

M A R E E S T E R R E S T R E S

B U L L E T I N d' I N F O R M A T I O N S

N° 4

20 mars 1957

C S A G I

GROUPE XIII (GRAVIMETRIE)

COMMISSION POUR L'ETUDE DES MAREES TERRESTRES

Editeur : Dr Paul MELCHIOR,
 Observatoire Royal de Belgique,
 3, Avenue Circulaire
 U C C L E.

Belgique.

Colette LEFEVRE - (Paris)

PROGRAMME D'ENREGISTREMENT DE LA MAREE GRAVIMETRIQUE AU LABORATOIRE DE GEOPHYSIQUE APPLIQUEE DE LA SORBONNE.

Introduction-Expérience de Boris Stanudin.

Le laboratoire possède un gravimètre Askania du type Graf, et s'est proposé depuis 1953 d'utiliser cet appareil pour enregistrer la Marée gravimétrique. Un essai préliminaire a été entrepris dès cette époque par Boris Stanudin (I) dans une cave de l'Observatoire Astronomique de Paris. L'enregistrement s'est poursuivi sans interruption durant plus d'un mois, du 23 Mai au 1er Juillet 1953.

Le résultat fut très encourageant, comme la figure I permet de le constater. C'est la reproduction d'une journée d'enregistrement; la courbe I bis figure la marée théorique du même jour. Sur l'enregistrement original, un microgal correspond approximativement à 1/10 de mm de déviation. Le marquage des heures est obtenu en ouvrant le circuit galvanométrique durant 5 minutes toutes les heures rondes, par l'intermédiaire d'un relais et d'une minuterie, actionnés par une horloge à contacts électriques. Le galvanomètre revient ainsi à sa position d'équilibre durant plusieurs minutes ce qui permet de suivre la marche du zéro du galvanomètre et de s'affranchir de la dérive propre de l'appareil d'enregistrement.

En dehors des interruptions horaires, on constate que le tracé est légèrement dentelé. A première vue, on est tenté d'attribuer ces dentelures à l'agitation microséismique. Mais Stanudin a montré que leur cause est très différente; il s'agit d'un effet thermique. Le thermostat du gravimètre, en effet, fonctionne suivant un principe d'alimentation par tout ou rien, le chauffage étant alternativement ouvert et fermé à peu près chaque minute. Ces alternances de chauffage et de refroidissement de l'enceinte extérieure entraînent de très minimes variations de la température interne du gravimètre, et Stanudin a pu montrer que les fluctuations galvanométriques suivaient exactement la cadence des interruptions du courant de chauffage. Les dentelures en question n'existeraient pas si le gravimètre était exactement compensé par lui-même au point de vue thermique. Or il se trouve que le coefficient thermique propre du gravimètre n'est pas nul et qu'il est fonction de la température. De sorte qu'il ne doit pas être indifférent de choisir pour température de fonctionnement telle température moyenne ou telle autre. Effectivement le gravimètre de Graf étant prévu par le constructeur pour fonctionner à volonté aux températures de 25, 35, 40 ou 45 degrés centigrades, Stanudin a constaté que l'amplitude des dentelures est minima quand il est réglé à 40 degrés; les figures 2 et 2 bis reproduisent une fraction d'enregistrements obtenus à 40 et 35 degrés respectivement. Il a constaté de même qu'à 45 degrés l'enregistrement était aussi de moins bonne qualité qu'à 40 degrés.

Une première tentative d'amélioration du montage va donc consister à reconstruire un thermostat qui soit ajustable sur n'importe

quelle température de fonctionnement, pour pouvoir travailler aussi exactement que possible à la température optima.

Une deuxième amélioration doit consister à réduire au maximum l'amplitude des petites fluctuations, malgré tout inévitables, de la température du gravimètre. On réduira pour cela, autant que faire se peut, les fluctuations de température de l'enceinte extérieure du thermostat, en substituant un chauffage continûment progressif au chauffage discontinu, par tout ou rien, du thermostat livré par le constructeur. Et pour atténuer encore les dites fluctuations, on ménagera une couche thermiquement isolante, aussi épaisse que possible entre le gravimètre et l'enceinte extérieure chauffée. On peut espérer obtenir ainsi un tracé beaucoup plus fin, beaucoup moins dentelé, de sorte qu'on pourra augmenter notablement la sensibilité utile du galvanomètre, donc en définitive celle de l'enregistrement gravimétrique.

Stanudin avait stabilisé soigneusement les courants de chauffage et d'éclairage, mais la stabilisation du courant de la lampe d'éclairage gagnera certainement à être plus poussée encore. Car les cellules photoélectriques sont extrêmement sensibles aux fluctuations de l'intensité lumineuse. Il convient de noter que l'appareil de terrain fonctionne suivant un dispositif de zéro, puisqu'on effectue la mesure en ramenant toujours le galvanomètre au zéro; et cette façon d'opérer élimine en principe l'effet de fluctuations possibles de l'intensité lumineuse. Mais il n'en est plus de même quand on fait un enregistrement puisque le galvanomètre dévie et que cette déviation devient alors fonction de l'éclairement.

Le fléau du gravimètre commercial n'est pas enfermé dans une enceinte étanche et se trouve soumis aux variations de la pression atmosphérique. En principe la poussée d'Archimède est compensée par le moyen d'une masse creuse, solidaire du fléau, ajustée de telle sorte que le moment des forces de pression par rapport à l'axe de rotation soit annulé. Bien entendu l'équilibrage de la poussée n'est obtenu par le constructeur que d'une façon approximative. De sorte qu'il peut subsister un effet barométrique résiduel. Par ailleurs ces variations barométriques présentent un inconvénient d'autre sorte. Quand la pression atmosphérique augmente, l'air intérieur subit une compression adiabatique qui élève tout de suite la température du fléau, et le thermostat est inefficace à l'encontre de variations thermiques de cette nature. Une variation brusque de la pression barométrique se traduit donc par une perturbation, même si le fléau est supposé parfaitement compensé de la poussée d'Archimède. Si l'on vise une précision extrême, il paraît indispensable de placer le gravimètre dans une enceinte étanche.

Pour les raisons exposées ci-dessus, je me suis proposé de perfectionner le montage de Stanudin en prévoyant les dispositions que voici:

- a) Le gravimètre sera placé dans un caisson étanche.
- b) Le thermostat de l'appareil commercial sera entièrement reconstruit sur un principe différent.
- c) La sensibilité de l'appareil sera contrôlée en permanence.

INSTALLATION DU GRAVIMETRE DANS UN CAISSON ETANCHE.

Cette disposition va automatiquement entraîner diverses complications d'ordre mécanique. En effet :

1° - La lampe d'éclairage des cellules doit pouvoir être remplacée sans avoir à extraire le gravimètre de son caisson. Cette lampe sera donc extérieure au caisson, ce qui obligera à reconstruire tout le système optique d'éclairage. Cet arrangement sera d'ailleurs avantageux quant au bon fonctionnement de l'appareil puisqu'il n'est pas rationnel de placer une source de chaleur, même stabilisée, au sein d'un gravimètre.

2° - C'est de l'extérieur du caisson qu'il faudra pouvoir commander le blocage et le déblocage du fléau, ainsi que les rotations du tambour micrométrique de mesure. Les commandes en question seront assurées à l'aide de deux petits moteurs électriques. J'ai envisagé des moteurs 'frein' de gyroscope, pouvant à volonté tourner dans un sens ou dans l'autre, alimentés sous 24 volts et d'une puissance de 8 watts chacun. En ce qui concerne le moteur servant à actionner le tambour de mesure, une démultiplication de rapport 24.000 sera adoptée. Comme une première réduction de rapport 240 se trouve déjà incorporée dans le moteur, il faudra une deuxième démultiplication de rapport 100. Les deux moteurs seront placés au-dessous du couvercle du caisson et seront reliés électriquement aux sources d'alimentation par le moyen de prises étanches.

RECONSTRUCTION DU THERMOSTAT.

On adit plus haut que le thermostat devait être continu, progressif, ajustable à volonté sur une température de fonctionnement arbitrairement choisie.

C'est un courant électrique d'intensité constante, stabilisée, qui fournira la quasi-totalité de la puissance nécessaire au chauffage, soit environ 50 watts. La régulation thermique ne s'exercera que sur le chauffage d'appoint. Chauffage principal et chauffage d'appoint seront d'ailleurs assurés par des courants électriques alternatifs; circulant dans des enroulements de manganin. Ces enroulements seront disposés contre la paroi extérieure d'une cuve en cuivre rouge, placée dans le caisson, cuve qui constituera la première enceinte extérieure du thermostat. Tout contre la paroi interne de cette cuve se trouve placé le thermomètre à résistances chargé de la régulation. Il est monté en pont de Wheatstone à l'aide de deux résistances en Nickel pur et de deux en Manganin. Des rhéostats, également bobinés en fil de manganin, permettront d'ajuster le pont à la température de fonctionnement désirée. Le pont sera alimenté en courant continu et la régulation assurée par le moyen d'un galvanomètre inséré dans la diagonale du pont. Il est prévu que le spot du galvanomètre en question assurera l'égalité d'éclairement de deux cellules photoélectriques placées côte à côte et installées dans un montage différentiel, de telle manière que le courant des deux cellules soit nul quand le pont est équilibré à la température désirée. Si la température se met à varier, le courant des cellules cesse d'être nul et peut être amplifié par un dispositif électronique chargé de la commande du chauffage

d'appoint.

Par suite du décalage de phase entre l'apport de chaleur et la température interne, des oscillations auto-entretenuës pourraient éventuellement prendre naissance. Le calcul m'a montré que la période de telles oscillations serait de toute façon trop courte pour être gênante.

A l'intérieur de la cuve de cuivre décrite ci-dessus s'en trouve une autre, isolée de la première par des cales de celloron. Le gravimètre proprement dit dont on a supprimé le thermostat d'origine, est installé lui-même au centre de cette seconde cuve. Il repose aussi sur des cales de celloron, et il est séparé de l'enceinte de cuivre par une couche de 11,5 cm d'épaisseur de Klégécel, excellent isolant thermique à structure cellulaire.

CONTROLES DE LA SENSIBILITE.

1° - Pour contrôler la constance de l'intensité lumineuse de la lampe d'éclairage, une partie du faisceau qu'elle émet tombera sur une cellule photoélectrique, dont le courant sera enregistré d'une manière permanente.

2° - En allant visiter périodiquement le gravimètre dans la cave, il sera nécessaire de temps en temps de ramener le spot vers le centre de la bande d'enregistrement afin de compenser les effets de dérive.

Pour obtenir ce résultat, on fera tourner le moteur qui actionne le tambour micrométrique du gravimètre d'un certain nombre de tours, dans un sens ou dans l'autre. En comparant les déplacements du spot et le nombre de tours correspondants du moteur, on connaîtra donc la sensibilité du gravimètre au moment de cette opération. En cas de besoin, on pourra toujours procéder à des étalonnages de ce genre, même s'il n'est pas encore nécessaire de ramener le spot au milieu de la bande.

Pour plus de commodité et de sécurité, il est envisagé de disposer un second galvanomètre en série avec le premier et d'enregistrer le spot de ce second galvanomètre à l'aide d'un suiveur de spot double. La deuxième piste du suiveur de spot pourra être utilisée pour enregistrer les variations de l'intensité de la lampe d'éclairage

-
- (1) B. Stanudin Enregistrement de la marée gravimétrique (Diplôme d'études Supérieures de la Faculté des Sciences de Paris, 1953)
 - (2) C. Lefèvre Enregistrement de la marée gravimétrique à l'Observatoire de Paris. Congrès de l'A.F.A.S. page 278, Luxembourg 1953.

G. JOBERT - (Paris)

INFLUENCE DE LA STRUCTURE DE LA CROÛTE SUR LES DEFORMATIONS
CAUSEES PAR LES MAREES OCEANQUES.

I. E. Nishimura a observé, lors d'expériences sur les marées océaniques près de la baie de Beppu, le comportement anormal de stations situées entre la baie et une faille géologique. Le fléchissement avait lieu, à la marée haute, vers la faille, comme si celle-ci jouait le rôle de frontière d'un bloc libre. Nous avons étudié l'influence de la structure de la croûte en utilisant le schéma suivant :

Deux blocs de propriétés élastiques différentes, limités par une même surface horizontale, sont en contact le long d'un demi-plan vertical. Nous plaçant dans le cas des déformations planes, nous admettons que les deux blocs peuvent glisser l'un par rapport à l'autre; ce qui sera schématisé par l'annulation des tensions tangentielles et l'indépendance des mouvements tangentiels, le déplacement et la tension suivant la normale étant continus.

Nous avons utilisé la transformation de Mellin pour calculer le déplacement provoqué en un point de la surface, par une charge superficielle - plus spécialement par une charge concentrée. On constate que le fléchissement, pour une station située entre la charge et la faille, a toujours lieu vers la charge dans ce cas. Ceci provient sans doute de l'épaisseur infinie des deux blocs.

II. Pour pouvoir étudier le cas de blocs d'épaisseur finie, reposant sur un milieu fluide, nous avons dû supposer que l'un d'eux était infiniment rigide.

Dans ces conditions, en utilisant cette fois la transformation de Fourier, nous avons pu calculer le déplacement superficiel. Toutefois, on est obligé d'introduire un système de forces à résultante nulle et l'on constate alors que pour une station située entre la charge et la faille, assez près de cette dernière, le sol s'incline vers la faille à cause de l'effet de la décharge lointaine.

(Résumé de résultats obtenus dans deux articles sous presse aux Annales de Géophysique).-

Station BARI
Castellana-Grotte

ITALIE.

Latitude 40° 52' 22" N
Longitude 17° 9' 6" E
Altitude 275,20 m

Adresse Postale

Istituto Italiano di Speleologia
Castellana - Grotte
(Bari)
Italia

Directeur : Dott. Franco ANELLI

Services exécutés pour le compte du Prof. Pietro CALOI, Directeur d'Observatoire de l'Istituto Nazionale di Geofisica (Città Universitaria, Roma).

Station peut-être permanente
début des observations : juillet 1957.

Sol et sous-sol : calcaire
Bon isolement thermique.

Equipement :

2 pendules horizontaux type Zollner

construits d'après les indications de P. Caloi
période variable selon les conditions locales et le but
poursuivi.

Sensibilité : 0''006/mm pour une période de 25 secondes et une
distance à l'enregistreur de 5 mètres.

(s) Prof. P. Caloi (-II-57).

Réunion de Bruxelles

Rectification

Les dates prévues pour la réunion sont :

les 24, 25 et 26 avril

et non les 23, 24, 25 comme indiqué au BIM 3, p 35

Première séance : le 24 à 9h30 .

NOTES.

Hongrie.

L'Institut de Géophysique 'Roland Eötvös' à Budapest a confirmé sa participation (Prof. Oszlaczky) : des enregistrements gravimétriques continus de 31 jours seront effectués chaque troisième mois pendant l'AGI.

Belgique.

On est occupé à prospecter le pays afin de trouver un emplacement convenable pour les appareils.

Un gravimètre Askania GS 11 est déjà disponible mais on attend sous peu la livraison de l'enregistreur.

Un second gravimètre Askania GS 11 avec enregistreur est commandé et sera disponible en 1958.

Trois paires de pendules horizontaux sont prévues et seront installées dès la construction terminée.

Des réponses négatives ont été reçues de :

Israël Committee of the IGY (Prof. G. Steinitz)

Pays-Bas Rijkscommissie voor Geodesie, Delft (Prof. R. Roelofs)

USA Gulf Research and Development Co, Pittsburgh (Dr.S. Hammer)

Bibliographie

- (43) G. JOBERT Influence de la structure de la croûte sur les déformations causées par les marées océaniques (C.R. 244, pp 227-230, 1957)
- (44) G. JOBERT Déformation plane d'un solide élastique isotrope et hétérogène (C.R. 244, pp 555-558, 1957)
- (45) F. HAALCK Die Genauigkeit eines modernen Gravimeters (Sonderband 1953, Zeitschrift für Geophysik pp 21-28)
- (46) R. TOMASCHEK Variations of the total vector of gravity at Winsford (Cheshire)
Part I. General Results and Maritime Load Influence (M.N.G.S. 6 n°9 pp 540-556, 1954)
- (47) R. TOMASCHEK Seasonal Variations in the Flow of oil Wells (Journal of the Institute of Petroleum Vol. 38 n° 344, pp 591-605, august 1952)
- (48) A. Ia. ORLOV Rectification du terme de nutation bimensuelle d'après les observations de latitude à Poulkovo 1915 - 1928 (Astr. Tsirk 126, p 19, 1952)
- (49) E.P. FEDOROV et E.I. EVTUSENKO Variations lunaires semi-mensuelles des latitudes dans les observations aux stations de Carloforte et Ukiah de 1899 à 1934 (Astr. Tsirk 126, p 19, 1952)
- (50) E.I. EVTUSENKO Onde lunaire bimensuelle dans les observations de latitude de la station de Mizusarwa (Astr. Tsirk 132, p 10, 1952)
- (51) E.P. FEDOROV Onde diurne lunaire dans les variations de latitude (Astr. Tsirk 148, p 12, 1954)
- (52) A.E. PHILIPPOV Essai de détermination de l'onde lunaire dans les variations de latitude d'après les résultats des observations faites à deux télescopes zénithaux à Poltava de 1948.8 à 1954.8 (Astr. Tsirk 168 pp 14-16 1956)

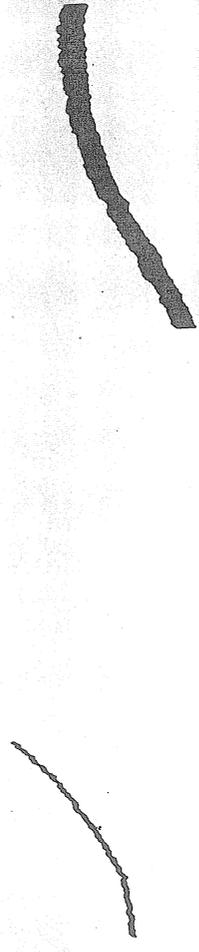
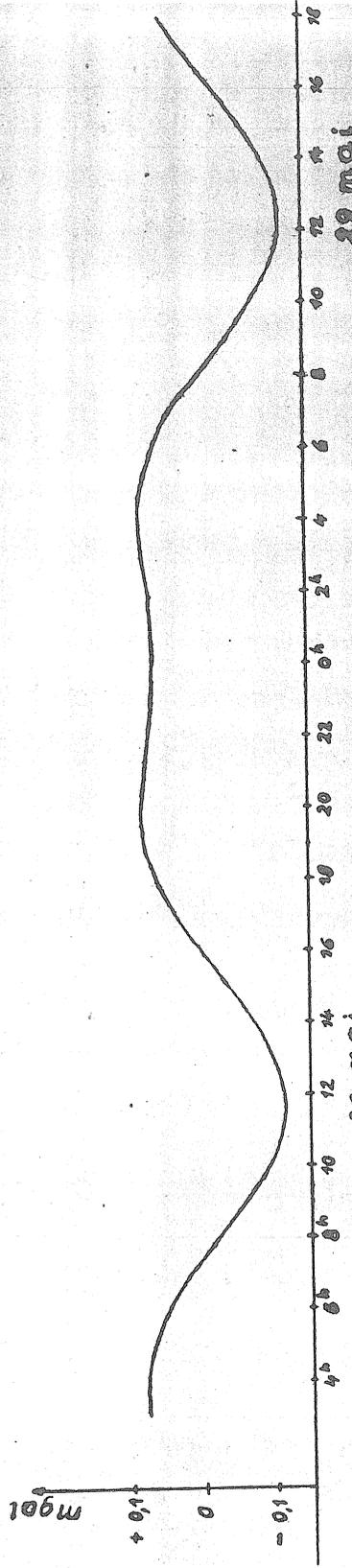
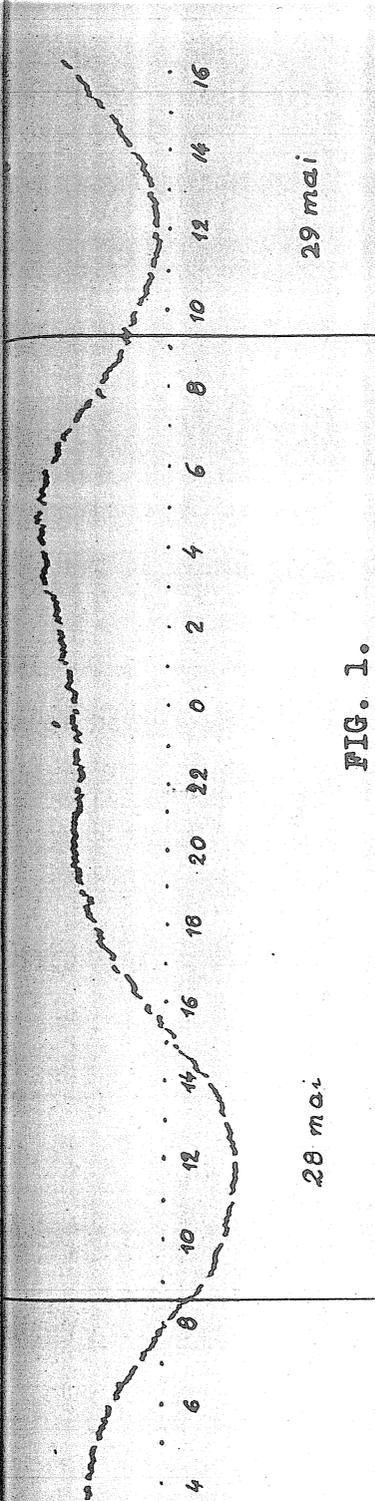


FIG. 2.bis