p, Paris, 1972.
- 7 - A.I.G. - Bulletin Géodésique n°105, Septembre 1972.
- a) - Compte-rendu de la réunion du Comité Exécutif
(Paris, 21 et 22 Février 1972) p.241-250.
- Statuts et règlement intérieur de l'A.I.G., p.251-270.
 - b) LEVALLOIS J.J. - "Sur la mise en évidence d'un mouvement de
surrection des massifs cristallins alpins".
p.299-318.
 - c) GRAFARENDE E. & R. KELM - "Point and interval estimations especially
of point errors in multidimensional least squares adjustment".
p.319-342.
 - d) RAPP R.H. - "Comments on paper by K. LAMBECK "Comparison of surface
gravity data with satellite data".
p.343-350.
- This paper has been prepared to outline areas where the conclusions of LAMBECK (1971) are subject to alternate views. The specific points raised here are :
- 1 - The surface gravity data has been weighted too low, in an absolute sense, in the SAO Standard Earth II.
 - 2 - With existing terrestrial data and reasonable estimates for unsurveyed areas, solutions can be carried to $e = 24 - 28$ instead of $e = 16 - 18$ as suggested by LAMBECK.
 - 3 - Considering the amount of gravity information remaining beyond $e = 16$, solutions could be extended to $e = 30$.
 - 4 - Assuming a global $5^\circ \times 5^\circ$ anomaly field given to an accuracy of ± 5 mGal solutions could formally be carried to $e = 63$, but realistically only to $e = 36$.
- e) LAMBECK K. - "Further comments on the comparison of surface gravity data with satellite data".
p.351-358.
- The suggestion that we have weighted the surface gravity data too low is not valid. The weights used are different than one would expect from only analysing surface data but all tests indicate the correctness of our choice. This is sufficient justification for their use although we would like to understand better why this is. Our tests have indicated that there is little point in extending the present solution beyond about degree 16 or 18 whereas RAPP suggests that 24 - 28 may be a more reasonable goal. Either we are talking about different data sets or we have different concepts of what is significant.

Assuming the $5^\circ \times 5^\circ$ global coverage of 15 mGal accuracy RAPP suggests that the solution could be realistically carried out to degree 36. My estimates tend to be lower but this again depends on the definition of realistic or significant, and on the reliability of the data.

Throughout this work we have been concerned only in solving for those terms that either significantly affect the satellite orbit or that can be determined with some reliability from the surface data. Our basis for deciding what is or what is not significant formed the "raison d'être" of the various tests made and discussed previously. We could have determined many more terms but they would not have improved the reliability of the overall representation.

- 8 - BONATZ M., T. CHOSJNICKI & K. SCHULLER - "Erste Ergebnisse der Messung klinometrischer Erdgezeiten mit dem Askania -Vertikalpendel Gbp 1 n°12 in der Teststation Erpel 1971/72".
Mit. Inst. Theor. Geod., Univ. Bonn, n°9, 9 S., 1972.
The results of harmonic analysis of half a year clinometric earthtide measurements in the teststation Erpel near Bonn with Askania-Borehole-pendulum Gbp 1 n°12 are presented. ...
- 9 - BONATZ M., T. CHOJNICKI & W. ROCHOLL - "Tröpfsteinhöhle Wiehl - Ergebnisse von Horizontalpendelregistrierungen bei geringer Gesteinsüberdeckung".
Mit. Inst. Theor. Geod., Univ. Bonn, n°10, 11 S., 1972.
Clinometric earthtide recordings with horizontal pendulums of the type Verbaandert - Melchior were performed from October 1968 until May 1969 in the stalactite cave Wiehl, east from Bonn. ...
- 10 - BONATZ M., T. CHOJNICKI, W. ROCHOLL & K. SCHULLER - "Erdgezeitenstation Bonn - Gesamtergebnisse der Schweregratistrierungen mit dem Askania-Gravimeter GS 11 n°116 im Zeitraum 1964 bis 1969".
Mit. Inst. Theor. Geod., Univ. Bonn, n°11, 11 S., 1972.
Results of five years gravity recordings (16.3. 1964 until 4.5.1969) with Askania-Gravimeter GS 11 n°116 in the earth tide station Bonn are presented. The tide parameters were determined after Chojnicki's method ...
- 11 - MELCHIOR P. - Marées terrestres.
Bull. Inf. n°63, p.3239-3332, Bruxelles, 1er Septembre 1972.

12 - DEJAFFE R. - "La détermination astronomique des mouvements du pôle par les procédés en usage dans les stations internationales de latitude".

Obs. Royal Belgique, Comm., Sér. B, n°68, Sér. Geophys. n°105, Ciel et Terre, v.88, n°3, 39 p, 1972.

13 - RUYMBEKE M. - "Piezo-electricité et géodésie".

Obs. Royal Belgique, Comm. Sér. B, n°69, Sér. Geophys. n°106, Ciel et Terre, v.88, n°2, 11 p, 1972.

14 - MELCHIOR P. - "Past and future of research methods in problems of the Earth's rotation".

Obs. Royal Belgique, Comm. Sér. B, n°71, Sér. Geophys. n°107, from : Rotation of the Earth IAU Symposium 48, Morioka, p.XI-XXIII, 1972.

15 - MORITZ H. - "Kinematical geodesy II".

AFCRL-71-0551, Rep. n°165, Sci. Rep. n°17, 54 p, 1971.

This report is a continuation of a previous OSU report, "Kinematical Geodesy" (1967). Part A gives basic principles and the theoretical foundations for the separation of gravitation and inertia by a combined accelerometer-gradiometer system, with applications to aerial gravimetry and to inertial navigation. In Part B, proposed methods for the geodetic use of second-order gradients are briefly described and evaluated. The new technique of least-squares collocation avoids the shortcomings of those methods. The application of this technique to the use of gradients for the determination of the gravity field and of spherical harmonics is investigated.

16 - MORITZ H. - "Advanced least-squares methods".

AFCRL-72-0363, Rep. n°175, Sci. Rep. n°1, 129 p, 1972.

A general least-squares method (collocation) which encompasses, as special cases, least-squares adjustment and least-squares prediction, is presented in detail and applied to various problems occurring in geodesy and photogrammetry, such as interpolation and coordinate transformation.

In particular, this method permits an optimal simultaneous determination of geodetic positions and of the terrestrial gravity field by combining different data of any kind - terrestrial angle, distance and gravity measurements as well as data from advanced satellite techniques.

To provide an adequate statistical background, an alternative statistical interpretation of the anomalous gravity field in terms of covariance analysis of individual functions is given, and its relation to the usual interpretation as a stochastic process on the sphere is discussed.

- 17 - MORELLI C. - "Bathymetry, gravity and magnetism in the Strait of Sicily".

Osser. Geof. Sper., Contr. n°211 bis, 1972.

Ocean. of the Strait of Sicily, SACLANTCEN Conf. Proc. n°7, p.193-208.

- 18 - BOWIN C., T.C. ALDRICH & R.A. FOLINSBEE - "VSA gravity meter system : tests and recent developments".

from : J. Geophys. Res., v.77, n°11, p. 2018-2033, 1972.

Contr. n°2658 of the Woods Hole Ocean. Inst.

A vibrating string accelerometer (VSA) sea gravity meter with electronics for digital readout has been assembled, tested, and used by the Woods Hole Oceanographic Institution. The VAS gravity meter is installed in a portable van laboratory that also contains a digital computer for automatic logging of gravity, magnetic, and ship's velocity information. Two years of testing and use of the VSA gravity meter at sea are summarised. Tares and remaining sensitivity to variations in ambient temperature and supply voltage are inferred to be due primarily to the oscillator amplifiers. Improved oscillator amplifiers will be installed. During December 1969, the VSA meter, together with a gyrostabilized LaCoste and Romberg (L&R) sea gravity meter, were operated aboard the RV Atlantis 2. The values from the VSA and L&R gravity meters were both reduced using identical navigational information. Resulting profiles of free-air anomalies derived from both meters differed by up to 15 mGal and led to the identification of a malfunction in the cross-coupling circuitry of the L&R meter. Identical malfunctions have been subsequently identified in three other L&R sea gravity meters.

- 19 - BOWIN C. - "Some aspects of the gravity field and tectonics of the Northern Caribbean Region".

from : Trans. Fifth Carib. Geol. Conf., Geol. Bull. n°5, 1971.

Contr. n°2217 of the Woods Hole Ocean. Inst., 5 p.

Continuous gravity measurements made aboard research vessel "Chain" of the Woods Hole Oceanographic Institution in the Caribbean region north of 14°N latitude have been compiled with land and sea measurements from published and unpublished sources for a study of the Caribbean region north of 14°N latitude.

Eleven gravity and topographic profiles normal to the trend of the Caribbean Island Arc are presented, and aspects of the gravity field discussed. A Bouguer anomaly low occurring over the deep-water portion of the eastern flank of the Lesser Antillean Ridge suggests the presence of a thick section of low-density material, probably sediments. The sediment thickness apparently increases southward. Local irregularities in the free-air anomaly profiles also suggest that uplift of the sediments has been greater to the south where a thicker sequence of sediments is being squeezed by compressive forces accompanying the underthrusting of the Lesser Antillean Arc by the Atlantic Ocean crust.

- 20 - BUNCE E.T., J.D. PHILLIPS, R.L. CHASE & C.O. BOWIN - "The Lesser Antilles arc and the eastern margin of the Caribbean Sea". from : The Sea, v.4, Part II, p.359-385, 1971.

The insular chain of the Lesser Antilles, including twenty-five larger islands and an uncounted number of smaller ones, forms a curve about five hundred miles in length between Porto Rico in latitude 18° and Trinidad in latitude 10° . It is interesting to note that they afford the only instance on the Atlantic side of North America of an island festoon, or arc, such as is repeated several times off the Pacific coast of Asia. These arcs undoubtedly express an important deep-seated deformation of the Earth's crust.

- 21 - UCHUPI E., J.D. MILLIMAN, B.P. LUYENDYK, C.O. BOWIN & K.A. EMERY "Structure and origin of Southeastern Bahamas". The American Association of Petroleum Geologists, Bull. v.55, n°5, p.687-704, 1971.

The structural framework of the southeastern Bahamas has been reconstructed from seismic profiler, magnetic, and gravity data. The Bahama Escarpment that marks the boundary between the southeastern Bahamas and the deep-sea floor may follow an ancient fracture zone. The geophysical data suggest that the crust beneath the southeastern Bahamas has a thickness (20 km) intermediate between those of the crusts of continents and ocean basins, and that this basement is partly volcanic in origin. The Bahamas may have formed by subsidence of a continental crust and carbonate accretion. If the southeastern Bahamas were formed in this manner, the crustal foundation must be very thin because the carbonate apron may be as thick as 10 km. Another explanation is that the Bahamas are underlain by oceanic crust, in which case the Bahamas could have been formed in two ways. The northwestern Bahamas may be located at the site of a trough formed before or at the time the Atlantic Ocean was open.

After this trough was filled nearly to sea level with terrigenous sediment, carbonate deposition was initiated. The southeastern Bahamas, on the other hand, may be located along a fracture zone that was formed during the opening of the Atlantic. The sedimentary section may be entirely carbonate. As the continents separated, the sediment-filled trough and the fracture zone subsided with carbonate accretion keeping pace with subsidence. The interpretation of the southeastern Bahamas being built on oceanic crust eliminates the problem of its overlap onto Africa in continental drift reconstructions.

22 - Geophysical Institute - Contribution n°11, Kyoto Univ., 1971.

- a) OZAWA I. - "Expressions of the anisotropy of the crust by means of the observations of the Earth tidal strains".
p.191-204.

A weighted function between an azimuthal pattern of an observed tidal strain and that of a theoretically calculated tidal strain is obtained in order to express an anisotropy of the crust.

The weighted functions are calculated for the azimuthal pattern of the tidal strains at Osakayama; Kishu and Suhara. The phase angles of the weighted functions show that the axes of the anisotropy at Osakayama concord with the normal direction of the Japan Proper, and the axes of the anisotropy at Kishu concord with the axis of Kii Peninsular. The load tide is calculated as the difference between the observed tidal strain at Suhara and the theoretical direct effect of the Earth tide for the Earth's model of Gutenberg. The weighted function between this load tide obtained by the observation and the theoretical load tide calculated by use of the oceanic tide is calculated. This weighted function shows that the axis of the load tide is deflected by about 45° by the metamorphical geologic constructions around Suhara district.

- b) OZAWA I. - "Observations of the secular and annual changes of the crustal strains of Osakayama".
p.205-212.

The observations of the crustal strains in the directions of S. 38°W and S.52°E at Osakayama with extensometers have been operated, and the secular and annual changes are obtained from these observations.

These observations show that the crust is extended in S.52°E, and is contracted in S.38°W in the ratios of about 1.6×10^{-6} per year.

This result fully agrees with the result of the trigonometric survey by the Geographical Survey Institute.

- 23 - JACQMIN A. & L. PEKAR - "Reflexions sur les applications de la transformée de Fourier en sismique et en gravimétrie".
from : Geophys. Prospectings, v.XVII, n°3, p.294-326, 1969.

L'objet de la présente communication sera de repenser la philosophie des deux méthodes, sismique et gravimétrique, depuis l'exécution des mesures en passant par les principales méthodes de traitement, pour aboutir à l'interprétation, en se plaçant à deux points de vue complémentaires d'ailleurs :

- Bien que les traitements numériques se fassent le plus souvent dans le domaine fonctionnel par les convolutions, il est bien plus facile de comprendre et de concevoir ces traitements si l'on raisonne alternativement grâce à la Transformée de Fourier dans le domaine fonctionnel et dans le domaine spectral.

- En raisonnant en fréquences, il n'y a pas de différence de principe entre la sismique et la gravimétrie. Une courbe, graduée en milligals fonction de distance, et une trace sismique, représentant les variations de tension d'un galvanomètre en fonction du temps, sont, du point de vue de la Transformée de Fourier, identiques.

Dans cet esprit on abordera les sujets suivants :

- Signal sismique et signal gravimétrique.
- Problème d'échantillonnage en gravimétrie (espacement de mesures variables).
- Filtrages,
 - . Présentation et commentaires de spectres de quelques exemples synthétiques et pratiques.
 - . Filtrage en nombre d'ondes,
 - . Filtrage en fréquences,
 - . Problème de la fréquence ω (dérivées horizontale et verticale).
- Autres applications de la Transformée de Fourier en gravimétrie.

- 24 - Service Géographique de l'Armée - Bull. n°30, v.98,
30ème année, 2ème trimestre 1970, 35 p, Athènes, 1970.

- 25 - Service Géographique de l'Armée - Bull. n°31, v.99,
31ème année, 1er trimestre 1971, 62 p, Athènes, 1971.

- 26 - Soviet Geophysical Committee, Academy of Sciences of the USSR
Geophys. Bull. n°24, Moscow, 1971.

- a) OSTACH O.M. & L.P. PELLINEN - "Computation of gravity deflections of vertical to a zero approximation in the Western Alps area".
p.13-18.

The method of computation of gravity deflections of vertical is discussed, being based on interpolation of initial gravity anomalies Δg by a system of harmonic functions.

The results are given of its application in computations at the International test site in the Western Alps. Theoretical evaluation is made of the accuracy of the computations at the test site. Since allowance was made for different elevations of the observations, the deflections of vertical obtained from the Vening-Meinesz formulas were corrected and made more precise.

- b) ARONOV V.I. & V.M. GORDIN - "On a method of interpolation of gravity anomalies and computation of deflections of vertical in the Western Alps area".
p.19-24.

The paper presents the results of computation of gravity deflections of vertical at astrogeodetic points in the Western Alps area made by the Central Research Institute of Geodesy, Airphotography and Cartography as a participant in the work of investigation Group 5.16 of the International Association of Geodesy (IAG). The computations were made using zero approximation formulas proposed by L.P. PELLINEN. After excluding doubtful results due to possible errors of astronomic determinations, mean square differences of astrogeodetic and gravimetric deflections of vertical were $\xi \pm 1",14$ (14 differences), $\eta \pm 0"87$ (7 differences).

- c) BELOUSOV I.M. - "Tectonics of the south-eastern Pacific Ocean".
p.25-28.

Fault zones of the eastern Pacific are regarded as resulting from tangential stress due to the pressure exerted by the American continent upon the oceanic crust. Lateral faults Tehuantepec, Naska and Coco, were caused by the same reasons. Sea mountains and volcanic islands, including the Galapagos Islands, were formed at the intersection of the major and lateral faults. The under-water phase of the Coco Ridge explains the presence of continental fauna in the Galapagos Islands.

- 27 - HAWORTH R.T. & L.F. BARRETT - "Bathymetry, gravity and magnetic data over the Orpheus gravity anomaly, Cruise Bl 27-64 Hudson". Bedford Inst. Ocean., Data Ser. Bl-D-72, 91 p, Dartmouth, 1972 (Unpublished manuscript).

Following cruise Bl 13-64 Hudson in which the large negative Orpheus gravity anomaly was detected east of Cape Breton, and cruise Bl 18-64 Baffin in which the extent of that anomaly was mapped, cruise Bl 27-64 Hudson was planned to detail its eastern extension. Bathymetric, gravity and magnetic data were collected along 3245 km of track shown in figure 1. Those data are presented in this report.

Gravity data were obtained with Graf Askania sea gravimeter Gss 2-17 mounted on an Anschutz oil-erected gyro stabilized platform. Data were recorded in analogue form on a Honeywell recorder and in digital form every minute on paper tape.

The gravity values are referred to a base reading at Bedford Institute of 980578.76 mGal.

28 - MELCHIOR P. - Chronique de l'U.G.G.I.,
n°87, p.257-320, Septembre 1972.

29 - RABINOWITZ P.D. - "Gravity anomaly on the continental margin of Angola, Africa".
from : J. Geophys. Res., v.77, n°32, p.6327-6347, 1972.
Lamont Doherty Geol. Obs., Contr. n° 1881.

A free-air gravity map, contoured at 20 mGal intervals, has been constructed for the continental margin of western Africa between 5° and 20°S. There are two important features of the map :

1 - A continuous free-air gravity high trends approximately N-S independent of the topographic contours. North of about 13.5°S, this high, in places, is greater than + 60 mGal and is associated with the upper continental slope and shelf break.

2 - A free-air gravity high roughly parallels the coastline landward of the high in 1.

Between 9° and 10.5°S, this high trends onshore to pre-Aptian basement ridges observed near the coastline of Angola. Isostatic calculations indicate that the free-air gravity highs cannot be explained totally from isostatic "edge" effects, but in part relate to mass excess or possible basement ridges beneath the sea floor. The presumed basement ridge farthest seaward may delineate continental and oceanic crust, thus indicating that continental crust may, in part, extend as far as 250 km from the present coastline. North of about 13.5°S, numerous intrusive structures resembling diapirs are observed on the continental rise and slope. Model magnetic and gravity calculations indicate that these intrusives have low susceptibilities and have densities similar to the surrounding sediment.

ACADEMIE des SCIENCES U.R.S.S. - Références bibliographiques.
Série 52 : Géodésie et Levés Aériens. (Texte russe).

- 30 - n°6, 41 p, Moscou, 1972.
31 - n°7, 43 p, Moscou, 1972.
32 - n°8, 44 p, Moscou, 1972.
33 - n°9, 44 p, Moscou, 1972.
34 - n°10, 42 p, Moscou, 1972.

- 35 - ACADEMIE des SCIENCES U.R.S.S. - Références bibliographiques.:
Géophysique. (Texte russe).
n°9, 268 p, Moscou, 1972.

- 36 - SHIH K.G. - "Gravity and magnetic data collected in the Northeastern Pacific Ocean and the Bering Sea".
Atlantic Ocean. Lab., Bedford Inst., Data Ser. Bl-1971-7
122 p, Dartmouth, 1971. (Unpublished manuscript).

Bathymetric, gravity and magnetic data have been collected in the northeastern Pacific Ocean and the Bering Sea by C.S.S. Hudson and C.S.S. Baffin in 1970. Bathymetric and magnetic data have also been collected by C.S.S. Parizeau.

The track chart is shown for each cruise.

This report presents the geophysical data collected by C.S.S. Hudson during the Hudson 70 expedition. The data collected by C.S.S. Baffin and C.S.S. Parizeau will be given in the future.

- 37 - WILLIAMS C., D.M. PORTEOUS & K.G. SHIH - "Gravity and magnetic data collected in the North Atlantic Ocean, C.S.S. Hudson 1965".
Bedford Inst. Ocean., Data Ser. Bl-D-72-9, 283 p, Dartmouth, 1972. (Unpublished manuscript).

An eastwards passage was made along the 45°N parallel, stopping at 28°W for survey work over the median valley of the Mid-Atlantic Ridge, and then continuing eastwards along the same parallel to 9°W, turning northwards to a survey area on the continental shelf south of Ireland and putting into Avonmouth, England.

The return passage was due west along the 47°N parallel as far as 27°30'W, where further survey work was done and the remainder of the passage back to Halifax was westwards along the 44°N parallel.

This report is concerned with the long tracks across the Atlantic, the results of the Mid-Atlantic Ridge crest survey and the survey south of Ireland.

Base stations at Bedford Institute Pier g = 980578.8 and Institute of Geological Sciences base station n°1147 in Avonmouth g = 981208.4 were used.

- 38 - MANCHESTER K.S., K.G. SHIH & B.L. JOHNSTON - "Magnetic and bathymetric profiles in the Eastern Canadian Arctic areas . Bl 12-63 Labrador Cruise".
Bedford Inst. Ocean., Data Ser. Bl-D-72-11, 202 p, Dartmouth, 1972.
(Unpublished manuscript).

This report presents the geophysical data collected in the Eastern Canadian Arctic areas during 1963 from the C.C.G.S. Labrador. Cruise Bl 012-63 Labrador was a routine summer cruise to the Arctic on which geophysical data were collected when it did not interfere with the Ministry of Transport's escort and Arctic resupply programs.

The data presented consist of magnetic and bathymetric values recorded along the ship's track shown in Figure 1.

- 39 - SHIH K.G., B.L. JOHNSTON & S.P. SRIVASTAVA - "Bathymetric and magnetic data collected in the Northeastern Pacific and Bering Sea on board C.S.S. Parizeau 1970".
Bedford Inst. Ocean., Data Ser. Bl-D-72-13, 178 p, Dartmouth, 1972.
(Unpublished manuscript).

In the summer of 1970 CSS Hudson, CSS Parizeau and CSS Baffin obtained geophysical data in the Northeastern Pacific and Bering Sea. This report contains the bathymetric and magnetic data collected onboard CSS Parizeau. Figure 1 shows the tracks along which the above information was collected onboard Parizeau.

- 40 - HAWORTH R.T., L.F. BARRETT & J.B. MACINTYRE - "Bathymetry, gravity and magnetic data, cruise Bl-72-009 Dawson".
Bedford Inst. Ocean., Data Ser. Bl-D-72-14, 229 p, Dartmouth, 1972.
(Unpublished manuscript).

This report presents the bathymetric, gravity and magnetic data collected aboard CSS Dawson during cruise Bl 72-009 from April 17 to May 19, 1972. The survey covered portions of the Grand Banks south and southeast of Newfoundland, the Laurentian Channel and transit lines across the Scotian Shelf. Although the majority of the survey was carried out on the continental shelf, several lines were extended across the continental slope in order to examine the geophysical anomalies associated with the shelf break. On the shelf, the main geophysical investigation was directed towards tracing the eastern extension of the Orpheus anomaly across the Laurentian Channel.

Gravity data were collected continuously using Graf-Askania sea gravimeter number Gss 2-26 mounted on an Anschutz electrically erected gyro-stabilized platform. Cross-coupling error data were collected using a Bedford Institute cross-coupling analogue computer. The gravity and cross-coupling data were recorded in analogue form on a Hewlett Packard 7100 B two-channel recorder and as 50 second averages in digital form every minute on punched paper tape.

The gravity data is referred to a base gravity value at the Bedford Institute jetty of 980579.81 mGal. No cross-coupling corrections have been applied.

41 - Studia Geophysica et Geodaetica, t.16, n°4, Praha, 1972.
Geophys. Inst. Czechosl., Acad. Sci.

- a) BURŠA M. - "Lunar deflections of the vertical and their elementary interpretation".
p.315-328.

The selenopotential (W_{A12}) was determined at the Apollo 12 landing site ($A12$) using the selenocentric constant, Stokes' constants of the Moon up to $n = 13$, the angular velocity of rotation of the Moon and the value of gravity directly observed at $A12$. Using $(W)_{A12}$ and the constants mentioned above, the radius-vector of the equiselenopotential surface passing through $A12$ was derived. The fundamental selenocentric parameters, based on this surface, were computed, as well as the deflections of the vertical especially in some strongly anomalous regions of the Moon. For some mascons an elementary interpretation has been carried out.

- b) VYSKOČIL V. - "Correlation between gravity anomalies and the crust mantle boundary in Central Europe".
p.329-338.

Methods of simple and multiple linear correlation have been used in investigating the mutual statistical dependence of Bouguer anomalies, terrain elevations and the depths of the crust-mantle boundary determined by the method of Deep Seismic Sounding. Numerical results show a considerable degree of correlation among the quantities mentioned in Central Europe.

- c) CHALUPKA S. & T. KOLBENHEYER - "The parameters of an infinite homogeneous elliptical cylinder determined from its gravity effects".
p.339-343.

The Fourier transform of the vertical component of the attraction of a homogeneous horizontal infinite elliptical cylinder is computed. By comparing this function with the Fourier transform of the vertical component, determined experimentally, it is possible to determine the mass of the cylinder per unit length, as well as the position of the centre and of both the foci of the ellipse representing the cross-section of the cylinder.

- d) BURŠA M. - "On the parameters of the normal Earth's gravity field".
p.396-399.

The parameters of the normal Earth's gravity field, determined from contemporary satellite data are discussed and compared with the parameters of the normal Helmert system (1901 to 1909).

- e) CHAN B. & M. PICK - "Thermostat for the Sharpe CG-2 gravimeter".
p.400-403.

Gravimeters with a quartz system display a considerable temperature dependence. A simple thermostat for the Sharpe CG-2 gravimeter, eliminating this drawback, is described.

- 42 - Bulletin de l'Institut de Géophysique, t.XVIII, Sofia, 1972.
Acad. Bulgare Sci.

- a) GRIGOROVA E. & D. SOKEROVA - "On the structure of the Earth crust in south-eastern Europe according to investigations of earthquakes in Bulgaria".
p.93-102.

The velocity distribution of the body seismic waves in the Earth crust in South-Eastern Europe is investigated on the basis of investigations from 34 earthquakes occurred in Bulgaria with magnitude $M \geq 4.5$.

The pasegraphs of three types volume seismic waves P_1 , P_2 , P_3 and S_1 , S_2 , S_3 attached correspondingly to Moho, the Konrad Limit and the limit granite-crystalline schists for epicentral distance between 130 and 1000 km.

The approximate model for the Earth crust in South-Eastern Europe is established. It consists of two layers : upper granite layer 24 ± 2 km thick together with the thickness of the sedimental complex, and below it - a "basalt" layer 16 ± 2 km thick. The average thickness of the Earth crust in the considered region is 40 km and varies between 30 and 50 km in the different directions.

The velocities of the body seismic waves are : $V_{p3} = 5.60$ km/s, $V_{s3} = 3.39$ km/s for the first layer and $V_{p2} = 6.48$ km/s, $V_{s2} = 3.75$ km/s for the second layer. For Mohorovičić discontinuity the mean values of the velocities are $V_{p1} = 7.87$ km/s and $V_{s1} = 4.42$ km/s.

- b) ZHELEV Zh. - "A numerical solution of the inverse gravimetric problem with application of the swelling method".
p.143-156.

The solution of the inverse gravimetric problem with finite number of point masses is closely connected with minimizing of a multidimensional non-linear function and with swelling method.

The function (1) which is to be minimized is a sum of the squares of the differences between the observed field and the field of a multitude of point masses in certain points of observation.

The swelling method is used after minimization for transformation of the obtained optimum point masses in a stepwise body with a field, approximately coinciding with the observed one.

Some numerical results obtained after application of the Rosenbrock (5) method and the modified Davidon's method (6) for minimization of (1) are given in the paper. The effectiveness of the swelling method at determination of the shape and the magnitude of the actual gravitational disturber, is shown. Experiments for 4, 8 and 16 unknown quantities are carried out.

The same methods are used for approximation of a field of prolonged rotational ellipsoid with two point masses and of an arbitrary body with four point masses. The swelling method is applied after minimization. The obtained stepwise bodies almost coincide with the bodies-sources of the observed field.

Finally, a conclusion is drawn that the modified Davidon's method and the swelling method can be successfully used at solution of the inverse gravimetric problem of bodies with arbitrary shape.

- 43 - ELMINGER A. - "Lotabweichungen im Schweizerischen Triangulationsnetz 1. Ordnung.
Schwei. Geod. Komm., Inst. Geod. & Photog. ETH, Zurich.
Vermess. Photog. Kulturatech., p.3-20, 1972.

The paper shows the determination of deflections of the vertical for the points of the Swiss first order triangulation net by means of topographic-isostatic interpolation. The influence of the deflections is investigated in the two nets (comprising horizontal directions only) :

- RETrig Block CH : Swiss part of the European triangulation,
- Swiss national net.

44 - A.I.G. - Bulletin Géodésique, n°106, Décembre 1972.

- a) OBENSON G. - "Comparison of prediction accuracies of $5^\circ \times 5^\circ$ mean gravity anomalies from two methods".
p.425-430.

Two methods of mean gravity anomaly prediction are studied. In predicting the $5^\circ \times 5^\circ$ accuracies, covariance functions of $1^\circ \times 1^\circ$ blocks are used. The $1^\circ \times 1^\circ$ covariance functions are derived from the covariance function of point anomalies. It is found that though each method gives different accuracy values for different $1^\circ \times 1^\circ$ block configurations, the arithmetic mean method of prediction gives practically the same results as the minimum variance method if the number of known $1^\circ \times 1^\circ$ blocks is more than Ten.

Computations carried out at different latitudes using appropriate covariance functions gave similar results.

- b) HAGIWARA Y. - "Truncation error formulas for the geoidal height and the deflection of the vertical".
p.453-467.

A general formula giving Molodenskii coefficients Q_n of the truncation errors for the geoidal height is introduced in this paper. A relation between Q_n and q_n , Cook's truncation function, is also obtained. Cook (1951) has treated the truncation errors for the deflection of the vertical in the Vening Meinesz integration. Molodenskii et al. (1962) have also derived the truncation error formulas for the deflection of the vertical. It is proved in this paper that these two formulas are equivalent.

- c) KOCH K.R. & A.J.POPE - "Uniqueness and existence for the geodetic boundary value problem using the known surface of the Earth".
p.467-476.

The geodetic boundary value problem using the known surface of the Earth is defined and shown to have at most one solution. Furthermore, it is proved that the solution exists and that its harmonic part can be represented by the potential of a simple layer under the sufficient condition that at the surface of the Earth directions are known which lie differentially close to the gradients of the gravity field. The advantages of this boundary value problem are outlined in comparison to the boundary value problem formulated by Molodensky.

- d) PICK M. & I. JAKUBCOVA- "Determination of Mohorovicic discontinuity from deep seismic soundings and the characteristics of the outer Earth's gravity field".
p.477-488.

... Recently it was shown that there is a correlation between the shape of the geoid and Mohorovičić discontinuity, actually between the deflections of the vertical and the zones of the increased macroseismic mobility, but these relations are disturbed by other effects.

Thus the main problem is how to separate the gravitational influence of the Moho-discontinuity from the influences caused by other irregularities.

The incorrect problem is to be solved in several variants and different characteristics of the Earth's gravity field are to be used as the initial data. The result of each of these variants will be disturbed, too, which follows from the incorrectness of the problem. But with respect to the condition that all the results must be identical with the results of the deep seismic soundings, the disturbing will be different with individual variants. The deformation of the results will evidently depend on the applied method of computation and on the location of the disturbing masses with respect to the Earth's surface, and on its magnitude.

From the mutual correlation of results we shall be able to estimate the probability of existence of the computed phenomena and in the final result to keep only those, the probability of which will be sufficiently high. At the same time it will be possible to attempt to replace the disturbing potential by suitable models, for the results of the individual variants to mutually correspond.

The principle of the computation will be as follows : the incorrect problem will be transformed in the individual variants into the correct one. So we do not determine the shape of the actual Mohorovičić discontinuity, but the shape of several models. The models differ from Moho-discontinuity by certain deformations, which are in different variants different. We shall not be able to determine the mean square error of results by correlation of individual variants, as it is the case of the least square method, but the probability of computed phenomena, only. It is clear that the more variants we use the better will be the final result.

As an example of the introduced procedure we tried to determine the shape of Mohorovičić discontinuity from astronomical measurements.

- e) Recommandation concernant le Réseau Gravimétrique International Unifié 1971.
p.489.

45 - DEFENSE MAPPING AGENCY, AEROSPACE CENTER - Quarterly accession list,
1 July - 30 Sept. 1972.
DoD Gravity Library, 9 p, Saint-Louis, 1972.

46 - DEFENSE MAPPING AGENCY, AEROSPACE CENTER - Quarterly accession list,
1 Oct. - 31 Dec. 1972.
DoD Gravity Library, 8 p, Saint-Louis, 1972.

47 - RAPP R.H. - "Accuracy of potential coefficients obtained from
present and future gravity data".
from : Geophys. Monograph, Ser. v.15, p.151-160, 1972.

The accuracies of recent solutions of potential coefficients as determined from satellite and from terrestrial gravity data are compared. Certain terrestrial solutions are better than others. The determination of the potential coefficients from terrestrial gravity data is considered from the point of view of the variances of the coefficients and the correlation of the coefficients. Coefficients of degree n can be strongly correlated with coefficients of degree $n + 1$ and to a lesser extent with coefficients of degree $n + 2$. For existing terrestrial gravity data, these correlations may reach 0.8. These results suggest that significant aliasing error may exist in determinations of potential coefficients from terrestrial gravity data. This error could be reduced by solving for coefficients to degree $n + 2$ and retaining only those to degree n as a useful set. Tests are made, postulating various improvements in existing surface gravity, to estimate possible corresponding improvement in the potential coefficients.

48 - MORITZ H. - "Convergence of Molodensky's series".
AFCRL-72-0663, Rep. n°183, Sci. Rep. n°4, 52 p, 1972.

Molodensky's solution of the geodetic boundary-value problem consists in an asymptotic series expansion with respect to a parameter k . It is shown that this series converges for sufficiently small values of k . The method starts from an integral equation given by Brovar and uses a Neumann series solution of this equation ; the norms of the occurring singular integral operators are suitably estimated.

- 49 - WAREHAM D.J., T.O. SPPELIN, W.T. RIORDAN & W.J. CHAPPAS - "Analysis of Soviet geodetic satellite data".
DMAAC, Tech. Rep. n°72-4, 24 p, Saint-Louis, 1973.

An investigation has been made of Soviet camera sites at Riga and Uzhgorod and the site at Helsinki, Finland, to determine the geodetic quality of their optical satellite observations with respect to seven other co-observing camera sites in Western Europe. The primary objectives were to improve the geodetic coordinates of the two Soviet sites and the site at Helsinki with respect to the European Datum and to ascertain the quality of the instrumentation used at the Soviet sites. The objectives regarding the Soviet sites have been met with reasonable assurance :

- 1 - The Soviet camera systems are capable of producing accurate geodetic coordinates.
- 2 - The European Datum 50 position determined for Riga could be the most accurate thus far produced by investigators using satellite data.
- 3 - Uzhgorod agreed well with its initial European Datum 50 coordinates.

The position at Helsinki, due to fairly poor geometry, is not given the same degree of reliance as the Soviet positions.

Results of the analysis with respect to the European Datum also revealed a change in geodetic height at Station Malvern, England. Adjustments made on the geocentric SAO Standard Earth II Datum support the findings of other investigators regarding a scale variance between satellite adjustments limited to the European area and those on the global, geocentric SAO Standard Earth II Datum.

CENTRE NATIONAL pour l'EXPLOITATION des OCEANS

- 50 - Bull. Inf. n°45, 23 p, Sept. 1972.
- 51 - Bull. Inf. n°46, 17 p, Oct. 1972.
- 52 - Bull. Inf. n°47, 24 p, Nov. 1972
- 53 - Bull. Inf. n°48, 15 p, Dec. 1972
- 54 - Catalogue des publications n°1, Supplément au B.I. n°48, 11 p, 1972.

ACADEMIE des SCIENCES de l'U.R.S.S. - Références bibliographiques : Géophysique. (Texte russe).

55 - n°10, 243 p, Moscou, 1972.

56 - n°11, 270 p, Moscou, 1972.

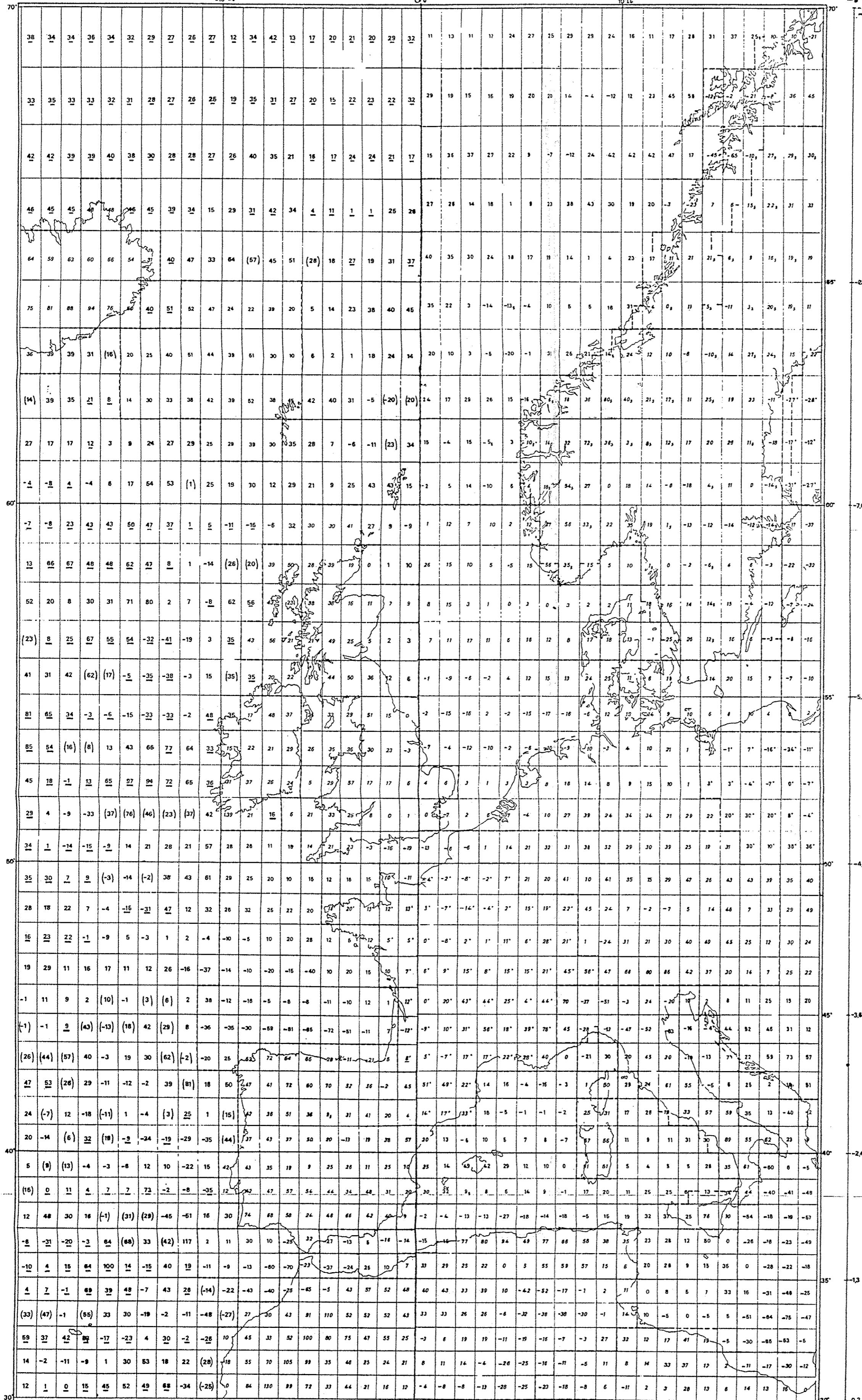
57 - ACADEMIE des SCIENCES de l'U.R.S.S. - Références bibliographiques : Géodésie et Astronomie. (Texte russe).
Sér. 52, n°11, 42 p, Moscou, 1972.

58 - AKASCHEH B. & S. NASSERI - "Die Mächtigkeit der Erdkruste in Iran".
from : J. Earth and Space Physics, v.1, n°2, p.1-6, 1972.
Inst. Geophys. Tehran Univ.

Travel time of P_n wave of 29 shallow earthquakes happened in the Iranian Plateau and recorded at Kermanshah-Station and 29 iranian earthquakes recorded at Tehran-Station were analysed to determine the thickness of the crust.

This study gives a thickness of 56 ± 6 km for the crust in the central and western region and 54 ± 6 km for the central and northern region of the Iranian Plateau. The uppermantle velocity in the western area is found to be $8,13 \pm 0,07$ km/s. and $8,19 \pm 0,06$ km/s. for central and northern area.

This study supports the hypothesis that the Arabian Plate shifted away from Red Sea towards north east and dips down in south Iran.



ANOMALIES EN MGAL
FORMULE INTERNAT. (1930)
SYST. DE POTSDAM 981.274

Δg : correction pour transformer ces anomalies
dans le système: Référence 1967
Potsdam 981.260 (IGSN 71)

EVALUATION

90: isanomales à l'air libre
23: indirecte avec anomalies moy. de Bouguer
48: mise dans l'Atlantique

PRECISION

43: < 0.5 mgal
43: 0.5 < < 10 mgal
43: > 10 mgal
42: n.a. Inconnue