

**MAREES TERRESTRES**

**BULLETIN D'INFORMATION**

N° 42

15 décembre 1965

*Association Internationale de Géodésie*

*Commission Permanente des Marées Terrestres*

Editeur : Prof. Paul MELCHIOR  
Observatoire Royal de Belgique

3, Avenue Circulaire  
Bruxelles 18.

Bulletin d'Information des Marées Terrestres N° 42

Table des Matières

---

I.A. DITCHKO ( <i>Traduction</i> ) Organisation et résultats des observations des variations de la force de pesanteur avec un gravimètre GS 11 à Poltava	p. 1567
J. PICHA, A.P. VENEDIKOV ( <i>Traduction</i> ) Comparaison des méthodes de Pertsev et Vénédikov pour l'analyse harmonique des observations de marées	1581
M. BONATZ Der Einfluss von Schwankungen des Stromes für die Beleuchtung der Photozellen auf die Meszwertanzeige des Askania-Gravimeters GS 11 Nr 116	1587
M. BONATZ Der Einfluss der Raumtemperatur auf das Galvanometer der Askania- Erdzeitenregistriereinrichtung	1593
E.P. FEDOROV ( <i>Traduction</i> ) Sur l'étude des mouvements de l'axe instantané de rotation de la Terre	1599
D. SIMON, U. WALZER Eine Bemerkung zur Eichung von gravimetrischen Gezeitenregistrierungen <i>Institut für theoretische Physik und Geophysik, Freiberg.</i>	1604
Variations séculaires de la pesanteur : Voeu	1609
Prix Charles Lagrange de Physique du Globe	1609

---

ORGANISATION ET RESULTATS DES OBSERVATIONS DES VARIATIONS DE LA FORCE  
DE PESANTEUR AVEC UN GRAVIMETRE GS 11 A POLTAVA

I. A. Ditchko

Obs. Grav. de Poltava T. XII. Acad. Sc. URSS Kiev 1963

ОРГАНИЗАЦИЯ И НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ НАБЛЮДЕНИЙ  
ВАРИАЦИЙ СИЛЫ ТАЖЕСТИ С ГРАВИМЕТРОМ - II  
В ПОЛТАВЕ.

И. А. Дычко.

Полтавской Грав. Обсер.  
Т. XII Акад. Наук ССР Киев - 1963.

Depuis septembre 1961, on enregistre à l'Observatoire Gravimétrique de Poltava les variations de la force de pesanteur à l'aide du gravimètre GS 11 N° 159. Les résultats de la réduction des observations des trois premiers mois ont été publiés en [1]. Dans le présent article nous décrivons l'organisation et les conditions d'observation et nous présentons également les résultats de l'analyse harmonique d'une série de six mois avec une sensibilité un peu modifiée.

Révision et étude du galvanomètre

Pour l'enregistrement des marées de la pesanteur à l'aide du gravimètre GS-11, on se sert de galvanomètres multiflex à longue période ayant une constante de courant de l'ordre de  $10^{-11}$  a/mm/m. Les caractéristiques fondamentales du galvanomètre que nous avons obtenu sont, d'après les données du certificat de livraison :

constante électrique  $C_1 = 2.58 \cdot 10^{-11}$  a/mm/m ;

résistance du galvanomètre  $R_g = 6$  K ohm ;

résistance critique extérieure  $R_a = 1,5$  M ohm ;

période d'oscillation libre  $T_0 = 6$  secondes.

Lors de la première vérification on a constaté une rupture du circuit électrique du galvanomètre. Suivant le conseil du collaborateur scientifique principal de l'Institut de Physique de la Terre de l'Académie des Sciences d'URSS Iou S. Dobrochotov, nous nous sommes adressés à l'atelier de cet Institut. Il est apparu que le fil inférieur du système de sensibilité était dessoudé à l'endroit où il avait été soudé à la pièce fixe de l'appareil. Ce fil a malheureusement été rompu au cours du travail. Il a fallu placer un autre fil en l'assortissant conformément à son épaisseur. La révision a été opérée avec succès, la constante électrique de l'appareil étant à peu près de  $2 \cdot 10^{-11}$  a/mm/m.

Entretemps l'étude de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre [2] a montré que le zéro se déplaçait lentement sans causes apparentes sur des distances importantes dans les deux directions (fig. 1). Pour éviter ce phénomène on a remplacé le fil inférieur par un autre plus dur (c'est-à-dire 0,018 mG cm/90°/100 mm).

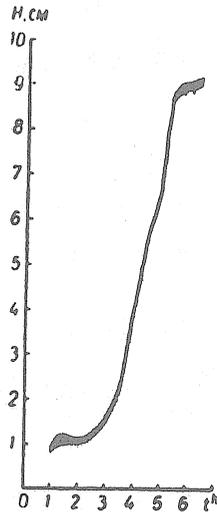


Fig. 1 - Portion de dérive du galvanomètre après la première révision.

Le galvanomètre, branché sur la résistance critique extérieure, a été installé à Poltava pour étudier la dérive. D'après cet enregistrement, le zéro se comporte irréprochablement. Ensuite le galvanomètre a été étudié minutieusement. Nous avons redéterminé toutes ses constantes et étudié sa non-linéarité.

Ensuite, le galvanomètre a été réglé pour l'enregistrement des variations de la pesanteur. Nous avons obtenu trois séries mensuelles dont les résultats ont été publiés précédemment [1]. Cependant l'oxydation du fil inférieur au point de soudure à la pièce fixe de l'appareil a perturbé le contact dans le circuit électrique du galvanomètre et les observations furent interrompues. N'ayant pas de fil convenable, nous avons dû placer un fil plus dur (c'est-à-dire 0,11 mG cm/90°/100 mm), en augmentant autant que possible sa longueur comparativement au précédent. Il est intéressant de remarquer qu'après cela la sensibilité de l'appareil n'a pas diminué. Cela s'explique sans doute par la distension après le remplacement du fil.

Les nouvelles constantes du galvanomètre sont les suivantes :

constante électrique  $C_1 = 4,5 \cdot 10^{-11}$  a/mm/m ;

résistance du galvanomètre  $R_g = 6$  K ohm ;

résistance critique extérieure  $R_a = 1,5$  M ohm

période d'oscillation libre  $T_0 = 5$  sec.

Lors de l'étude [2] de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre nous nous sommes servis de l'élément  $U = 1,5$  volt et des résistances  $R_1 = 10$  Mohm,  $R_2 = 390$  Kohm. Comme résistance de rechange on a employé le magasin RZZ de l'ordre de 0,2. L'écart moyen de la plume de l'enregistreur lors du changement de la résistance sur 1 Kohm était de 8,3 mm. La plus grande différence des déplacements était de 1 mm. Il n'y a cependant pas de caractère systématique dans la variation de ces différences. C'est pourquoi on n'a pas introduit de correction de non-linéarité de l'échelle du galvanomètre. L'enregistrement de la dérive a donné également de bons résultats (fig. 2).

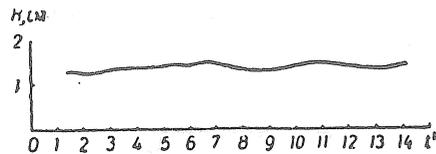


Fig. 2 - Enregistrement du mouvement du zéro du galvanomètre

### Enregistreur

Pour enregistrer les marées de la pesanteur nous nous sommes servis d'un enregistreur de la firme Bruno Lange. Dans cet appareil un chariot portant une photorésistance suit le spot du galvanomètre tandis que la plume reliée au chariot inscrit le processus étudié sur du papier calque DINA 4. Le chariot est mis en mouvement par une vis de commande attachée solidement à l'arbre du moteur spécial de haute sensibilité qui est inséré dans le schéma en pont, en tant qu'indicateur de balance (fig.3).

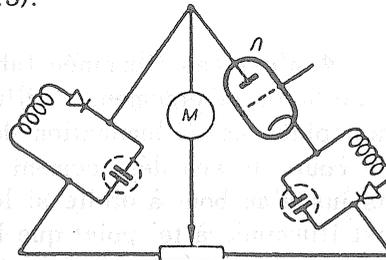


Fig. 3 - Schéma de principe de l'incorporation du moteur du système suiveur dans l'enregistreur de la firme Bruno Lange.

Les bras du pont sont constitués par deux redresseurs semblables semi périodiques.

Une lampe EL 12 est insérée dans l'un des bras, à la suite du redresseur.

Parallèlement au potentiomètre réglant la charge négative de la grille de la lampe sont inclus une photorésistance  $\Phi$  et un commutateur final  $K$  (fig. 4). Les boutons de réglage du point de travail de la lampe et du régulateur de balance du pont se trouvent sur le panneau facial de l'enregistreur.

Avant de commencer l'enregistrement il faut régler l'appareil de telle sorte qu'en l'absence du spot, le chariot se meuve avec la même vitesse dans les deux directions. La direction et la vitesse de mouvement du chariot dépendent de la différence des courants des bras du pont.

Si le courant est prédominant dans le bras où se trouve la lampe alors le moteur tourne de telle sorte que le chariot se meut de droite à gauche. Ainsi dans le cas d'un appareil bien réglé le commutateur final est placé de telle façon que la lampe soit ouverte, c'est-à-dire qu'il ferme le contact K ; le circuit grille-cathode se dérive étant donné que le potentiel négatif ne tombe pas sur la grille. Le coup opéré sur le point d'appui gauche déplace le commutateur K, le contact se rompt, le potentiel négatif s'accroît sur la grille de la lampe et la lampe se ferme ; le courant de l'autre bras du pont devient prédominant, le moteur change rapidement la direction de rotation et le chariot se déplace de la gauche vers la droite. Au moment du coup du commutateur sur le point d'appui droit, le contact se ferme, la lampe s'ouvre et le chariot repart dans la direction opposée.

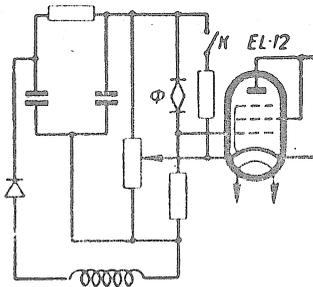


Fig. 4 - Section du schéma de l'enregistreur de la firme Bruno Lange avec une lampe, une photorésistance et un commutateur final.

Ainsi, lorsque la photorésistance  $\Phi$  n'est pas illuminée (absence de spot) le chariot de l'enregistrement passe de gauche à droite et inversement. L'illumination de la photorésistance dérive le circuit grille-cathode d'autant plus que l'illumination de la photorésistance est plus intense. Par conséquent le chariot, au cours de son déplacement de gauche à droite, rencontre le spot sur son chemin et n'arrive pas jusqu'au bout à droite si le spot est suffisamment clair. Il s'arrête quand la photorésistance est illuminée à tel point que les courants des deux bras du pont sont égaux l'un à l'autre. On recommande de régler l'enregistreur pour que le chariot reste immobile dans le cas où la moitié de la photorésistance est illuminée par le spot et l'autre moitié se trouve dans l'ombre. Admettons maintenant que le spot sorte vers la droite : l'illumination de la photorésistance disparaît et dans ce cas, le chariot se déplacera également vers la droite. Si le spot va à gauche alors la photorésistance s'illumine plus qu'il n'est nécessaire pour l'équilibrage des courants du pont, c'est-à-dire que le courant de la lampe augmente à cause de l'accroissement ultérieur du potentiel de la grille et le chariot par conséquent se déplace vers la gauche comme le spot. Un lien sûr entre le spot du galvanomètre et le chariot de l'enregistreur est ainsi réalisé et la plume répète avec précision le mouvement du spot. Ce lien n'est limité que par la vitesse maximum du moteur qui conduit le chariot. La vitesse de mouvement du chariot est de 3,2 cm/sec. Il est donc nécessaire d'assurer la constance de l'intensité du courant à travers la lampe du galvanomètre car dans le cas opposé il apparaît une dérive de l'enregistrement en relation avec la variation de luminosité du spot : la photorésistance entrera plus tard dans la région illuminée avec un spot moins lumineux tandis qu'elle en sortira quelque peu dans le cas d'une plus grande luminosité.

Pour obtenir les marques horaires il y a un relais dans le boîtier du galvanomètre qui au moment de la fermeture du contact par l'horloge ferme le réseau de la lampe du galvanomètre : le spot disparaît et la plume passe quelques fois sur toute la bande, traçant sur celle-ci une ligne épaisse.

Aussitôt après l'installation de l'appareil le moteur du système traçant s'arrêta. Dès qu'on l'eut ouvert, on constata que les balais brûlaient fortement et que quelques uns parmi eux s'écrasaient. L'ingénieur de l'Observatoire Gravimétrique de Poltava B.I. Brodskii les remplaça par des plaques en feuille de bronze.

On constata parfois au cours de l'enregistrement que le chariot ne changeait pas assez vite sa direction de mouvement et il arrivait qu'il ne retournait pas après le coup du commutateur sur le point d'appui droit. Nous avons dévissé un peu la vis de fixation, après quoi l'appareil s'est mis à fonctionner normalement.

#### Station gravimétrique et conditions d'observation.

Les observations des variations de la pesanteur s'effectuent dans une cave construite spécialement dans ce but sous le nouveau bâtiment de l'Observatoire Gravimétrique de Poltava. La construction du bâtiment a été terminée au cours de l'été 1961. L'enregistrement régulier commença le 5 septembre 1961.

Les coordonnées de la station sont les suivantes :

latitude géographique	$\phi = 49^{\circ} 36'$ ;
longitude géographique	$\lambda = 2^{\text{h}} 18^{\text{m}}$ ;
profondeur du sol de la salle à partir de la surface libre $h = 5$ m.	

La salle a des murs et un plafond doubles. Le gravimètre, le galvanomètre et l'enregistreur ont été installés sur un socle en briques bâti sur un coulis d'argile et de sable. Le pilier est isolé du sol et sa base est placée à 1,5 m plus bas que le niveau du sol. On peut voir la disposition des appareils sur la figure 5.

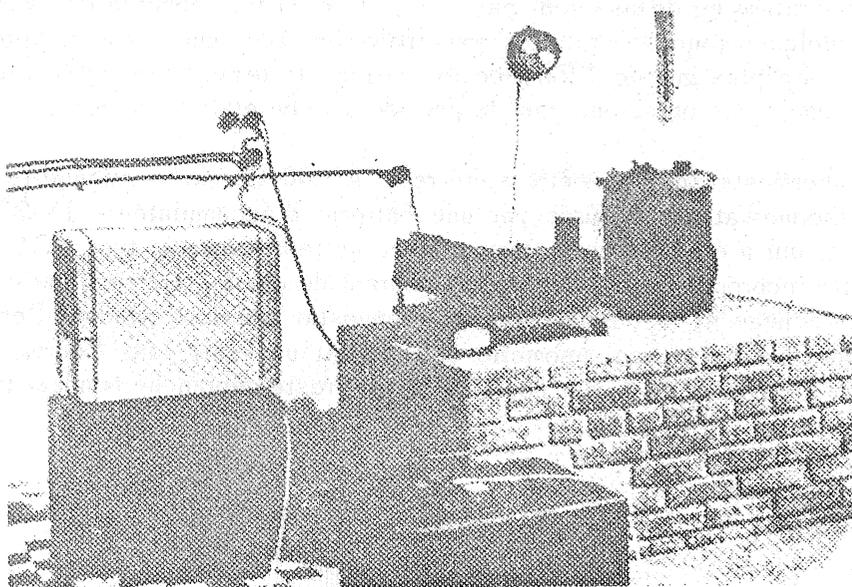


Fig. 5 - Disposition des appareils pendant l'enregistrement.

Sur le pilier : le gravimètre avec le galvanomètre et l'enregistreur, à gauche le dessiccateur, au premier plan : le relais-régulateur de la température de la cave.

L'assèchement de la cave a été assuré principalement par le dessiccateur de la firme "Frigidaire Werk". C'est une installation frigorifique avec ventilateur. L'humidité se condense sur le radiateur du réfrigérateur à travers lequel l'air du local asséché est chassé. Chaque jour on trouve dans le bac du dessiccateur 2,5 l. d'eau pour une humidité de 70 %. Pour l'assèchement on s'est servi également d'une installation de ventilation à l'aide de laquelle l'air en hiver était pompé du corridor autour de la salle et en été il était refoulé dans le corridor. L'installation n'a pas fonctionné continuellement.

L'humidité sur le pilier portant les appareils s'est maintenue aux environs de 60 % tandis qu'elle était de 10 % plus haute dans la salle. Cette différence s'explique par le fait que l'air sec provenant du dessiccateur se dirigeait directement sur le pilier (fig. 5). En hiver, l'humidité sur le pilier s'est abaissée parfois jusqu'à 50 %. Il faut noter que le dessiccateur que nous avons employé donne un effet important particulièrement dans les petites salles. Ainsi lors des essais dans une salle isolée de dimensions de 8,0 x 3,2 x 2,4 m<sup>3</sup> l'humidité avait baissé de 85 à 60 % en 10 jours.

L'humidité dans la salle où s'effectuent nos observations baissa jusqu'à la valeur mentionnée également grâce à la ventilation forcée du corridor autour de la salle par l'aération constante de ce dernier (la porte dans la salle restait en grande partie entr'ouverte). En effet, il ne s'agit pas ici autant du volume du local que de la quantité d'humidité s'évaporant continuellement des murs. Pendant tout le temps depuis le début des observations nous n'avons pas réussi à assécher ainsi les murs extérieurs du corridor. Les murs intérieurs et également la salle étaient secs.

Pour maintenir en permanence une température constante dans la salle on a placé deux radiateurs électriques d'une puissance de 1 Kw. Pendant la période d'observations dont les résultats sont donnés dans cet article la température dans la salle s'est maintenue aux environs de 17° C. et en septembre et octobre 1961 aux environs de 18° C. Les variations journalières de la température ne dépassèrent pas 0°3C. On a parfois observé des variations de température pendant quelques jours, en relation principalement avec une variation intense de la température extérieure. La plus grande différence journalière de température était alors de 0°6 C. La différence maximale des pressions pour la période donnée était de 35 mm de mercure (46,7 millibars)

Le thermostat du gravimètre a été réglé sur 40°C et a fonctionné en régime II. L'alimentation du thermostat est assurée par une batterie d'accumulateurs JN-60 d'une capacité totale de 120 a.h. qui a été insérée en tampon avec un redresseur du type BCA et par conséquent avec un rhéostat incorporé pour le réglage du courant de charge. La vérification préliminaire a montré que le branchage et le débranchage du thermostat intérieur pendant l'enregistrement influence la position du spot du galvanomètre et introduit un écart dans l'enregistrement photométrique atteignant 3 mm (fig. 6). C'est pourquoi il est resté débranché pendant tout le temps des observations.

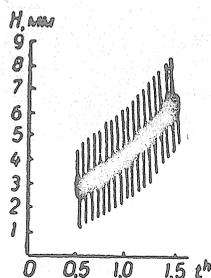


Fig. 6 - Ecart dans l'enregistrement liés au fonctionnement du thermostat intérieur du gravimètre (agrandis 4 fois).

La lampe qui illumine le photoélément du gravimètre est alimentée par la batterie d'accumulateurs NKN-100. La batterie introduisait dans le réseau de la lampe une tension telle que chaque élément avait 1,3 à 1,2 volt. Cela a permis de s'en servir en évitant l'effet brusque de la charge. Pour maintenir le courant constant on a par conséquent incorporé le magasin de résistances P33 de l'ordre de 0,2. Le contrôle de l'intensité du courant est réalisé à l'aide d'un ampèremètre du type D 533 de l'ordre de 0,2. L'intensité du courant s'est maintenue aux environs de 185 ma avec une précision de 0,4 ma, ce qui correspond à un changement de résistance du magasin de 0,1 ohm. Depuis le 20 février 1962, nous avons changé l'intensité du courant à dessein dans le but d'augmenter la sensibilité de l'enregistrement. Puisque cependant le point non sensible à l'accumulateur se trouve sur le 0 du galvanomètre pour un courant de 185 ma, nous avons à nouveau établi dans la suite la valeur du courant.\*

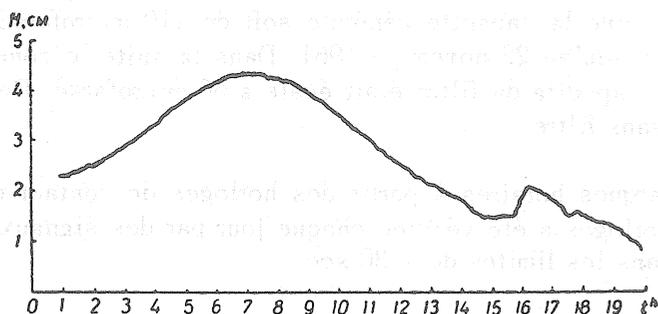


Fig. 7 - Ecart dans l'enregistrement après un long débranchage de la lampe du galvanomètre.

L'incandescence de la lampe du galvanomètre est contrôlée par un ampèremètre astatisé de l'ordre de 0,5 et la valeur constante de l'intensité du courant s'est maintenue grâce au magasin incorporé de résistances MCP-47. L'alimentation de cette lampe s'est effectuée à partir de la batterie d'accumulateurs JN-100 préalablement chargée. L'alimentation de la lampe du photoélément et du galvanomètre par le réseau urbain conduit à ce qu'après un débranchage du réseau, bien que de courte durée, les appareils restent encore longtemps en régime, l'enregistrement est perturbé pour quelques heures. C'est pourquoi nous avons créé une installation avec alimentation indépendante. Le photoélément du gravimètre est particulièrement sensible aux interruptions d'illumination. On observe une perturbation de l'enregistrement également après un débranchage prolongé de la lampe du galvanomètre (fig. 7).

Le remplacement de la batterie placée dans le circuit des deux lampes s'est effectué au cours de l'enregistrement au fur et à mesure de leur décharge. Lors du remplacement de la batterie placée dans le circuit de la lampe du galvanomètre on n'a pas noté d'écarts dans l'enregistrement microphotométrique. Le remplacement de la batterie placée dans le circuit de la lampe du photoélément provoque un certain déplacement de l'enregistrement qui, après environ une demi-heure retourne cependant à la normale (fig. 8).

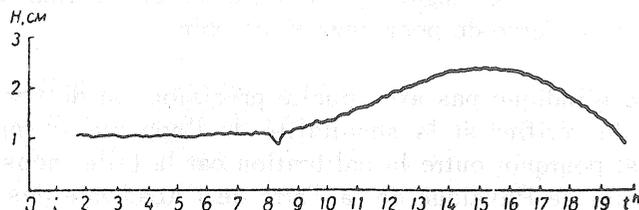


Fig. 8 - Ecart dans l'enregistrement après le remplacement de la batterie qui alimente la lampe du photoélément.

\*Point de l'échelle du galvanomètre où il est le moins sensible aux variations de tension de l'accumulateur qui alimente la lampe du photoélément.

Pour la mise à la terre de l'installation on s'est servi d'un tuyau du système de chauffage relié à une canalisation d'eau. On a mis à la terre les vis de serrage négatives des batteries d'accumulateurs qui alimentent le thermostat et la lampe du photoélément et également le corps du gravimètre et un des pôles du photoélément du gravimètre relié avec la masse du galvanomètre.

En automne et en hiver il y a fréquemment des microséismes. La qualité de l'enregistrement s'altère. Pour prévenir l'introduction des microséismes dans l'enregistrement et diminuer leur influence on s'est servi d'un filtre bipolaire à deux condensateurs MBGO de papier reliés parallèlement et d'une capacité de 60 microfarad. Depuis le 19 septembre la capacité du filtre a été augmentée par le branchage de deux condensateurs électrolytiques de petit format EM 25,0 x 4 volts de manière que la capacité générale soit de 110 microfarad. On effectua l'enregistrement avec ce filtre jusqu'au 22 novembre 1961. Dans la suite le condensateur électrolytique a été débranché et la capacité du filtre était égale à 60 microfarad. Depuis le 17 mars 1962 l'installation fonctionne sans filtre.

On a obtenu les marques horaires à partir des horloges de contact de la firme "Askania Werke". La marche des horloges a été vérifiée chaque jour par des signaux horaires et leur correction s'est maintenue dans les limites de  $\pm 30$  sec.

Lors de la réduction du matériel nous avons tenu compte des écarts dans l'enregistrement qui dépassaient 1 mm.

#### Calibration de l'échelle du gravimètre.

Comme nous le savons, la construction du gravimètre GS-11 prévoit une calibration de l'échelle en un même point à l'aide de la bille qui se trouve dans une boîte spéciale sur le levier portant la masse. L'effet de calibration  $E_0$  de la bille, c'est-à-dire le nombre de milligals égal au déplacement de la bille d'une alvéole à l'autre, est déterminé sur le polygone Hartsburg-Torfhaus en Allemagne de l'Ouest et est égal pour le gravimètre N° 159 à 40,0575 mgal pour une valeur d'accélération de la force de pesanteur  $g_0 = 981280$  mgal. Pour calculer cet effet pour n'importe quel autre point on propose la formule simple :

$$E = E_0 \frac{g}{g_0}$$

où  $E_0 = 40,0575$  mgal,  $g_0 = 981280$  mgal,  $E$  est l'effet de calibration au point qui nous intéresse,  $g$  est l'accélération de la force de pesanteur en ce point.

Cependant la firme n'indique pas avec quelle précision est déterminé l'effet de calibration  $E_0$ . Il est souhaitable de vérifier si la sensibilité de l'appareil change et par conséquent  $E_0$  au cours du temps. C'est pourquoi outre la calibration par la bille, nous avons effectué avec les collaborateurs de l'Institut de Physique de la Terre de l'Académie des Sciences d'URSS en été 1961 la calibration de l'appareil sur un polygone. Le transport des appareils a été effectué par hélicoptère.

Les premiers jours de travail sur le polygone on a observé souvent des sauts dans les indications de l'appareil et il se produisait également des cas de roulement spontané de la bille. Ainsi le 23-VI-1961 les calculs pour 5 heures varièrent de 30 mgals. Le même jour il y eut des sauts de 5 et 3 mgals. La cause réside non seulement dans la vibration qui se produit parfois lors du vol de l'hélicoptère mais principalement dans l'installation rigide du gravimètre N° 159 dans la caisse de transport. Après la mise en caisse de l'appareil, les coins de serrage étaient plantés fortement dans leur nid après quoi les coussinets amortissaient en effet mal. Ensuite on transporta le gravimètre sans caisse, sur un siège moelleux et ses indications s'améliorèrent.

On ne tint pas compte des résultats des premiers jours lors de la détermination du coefficient de calibration.

Lors de la calibration de l'appareil sur le polygone de 30.VI., à la suite d'un choc violent, le levier du système de sensibilité s'abaissa un peu ce qui n'a pas permis de le mettre en position d'équilibre du ressort de diapason. Il a fallu tourner un peu le ressort principal à ses points d'attache, après quoi on observa pendant longtemps une forte dérive d'environ 3 mgals par jour.

Le 12 et le 14 VII, on a entrepris en camion le trajet réitératif sur les points du polygone.

Les résultats de la calibration de l'appareil sont donnés à la table 1. La figure 9 représente la dépendance de la valeur de division de l'échelle du gravimètre en fonction de la valeur du calcul sur l'échelle. Ce graphique est proposé par la firme dans la notice explicative de l'appareil. On a porté sur ce dessin les points obtenus au cours de la calibration que nous avons faite. Les chiffres du graphique correspondent au numéro d'ordre de la table 1.

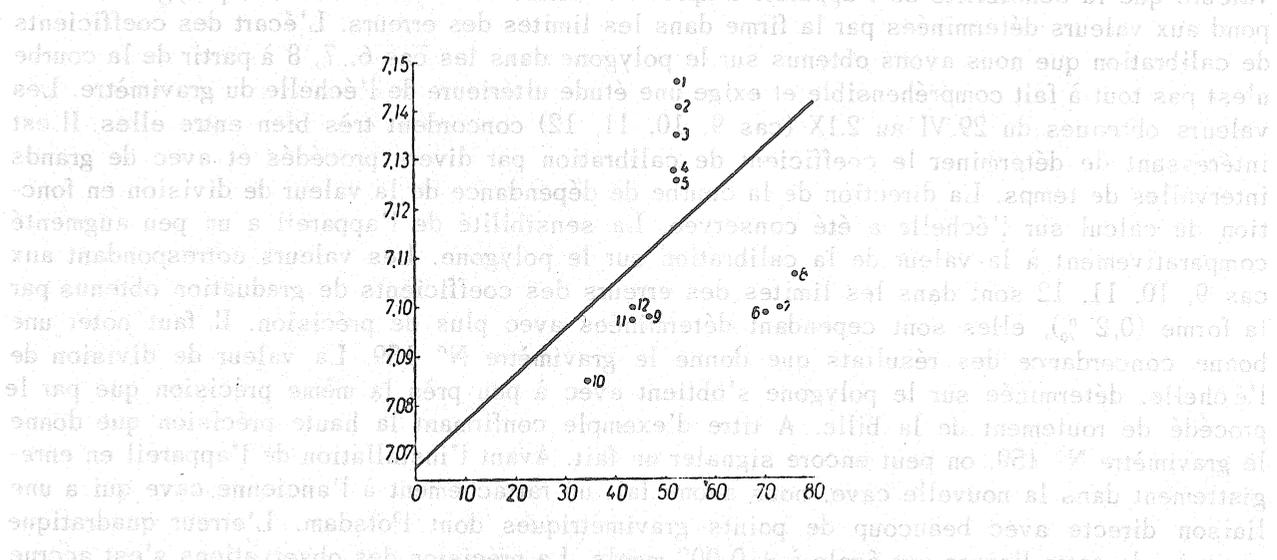


Fig. 9. Dépendance de la valeur de division de l'échelle du gravimètre en fonction de la lecture.

Table 1

Résultats de la calibration du gravimètre N° 159

N°	Date	Procédé	Valeur de division de l'échelle	Erreur de calibration	Position moyenne de l'échelle
1	1.IV	Basculement de la bille. (10)	7,143	± 0,008	52,56
2	9.IV	" " (7)	7,137	± 0,023	52,89
3	17.IV	" " (10)	7,130	± 0,055	52,51
4	22.IV	" " (7)	7,123	± 0,006	52,00
5	23.IV	" " (8)	7,121	± 0,008	52,41
6	24.VI	Sur le polygone (6)	7,099	± 0,002	69,96
7	26.VI	" " (3)	7,100	± 0,002	73,33
8	26.VI	" " (2)	7,107	± 0,004	76,31
9	29.VI	" " (2)	7,098	± 0,001	47,29
10	12.VII	" " (4)	7,085	± 0,003	34,64
11	30.VIII	Basculement de la bille (6)	7,097	± 0,001	43,66
12	2.IX	" " (6)	7,100	± 0,002	43,69

Remarque : les chiffres entre parenthèses dans la troisième colonne désignent le nombre de valeurs d'après lequel la moyenne a été déterminée.

Dans les trois premiers cas avant la calibration, l'appareil a été tout le temps arrêté. Nous expliquons par là la grande erreur du coefficient de calibration et également son écart par rapport à la courbe. Si le gravimètre est arrêté de nouveau de quelques heures avant la calibration, les résultats sont bien meilleurs (cas 4, 5). On peut conclure d'après ces deux valeurs que la sensibilité de l'appareil d'après la calibration effectuée sur le polygone correspond aux valeurs déterminées par la firme dans les limites des erreurs. L'écart des coefficients de calibration que nous avons obtenus sur le polygone dans les cas 6, 7, 8 à partir de la courbe n'est pas tout à fait compréhensible et exige une étude ultérieure de l'échelle du gravimètre. Les valeurs obtenues du 29.VI au 2.IX (cas 9, 10, 11, 12) concordent très bien entre elles. Il est intéressant de déterminer le coefficient de calibration par divers procédés et avec de grands intervalles de temps. La direction de la courbe de dépendance de la valeur de division en fonction du calcul sur l'échelle a été conservée. La sensibilité de l'appareil a un peu augmenté comparativement à la valeur de la calibration sur le polygone. Les valeurs correspondant aux cas 9, 10, 11, 12 sont dans les limites des erreurs des coefficients de graduation obtenus par la forme (0,2 %), elles sont cependant déterminées avec plus de précision. Il faut noter une bonne concordance des résultats que donne le gravimètre N° 159. La valeur de division de l'échelle, déterminée sur le polygone s'obtient avec à peu près la même précision que par le procédé de roulement de la bille. A titre d'exemple confirmant la haute précision que donne le gravimètre N° 159, on peut encore signaler un fait. Avant l'installation de l'appareil en enregistrement dans la nouvelle cave, nous avons fait un rattachement à l'ancienne cave qui a une liaison directe avec beaucoup de points gravimétriques dont Potsdam. L'erreur quadratique moyenne de cette liaison est égale à  $\pm 0,002$  mgals. La précision des observations s'est accrue assez sensiblement avec l'appareil indiqué après ces sauts et la dérive qui ont été observés sur le polygone du 19 au 23.VI. et dont nous avons donné des exemples plus haut. Ceci est apparemment lié aux variations provenant du système élastique du gravimètre dans les premiers jours de travail en campagne.

La dérive du gravimètre lors de la calibration par roulement de la bille n'a pas été calculée ; lors du travail sur le polygone et également dans le cas de la liaison de l'ancienne cave gravimétrique avec la nouvelle, elle a été calculée d'après des calculs réitératifs en un des points et l'on a admis qu'elle est proportionnelle au temps.

### Sensibilité de l'enregistrement.

Pour déterminer la sensibilité de l'enregistrement pour la réduction des observations du 6.IX.1961 au 25.III.1962 nous nous sommes servis de la valeur de division de l'échelle du gravimètre  $7.100 \pm 0,002$  obtenue par roulement de la bille de 2.IX.1961. La position moyenne de l'échelle était alors égale à 43,69.

Au cours des observations le gravimètre a changé sa lecture de 40,88 à 43,65 par suite de la dérive. Une dérive particulièrement intense a été observée au cours du premier mois d'enregistrement.

La calibration de l'enregistrement a été effectuée par déplacement de la masse du gravimètre d'un nombre déterminé de petites divisions de l'échelle. La mesure immédiate des écarts sur la bande n'a pas provoqué de difficultés puisque le galvanomètre s'est relativement vite installé dans sa nouvelle position \*. Elle a été effectuée en même temps que la mesure des ordonnées.

Les résultats de la détermination de la sensibilité de l'enregistrement sont donnés dans la table 2. Pour réduire les séries IV et V on a utilisé la sensibilité moyenne pondérée  $5,30 \pm 0,08$  gal/mm., la série VI a été réduite avec une sensibilité variable : 4,89, 4,40, 4,90, 6,00 gal/mm. La valeur de la sensibilité 6,73 obtenue le 6.II n'a pas été prise en considération dans le calcul de la moyenne.

Pendant l'enregistrement des variations de la pesanteur avec le gravimètre GS-11, on obtient la valeur de la sensibilité de l'enregistrement avec une grande dispersion. Comme on l'a déjà noté dans la littérature [3], la valeur moyenne de la sensibilité obtenue d'après plusieurs calculs basés sur un déplacement, diffère plus de celle correspondant à un autre déplacement que ne l'indique leur erreur. Cela est évidemment dû à des perturbations de type différent et notamment à la variation d'éclat de la lampe qui illumine le photoélément du gravimètre, c'est-à-dire à la variation d'intensité du courant au travers de cette lampe.

Table 2.

Sensibilité de l'enregistrement en janvier, février et mars 1962.

Date	Ecart en mm	Ecart en divisions d'échelle	Ecart en mgal	Sensibilité en $\mu$ gal/mm	Valeur moyenne de la sensibilité	
29.XII	+ 38,5	2,86	0,2031	5,28	5,27 $\pm$ 0,08	
2.I	50,0	3,78	,2684	5,37		
9.I	47,1	3,90	,2769	5,88		
10.I	- 45,0	3,70	,2627	5,84		
17.I	+ 58,7	4,28	,3039	5,18		
18.I	- 70,6	5,12	,3635	5,25		
19.I	+ 11,4	0,90	,0639	5,61		
26.I	- 53,8	4,64	,3294	5,16		
3.II	66,0	4,74	,3365	5,10		
9.II	73,6	5,08	,3607	4,90		
10.II	+ 66,4	4,92	,3493	5,26		
11.II	- 36,4	2,74	,1945	5,34		
13.II	46,1	3,20	,2272	4,93		
19.II	30,8	2,22	,1576	5,12		
23.II	66,0	4,44	,3852	4,78		
24.II	+ 17,4	1,28	,0909	5,22		4,89
2.III	- 64,6	4,26	,3025	4,68		4,40
6.III	58,0	3,70	,2627	4,53		
10.III	+ 51,2	3,32	,2357	4,60		
11.III	- 59,5	3,40	,2414	4,06	4,90	
13.III	55,7	3,80	,2698	4,84		
19.III	61,4	4,28	,3039	4,95	6,00	
21.III	50,6	4,20	,2982	5,89		
23.III	47,0	3,94	,2797	5,95		
24.III	+ 68,6	5,94	,4217	6,15		

\* Période de l'oscillation libre du galvanomètre 5 sec.

Par conséquent, on ne peut s'attendre à une coïncidence des résultats obtenus pour différents écarts dans les limites des erreurs de calcul. Pour cette raison et pour d'autres également (voir [4] p. 29, p.7) il faut encore accumuler un grand matériel d'observations pour tirer des conclusions sûres sur les résultats des observations. Dans la réduction de nos données, nous nous sommes servis de la sensibilité moyenne pondérée calculée pour tous les écarts que nous possédons. Comme poids nous avons pris la valeur de l'écart correspondant.

Nous nous sommes permis de donner ici une description très détaillée des appareils et de l'organisation des observations dans l'espoir qu'elle soit utile à d'autres chercheurs qui commencent à travailler avec ces appareils. Nous avons eu nous mêmes besoin d'une description détaillée lors de leur étude et de leur installation.

Résultats de l'analyse harmonique des enregistrements.

Comme il a déjà été indiqué, les résultats de la réduction des séries des trois premiers mois d'enregistrement ont été publiés séparément [1]. Cependant, lors de la réduction de ces données, les auteurs se sont servis de la valeur arithmétique moyenne obtenue pour tous les écarts. Puisque le matériel des deux séries suivantes est réduit avec la sensibilité moyenne pondérée, il était intéressant de recalculer les résultats obtenus conformément à cette même sensibilité. C'est pourquoi nous avons inséré ici les résultats de la réduction de toutes les séries de six mois d'enregistrement. La sensibilité moyenne pondérée avec laquelle ont été réduites les trois premières séries est égale à  $5,11 \pm 0,12 \mu\text{gal}/\text{mm}$  et les deux suivantes  $- 5,27 \pm 0,08 \mu\text{gal}/\text{mm}$ . Comme nous l'avons noté précédemment les données de mars 1962 ont été réduites avec une sensibilité variable.

Table 3

Résultats de l'analyse harmonique des enregistrements.

Date du début de la série	$Q_1$		$O_1$		$K_1$		$M_1$	
	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$
1961 6.IX	1,100	+ 5,3	1,053	+0,5	1,232	+0,4	1,763	+ 7,2
1.X	0,953	- 4,8	1,129	-1,6	1,194	5,2	0,890	-15,3
25.X	1,116	+ 29,0	1,255	1,9	1,180	1,8	1,407	3,2
30.XII	1,074	1,6	1,186	0,6	1,113	4,5	0,754	+ 7,4
1962 26.I	1,111	- 7,8	1,269	+1,0	1,150	2,5	0,832	- 7,8
25.II	1,502	6,8	1,161	3,8	1,017	2,4	1,119	+ 2,4
Moyenne	1,143	+ 4,4	1,176	+0,2	1,148	+2,8	1,128	- 1,6
	$\pm 0,076$	$\pm 5,8$	$\pm 0,033$	$\pm 0,9$	$\pm 0,031$	$\pm 0,7$	$\pm 0,160$	$\pm 3,7$
Date du début de la série	$N_2$		$M_2$		$S_2$		$\mu_2$	
	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$	$\delta$	$\alpha$
1961 6.IX	1,110	- 1,5	1,157	- 2,5	1,123	+2,3	2,055	+40,3
1.X	1,033	+15,7	1,168	2,0	0,993	2,4	2,575	17,4
25.X	1,164	- 1,6	1,198	1,7	1,142	6,2	1,232	- 8,6
30.XII	1,198	+ 2,7	1,226	0,7	1,015	+8,9	0,590	+ 9,2
1962 26.I	1,036	9,1	1,235	0,2	1,095	4,8	1,834	28,7
25.II	1,279	4,0	1,164	0,6	1,043	4,1	1,513	- 5,9
Moyenne	1,137	+ 4,7	1,191	- 1,3	1,068	+1,9	1,633	+13,5
	$\pm 0,039$	$\pm 2,7$	$\pm 0,014$	$\pm 0,4$	$\pm 0,025$	$\pm 2,2$	$\pm 0,281$	$\pm 7,7$

Le débranchage du réseau urbain provoque des interruptions dans l'enregistrement. Pour la période du 30.XII.1961 au 25.III.1962 on a interpolé en tout 45 ordonnées. L'interpolation a été effectuée d'après la courbe théorique. La dérive sur la partie interpolée a été prise comme linéaire. Les ordonnées isolées manquantes ont été calculées par la combinaison proposée par Lecolazet [5].

L'analyse harmonique a été réalisée d'après la méthode de P.S. Matveev [6]. Les résultats de l'analyse sont donnés dans la table 3, un retard étant représenté par  $\kappa > 0$ .

Comme on peut le voir par cette table les valeurs de  $\delta$  obtenues pour l'onde  $S_2$  sont sensiblement plus petites que pour les autres ondes. Evidemment, l'enregistrement est entaché d'erreurs systématiques de période journalière. Cette influence se fait également sentir sur certaines valeurs de  $\delta$  pour l'onde  $K_1$ . Nous espérons dans la suite éclaircir et écarter la cause de ces erreurs.

Comme nous l'avons déjà noté dans notre article précédent [1], le retard  $\kappa$ , obtenu par les observations de Poltava est voisin de 0. On l'obtient difficilement pour l'onde  $M_2$  dont les résultats sont les plus sûrs. La même valeur du retard a été obtenue par certains autres auteurs [2, 3, 9]. L'une des causes de cette différence peut être un retard instrumental des gravimètres. C'est pourquoi, l'étude de ce retard nous semble particulièrement importante.

Pour conclure, l'auteur se fait un agréable devoir de remercier Z.N. Aksentieva, Iou.S. Dobrochotov et B.I. Brodskii de leur participation, de leur aide et de leurs conseils utiles qui contribuèrent dans une grande mesure à la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

---

1. Z.N. AKSENTIEVA, I.A. DITCHKO  
Résultats préliminaires des observations des variations de la force de pesanteur avec le gravimètre GS-11 à Poltava.  
*Bulletin d'informations du Comité d'Organisation de l'AGI lors du Présidium de l'Ac. des Sc. d'Ukraine, N° 5, 1962.*
  2. Iou, S. DOBROCHOTOV, B.D. BELIKOV, Ian CHOUE DZE, Siou BIN-LIN.  
Variations de marées de la force de pesanteur à Landchou en 1959.  
*"Etude des marées terrestres" N° 2, Ac. des Sc. URSS, 1961.*  
*Traduction BIM N° 40 pp. 1446 à 1454.*
  3. Iou.S. DOBROCHOTOV, B.D. BELIKOV, M.V. KRAMER, B.P. PERTSEV.  
Observations des variations de marées de l'accélération de la force de pesanteur à Poulkovo en 1958.  
*"Recherches gravimétriques" N° 1, Ac. des Sc. URSS, 1960.*
  4. V.G. BALENKO, S.N. ZACHARTCHENKO  
Quelques problèmes de comparaison des méthodes d'analyse harmonique des marées terrestres.  
*Trav. de l'Obs. Grav. de Poltava T. X, Ac. des Sc. d'Ukraine 1961.*  
*Traduction BIM N° 31 pp. 801 à 819.*
  5. R. LECOLAZET  
Sur la reconstitution des observations par interpolation  
*Quatr. Symp. Intern. sur les marées Terrestres, Bruxelles, 5 - 10 juin, 1961.*
  6. P.S. MATVEEV  
Analyse harmonique d'une série mensuelle des observations de marées.  
*Trav. de l'Observ. Grav. de Poltava T. IX Ac. des Sc. d'Ukraine 1961.*
  7. P. MELCHIOR  
Résultats de seize mois d'enregistrement de la marée à l'Observatoire Royal de Belgique (Uccle) à l'aide du gravimètre Askania N 145 (1958-1959),  
*Annales de l'Observatoire Royal de Belgique, t. VIII, Série Géophysique N 53, Liège 1960*
  8. L. STEINMETZ  
Sur les enregistrements obtenus avec un gravimètre Nord-Américain soumis à l'étalonnage continu par attraction électrostatique.  
*Quatr. Symp. Intern. sur les marées Terrestres, Bruxelles, 5-10 juin, 1961.*
  9. G. JOBERT  
Résultats obtenus à l'aide du gravimètre La Coste Romberg N° 5,  
*Proceedings of the Third International Symposium on earth tides, Trieste, 1959.*  
*Bolletino di geofisika, Anno II, N 5, 1960.*
-

## COMPARAISON DES METHODES DE PERTSEV ET VENEDIKOV POUR L'ANALYSE HARMONIQUE DES OBSERVATIONS DE MAREES

Jan PICHÁ

Institut Géophysique - Prague

A. P. Venedikov

Institut Géophysique - Sofia.

## СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ПЕРЦЕВА И ВЕНЕДИКОВА ГАРМОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИЛИВНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ

Посвящено восьмидесятипятилетию проф. д-ра Б. Шаламона

JAN PICHÁ

Геофизический институт ЧСАН, Прага

А. П. ВЕНЕДИКОВ

Геофизический институт БАН, София

### 1. Introduction.

Pour l'analyse harmonique des observations de marées, on utilise à présent, le plus souvent, les méthodes Lecolazet [1,2], Pertsev [3,4] et Doodson-Lennon [5,6]. Outre les méthodes mentionnées quelques autres méthodes d'analyse harmonique ont été élaborées bien que non appliquées comme règle, par exemple la méthode de Matvéev [7,8], Vénédikov [9] et Horn [10] qui sont basées sur le procédé des moindres carrés, ensuite la méthode semi-graphique de Suthons [11] et d'autres.

Dans le but de pouvoir comparer les résultats des analyses harmoniques des données d'observations provenant des différentes stations de marées, obtenus à l'aide des différentes méthodes d'analyse, il faut vérifier si les méthodes choisies donnent, lors de l'application aux mêmes données d'observations, des résultats pratiquement identiques ou si les résultats diffèrent systématiquement. Dans ce travail qui a pris naissance au cours du stage de A.P. Vénédikov dans le département gravimétrique de l'Institut de Géophysique de Prague, nous donnons la comparaison préliminaire pour le cas des méthodes de Pertsev et Vénédikov.

## 2. Matériaux d'observations utilisés.

Pour comparer les deux méthodes traitées d'analyse harmonique on a utilisé et réduit les matériaux suivants des observations de marées :

1) Les observations clinométriques à l'aide de l'appareil de Schweydar avec deux pendules horizontaux (désignés AI, AII) provenant de la station de marée de l'Institut de Géophysique Tchèque à Příbram - Březové Hory dans la mine "Anna" ( $\phi = 40^{\circ}41'15''$ , 3N,  $\lambda = 14^{\circ}00'12''$ , 8E, la profondeur sous la surface de la Terre  $p = 1300$  m, hauteur par rapport au niveau de la mer  $h = -772$  m AN) en mars 1959 et en mars 1961. Les composantes horizontales de la marée ont été enregistrées par les pendules (calculées positivement dans la direction du Nord et de l'Est) dans les azimuts  $\alpha_{AI} = 86^{\circ}01'26''$ ,  $\alpha_{AII} = 354^{\circ}52'13''$  (calculés à partir du Nord). Les valeurs moyennes des sensibilités des pendules (K sec. d'arc en 1 mm d'enregistrement) sont données dans la table 1.

Table 1

Série d'observations	Sensibilité $K_{AI}''/1\text{ MM}$	Sensibilité $K_{AII}''/1\text{ MM}$
1. 3.—31. 3. 1959	0,005730	0,004095
1. 3.—31. 3. 1961	0,005364	0,004191

Table 2

Série d'observations	Sensibilité $K_{\mu, M}/1\text{ MM}$
8. 1.— 7. 2. 1961	11,37
13. 1.—12. 2. 1962	6,576
15. 2.—17. 3. 1962	6,642

2) Les observations des variations de marées de l'accélération de la force de pesanteur à l'aide du gravimètre Askania GS 11, n° 121 dans la station de marée de l'Institut de Géophysique de Sofia ( $\phi = 42^{\circ}41'1''$  N,  $\lambda = 23^{\circ}20'2''$  E,  $p = 1,5$  m,  $h = 550,2$  m) pendant la période du 8/1 au 7/2/1961, du 13/1 au 12/2 et du 15/2 au 17/3/1962. La sensibilité moyenne du gravimètre K gal/lmm dans les intervalles indiqués de temps est donnée dans la table 2.

## 3. Analyses harmoniques

Les analyses harmoniques par la méthode de Pertsev [3,4] (en général quatre séries d'observations pour les pendules horizontaux et trois séries pour le gravimètre) ont été effectuées par les collègues de l'Institut de Géophysique Tchèque sur ordinateur électronique Oural 1 (à l'Institut de la théorie d'information et de l'automatisation Tchèque à Prague) d'après le programme composé par M.V. Kramer [12]. Les calculs ont été effectués d'après la méthode de Vénédikov par celui-ci, à l'aide d'une machine à calculer ordinaire.

Dans le cas des composantes horizontales de marées, les ordonnées entrant dans l'analyse sont restées en mm et uniquement les amplitudes résultantes des ondes séparées ont été traduites en secondes d'arc en utilisant des valeurs de sensibilité d'après la table 1. Les ordonnées provenant des observations à l'aide du gravimètre ont d'abord été traduites en mgal ( avec le calcul des variations de sensibilité au cours de la série d'observations) et n'ont été analysées qu'après cette opération.

Les résultats des analyses harmoniques des observations utilisés sont donnés pour le cas des pendules horizontaux dans la table 3 et pour le cas du gravimètre dans la table 4, où :  $R$  et  $R_t$  sont les amplitudes observée et théorique de l'onde de marée correspondante ;  $\gamma$  ou  $\delta$  est leur rapport ;  $\phi$  et  $\phi_t$  sont les phases observée et théorique ;  $\alpha$  ou  $k$  est le retard de phases ;  $m$  est l'erreur quadratique moyenne calculée par la méthode des moindres carrés (il faut noter ici que par ce procédé les erreurs quadratiques moyennes calculées sont sensiblement plus grandes que les erreurs calculées d'après la combinaison des erreurs dans le cas de la méthode de Lecolazet).

Table 3

$\alpha_{AI} = 86^{\circ}01'26''$ $\alpha_{AII} = 354^{\circ}52'13''$		Méthode de Pertsev						Méthode de Vénédiikov						Comparaison			
		$R \cdot 10^3$	$R_t \cdot 10^3$	$\varphi$	$\varphi_t$	$\gamma_P$	$\gamma_P = \varphi - \varphi_t$	$R \cdot 10^3$	$R_t \cdot 10^3$	$\varphi$	$\varphi_t$	$\gamma_V$	$m_{\gamma_V} \cdot 10^3$	$\gamma_V - (\varphi - \varphi_t)$	$m_{\gamma_V}$	$(\gamma_P - \gamma_V) \cdot 10^3$	$\gamma_P - \gamma_V$
AI	Pendule Ondes $M_2$ $S_2$ $N_2$ $O_1$ $K_1$	16. 3. 1959 11,5 <sup>h</sup>						16. 3. 1959 12 <sup>h</sup>									
		7,029	10,216	68,86	59,93	0,688	8,93	7,214	10,477	305,46	315,12	0,689	9	9,66	0,52	- 1	- 0,73
		3,181	4,757	263,20	253,96	0,669	9,23	3,806	5,753	106,74	116,39	0,662	16	9,65	0,92	7	-0,42
		1,625	1,956	281,24	273,17	0,831	8,07	1,477	1,868	79,84	88,52	0,791	47	8,68	2,69	40	-0,61
		3,494	4,958	329,02	335,89	0,705	-6,87	2,914	4,056	37,32	30,38	0,718	34	-6,94	1,95	-13	0,07
		5,336	6,978	2,60	356,83	0,765	5,77	3,112	4,071	0,59	6,04	0,764	34	5,45	1,95	1	0,32
AII	$M_2$ $S_2$ $N_2$ $O_1$ $K_1$	5,210	7,799	341,68	326,23	0,668	15,45	5,435	8,035	31,29	48,83	0,676	11	17,54	0,63	- 8	-2,09
		2,452	3,631	175,63	160,26	0,675	15,37	2,917	4,394	195,01	210,23	0,664	20	15,22	1,15	11	0,15
		1,008	1,493	188,27	179,47	0,675	8,80	0,986	1,452	166,22	182,94	0,679	64	16,72	3,67	- 4	-7,92
		0,721	1,110	217,32	223,13	0,649	-5,80	0,620	0,914	145,09	143,79	0,678	166	-1,30	9,51	-29	-4,50
		1,711	1,563	239,58	244,07	1,095	-4,48	0,997	0,927	124,35	118,75	1,076	163	-5,60	9,34	19	1,12
AI	$M_2$ $S_2$ $N_2$ $O_1$ $K_1$	16. 3. 1961 11,5 <sup>h</sup>						16. 3. 1961 12 <sup>h</sup>									
		7,454	10,216	255,65	244,22	0,730	11,43	7,846	10,495	119,05	130,90	0,748	18	11,85	1,03	-18	-0,42
		2,978	4,757	269,62	253,96	0,626	15,65	3,795	5,777	98,65	114,90	0,657	33	16,25	1,89	-31	-0,60
		1,601	1,956	317,97	287,96	0,818	30,00	1,346	2,038	62,51	94,76	0,660	93	32,25	5,33	158	-2,25
		3,907	4,958	153,70	150,19	0,788	3,52	3,070	3,793	218,06	219,51	0,809	71	1,45	4,06	-21	-2,07
		5,749	6,978	7,68	3,12	0,824	4,56	3,492	4,165	353,06	357,14	0,838	64	4,08	3,67	-14	0,48
AII	$M_2$ $S_2$ $N_2$ $O_1$ $K_1$	5,246	7,799	163,27	150,52	0,673	12,76	5,315	8,062	209,16	224,63	0,659	16	15,47	0,92	14	-2,71
		2,567	3,631	175,87	160,26	0,707	15,61	3,073	4,411	191,71	208,63	0,697	30	16,92	1,72	10	-1,31
		1,031	1,493	226,64	194,26	0,690	32,28	0,895	1,541	164,62	189,43	0,581	89	24,81	5,10	109	7,57
		1,010	1,110	34,75	37,43	0,910	-2,67	0,728	0,852	334,35	332,03	0,854	203	-2,32	11,63	56	-0,35
		1,210	1,563	250,46	250,36	0,774	0,11	0,656	0,950	108,29	109,83	0,691	182	1,54	10,43	83	-1,43

Table 4.

Gravimètre	Onde	Méthode de Pertsev						Méthode de Vénédiikov							Comparison		
		$R \cdot 10^3 \text{ Mz}$	$R_i \cdot 10^3 \text{ Mz}$	$\varphi$	$\gamma_i$	$\delta_p$	$\kappa_p = \varphi - \gamma_i - 360^\circ$	$R \cdot 10^3 \text{ Mz}$	$R_i \cdot 10^3 \text{ Mz}$	$\varphi$	$\gamma_i$	$\delta_v$	$\pm m_{\delta_v} \cdot 10^3$	$\kappa_v = -(\varphi - \gamma_i)$	$\pm m_{\kappa_v}$	$(\delta_p - \delta_v) \cdot 10^3$	$\kappa_p - \kappa_v$
GS II №121	$M_2$ $S_2$ $N_2$ $O_1$ $K_1$	23. 3. 1961 11,5 <sup>h</sup>						23. 3. 1961 12 <sup>h</sup>									
		48 759	40 732	307,05	50,74	1,197	- 2,21	49 996	41 768	238,60	236,60	1,197	15	- 2,00	0,86	0	- 0,21
		21 400	18 998	145,81	205,94	1,126	- 8,25	25 466	22 860	135,40	132,40	1,114	28	- 3,00	1,60	12	- 5,25
		7 702	7 797	65,41	275,54	0,988	-19,05	7 118	7 125	208,80	200,00	0,999	92	- 8,80	5,27	- 11	-10,25
		38 059	30 971	226,25	130,87	1,229	- 2,88	32 004	26 041	264,80	263,50	1,229	28	- 1,30	1,60	0	- 1,58
		47 405	43 592	258,70	102,23	1,087	0,93	27 791	25 710	245,20	246,30	1,081	34	1,10	1,94	6	- 0,17
		28. 1. 1962 11,5 <sup>h</sup>						28. 1. 1962 12 <sup>h</sup>									
		49 283	40 732	154,80	207,57	1,210	2,37	50 547	41 913	41,27	42,65	1,206	15	1,38	0,86	4	0,99
		22 765	18 998	328,06	31,67	1,198	- 0,27	22 253	18 166	214,84	213,50	1,225	36	- 1,34	2,04	- 27	1,07
		9 277	7 797	32,40	329,17	1,190	1,57	10 224	8 353	157,76	161,63	1,224	77	3,87	4,41	- 34	- 2,30
	35 081	30 971	13,30	344,52	1,133	- 2,18	31 873	27 359	174,08	171,86	1,165	33	- 2,22	1,89	- 32	0,04	
	50 267	43 592	131,64	226,50	1,153	- 1,86	55 579	47 789	38,67	36,65	1,163	19	- 2,02	1,09	- 10	0,16	
	2. 3. 1962 11,5 <sup>h</sup>						2. 3. 1962 14 <sup>h</sup>										
	47 576	40 732	237,97	122,93	1,168	0,90	48 493	41 116	14,04	15,54	1,178	10	1,50	0,57	- 10	- 0,60	
	23 338	18 998	328,89	31,67	1,228	0,56	27 740	22 299	274,37	276,12	1,244	18	1,75	1,03	- 16	- 1,19	
	8 784	7 797	181,48	173,38	1,127	- 5,14	10 679	9 335	70,71	68,44	1,144	44	- 2,27	2,52	- 17	- 2,87	
	34 426	30 971	130,02	227,64	1,112	- 2,34	29 902	25 979	87,77	85,24	1,151	19	- 2,53	1,09	- 39	0,19	
	50 103	43 592	103,73	258,83	1,149	2,56	37 484	32 175	95,74	98,08	1,165	16	2,34	0,92	- 16	0,22	

#### 4. Conclusions

---

On peut remarquer d'après les données des tables 3 et 4 que du nombre total des 20 différences  $\gamma_P - \gamma_V$  on a 11 positifs et 9 négatifs ; d'une manière analogue, des 15 différences  $\delta_P - \delta_V$  on a 3 positifs, 10 négatifs et 2 nuls. Dans le cas des différences du retard de phase  $\alpha_P - \alpha_V$  on a obtenu 7 valeurs positives et 13 négatives, dans le cas  $\kappa_P - \kappa_V$  on a 6 valeurs positives et 9 négatives. En ce qui concerne les valeurs des différences  $\gamma_P - \gamma_V$  ou  $\delta_P - \delta_V$  dans la comparaison respectivement avec  $m_{\gamma_V}$  et  $m_{\delta_V}$  alors elles sont un peu plus grandes seulement dans deux cas (toujours pour l'onde de marée très faible  $N_2$ ) ; les différences du retard de phase  $\alpha_P - \alpha_V$  ou  $\kappa_P - \kappa_V$  ont dans la comparaison avec  $m_{\alpha_V}$  ou  $m_{\kappa_V}$  des valeurs plus élevées dans 11 cas (cependant 6 de ces valeurs sont relativement voisines  $m_{\alpha_V}$  ou  $m_{\kappa_V}$ ). En ce qui concerne les signes des valeurs comme  $\alpha_P$  et  $\alpha_V$  ainsi que  $\kappa_P$  et  $\kappa_V$  alors ils coïncident tous. Un plus grand nombre de signes négatifs des valeurs  $\alpha_P - \alpha_V$  ou  $\kappa_P - \kappa_V$  aurait pu témoigner du fait que les retards de phases calculés d'après la méthode de Vénédikov sont peut-être systématiquement un peu plus grands que les valeurs correspondantes calculées d'après la méthode de Pertsev. Cependant on ne peut considérer cela comme définitivement prouvé puisque le nombre des comparaisons effectuées est relativement petit.

En général, on peut cependant noter que les deux méthodes d'analyse harmonique que nous avons utilisées sont apparues dans ce cas donné comme équivalentes. Des conclusions ultérieures plus détaillées seront possibles uniquement en comparaison des deux méthodes avec une application à des données d'observations plus étendues.

---

Edité : 3.10.1964 - Critique : H. Bursa.

BIBLIOGRAPHIE

---

1. R. LECOLAZET  
La méthode utilisée à Strasbourg pour l'analyse harmonique de la marée gravimétrique.  
*B.I.M. N° 10, février 1958, 153.*
2. R. LECOLAZET  
Le développement harmonique des déviations périodiques théoriques de la verticale.  
*B.I.M. N° 14, janvier 1959, 211*
3. B.P. PERTSEV  
Analyse harmonique des marées élastiques  
*Ac. des Sc. URSS Série Géoph. N° 8 (1958).*
4. B. PERTZEV  
Harmonische Analyse von Erdzeiten  
*Deutsche Geodät. Komm., Wiss. Übersetzungsdienst, H. N° 18, München 1958.*
5. A.T. DOODSON  
The Analysis of Tidal Observations for 29 Days.  
*Intern. Hydrographic Review, May 1954.*
6. G.W. LENNON  
Die Methode der harmonischen Analyse für 29 Beobachtungstage der Erdzeiten des Gezeiteninstituts Liverpool.  
*Deutsche Geodät. Komm., Wiss. Übersetzungsdienst, H. N° 17, München 1958.*
7. P.S. MATVEEV  
Analyse harmonique des marées terrestres (série de 29 jours)  
*Travaux de l'Observatoire Gravimétrique de Poltava T.X. Kiev 1962.*
8. P.S. MATVEEV  
L'analyse harmonique de la série de 29 jours de marées terrestres.  
*B.I.M. N° 31, février 1963, 773.*
9. A.P. VENEDIKOV  
Application de la méthode des moindres carrés à l'analyse des observations des marées terrestres.  
*B.I.M., N° 29, août 1962, 667.*
10. W. HORN  
The Harmonic Analysis, According to the Least Square Rule, of Tide Observations upon which an Unknown Drift is Superposed.  
*Boll. di Geofisica teor. ed applic., II (1960), 218.*
11. C.T. SUTHONS  
The Semi-Graphic Method of Harmonic Analysis of Tidal Observations Extending over about One Month.  
*Comm. Obs. Roy. Belg. N° 142, Sér. Géoph. N° 47, Bruxelles 1958, 140.*
12. M.V. KRAMER  
Programme pour l'ordinateur "Oural 1" de l'analyse harmonique des déformations de marées de la Terre par la méthode de B.P. Pertsev.  
*Institut de Physique de la Terre. Ac. des sc. URSS Moscou 1960 (manuscrit).*

## DER EINFLUSS VON SCHWANKUNGEN DES STROMES FÜR DIE BELEUCHTUNG DER PHOTOZELLEN AUF DIE MESZWERTANZEIGE DES ASKANIA-GRAVIMETERS GS 11 Nr 116.

von

Manfred BONATZ

Institut für theoretische Geodäsie der Universität Bonn.

In [1] wurde darauf hingewiesen, dass es bei der Erdzeitenregistrierung mit den Askania-Gravimetern GS 11 (12) - trotz der Stabilisierung des Stromes für die Beleuchtung der Photozellen durch einen Spannungskonstanthalter - zur Erzielung guter Registrierergebnisse notwendig ist, den photoelektrischen Nullpunkt so einzustellen, dass er noch auf der Skala des Registriergalvanometers liegt. Am Beispiel des Askania-Gravimeters GS 11 Nr. 116 soll nun gezeigt werden, in welcher Weise Schwankungen des Stromes für die Beleuchtung der Photozellen das Meszerggebnis beeinflussen, und damit die Frage nach der notwendigen Strom "Konstanz" wenigstens grössenordnungsmässig beantwortet werden.

Schwankungen des Stromes für die Beleuchtung der Photozellen des Gravimeters haben im wesentlichen zwei Wirkungen: Einmal verursachen sie eine mit dem Abstand vom photoelektrischen Nullpunkt zunehmende Änderung der Meszwertanzeige, also einen Gang, zum andern eine in gewissen Grenzen von der Lage des photoelektrischen Nullpunktes unabhängige Änderung der Registrierempfindlichkeit, also eine Änderung der Eichkonstanten. Beide Wirkungen sind systematische Fehler im Registrierergebnis, die wegen der Schwierigkeiten bei der Gangbestimmung und der Gravimetreichung durch geeignete Massnahmen so klein gehalten werden müssen, dass sie unter der Meszgenauigkeit liegen.

### a) Der Einfluss der Stromschwankungen auf den Gang:

Abb. 1 zeigt die experimentell ermittelten Änderungen der Meszwertanzeige am Registriergalvanometer bei einer Änderung des Lampenstromes um 1 mA als Funktion des Abstandes vom photoelektrischen Nullpunkt. Der Lampenstrom (Strom für die Beleuchtung der Photozellen des Gravimeters) beträgt etwa 154 mA, die Registrierempfindlichkeit etwa  $6,5 \mu\text{Gal}/\text{mm}$ . Die Untersuchungen wurden unter Benutzung der älteren Askania-Registrieranlage (Galvanometer mit Nachlaufschreiber) mit ungedämpftem Registriergalvanometer bei einer Raumtemperatur von  $14^\circ\text{C}$ , einer Heiztemperatur des Gravimeters von  $40^\circ\text{C}$  und Heizstufe I des äusseren Heizkreises durchgeführt.

Man erkennt, dass - in dem hier untersuchten Bereich - der Verschiebungsbetrag am Registriergalvanometer etwa linear mit dem Abstand des Meszwertes vom photoelektrischen Nullpunkt wächst. Die Meszwertänderung beträgt bei einem Abstand von 100 mm und einer Änderung des Lampenstromes um 1 mA etwa 5 mm, das sind hier etwa  $32 \mu\text{Gal}$ . Die Änderung des Meszwertes ist, wie Abb. 2 zeigt, in dem hier untersuchten Bereich ausserdem etwa linear von der Grösze der Stromschwankungen abhängig. Lässt man einen Fehler von 0,1 bzw. 0,2 mm in der Meszwertanzeige zu (graphische Genauigkeit), so ergeben sich für den Lampenstrom die in Abb. 3 dargestellten zulässigen Schwankungsbeträge.

Ist der photoelektrische Nullpunkt so eingestellt, dass er noch auf der Skala des Registriergalvanometers liegt, so beträgt der maximale Abstand des Meszwertes vom photoelektrischen Nullpunkt bei dem verwendeten Nachlaufschreiber nach WILHELMI der Firma Lange etwa 200 mm (Registrierbreite). Diesem Abstand entspricht im vorliegenden Falle ein zulässiger Schwankungsbetrag des Lampenstromes von 0,01 bzw. 0,02 mA, d.h. der Strom für die Beleuchtung der Photozellen des Gravimeters (154 mA) muss auf etwa 0,01 bis 0,02 mA stabilisiert sein, wenn die durch die Stromschwankungen bedingten Änderungen der Meszwertanzeige (Gang) innerhalb der graphischen Genauigkeit von 0,1 bis 0,2 mm, das entspricht hier 0,65 bis 1,3  $\mu\text{Gal}$ , bleiben sollen. Liegt der photoelektrische Nullpunkt ausserhalb des Registrierbereichs, werden die Anforderungen an die Stromstabilisierung entsprechend höher.

b) Der Einfluss der Stromschwankungen auf die Eichkonstante :

Mit Hilfe der Eichkonstante  $k$  werden die in Längeneinheiten (mm) ermittelten Registrierungsergebnisse in Schwereeinheiten ( $\mu\text{Gal}$ ) umgerechnet. Es ist zunächst die Forderung zu stellen, dass der Einfluss der durch Stromschwankungen bedingten Änderungen der Eichkonstante auf das Umrechnungsergebnis innerhalb der Registriergenauigkeit liegt. Es wird hier ein Grenzwert von  $\pm 1 \mu\text{Gal}$  angenommen.

Die zulässigen Schwankungsbeträge der Eichkonstante sind abhängig vom Betrag der Eichkonstante. Sie ergeben sich aus

$$\Delta g = k \cdot \Delta s \quad (1)$$

zu

$$dk = \frac{d\Delta g}{\Delta s} = \frac{d\Delta g \cdot k}{\Delta g}, \quad (2)$$

wenn  $\Delta s$  und  $\Delta g$  die registrierten Gezeitenunterschiede in [mm] bzw. [ $\mu\text{Gal}$ ] bezeichnen. Bei dem angegebenen Fehlergrenzwert von 1  $\mu\text{Gal}$  und einer maximalen Gezeitenamplitude von 300  $\mu\text{Gal}$  folgt

$$dk = \frac{k}{300} [\mu\text{Gal}, \text{mm}]. \quad (3)$$

Dieser zulässige Schwankungsbetrag ist als Funktion des Betrages der Eichkonstante in Abb. 4 graphisch dargestellt.

Abb. 5 zeigt die aus einem Meszwertausschlag von etwa 728  $\mu\text{Gal}$  bei verschiedenen Lampenströmen ermittelten Eichkonstanten. In dem untersuchten Bereich von 149 bis 154 mA beträgt der Einfluss der Stromänderungen auf die Eichkonstante  $k$  etwa 0,44  $\mu\text{Gal}/\text{mm}$  pro mA Stromänderung. Dieser Einfluss scheint sich mit der Grösze des Lampenstromes etwas zu verringern. Da die von den Stromänderungen verursachten Änderungen in der Meszwertanzeige linear mit dem Abstand des Meszwertes vom photoelektrischen Nullpunkt zunehmen (Abb. 1), ist die damit verbundene Änderung der Eichkonstante (in dem untersuchten Bereich) praktisch unabhängig von der Lage des photoelektrischen Nullpunktes.

Vergleicht man die als Funktion des Lampenstromes ermittelte Änderung der Eichkonstante mit den in Abb. 4 dargestellten zulässigen Änderungen, so ergibt sich für den Bereich der Eichkonstante von etwa 6 bis 9  $\mu\text{Gal}/\text{mm}$  ein zulässiger Schwankungsbetrag des Lampenstromes von  $\pm 0,04$  bis  $\pm 0,07$  mA (Abb. 6). Mit steigender Registrierempfindlichkeit (kleinere Eichkonstante  $k$ ) steigen die Anforderungen an die Stabilisierung des Lampenstromes.

Trotz aller Vorbehalte hinsichtlich der Verallgemeinerung kann aus den Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen gefolgert werden, dass es bei der Erdzeitenregistrierung mit dem Askania-Gravimeter GS 11 (12) zur Vermeidung von systematischen Fehlern, die durch Schwankungen des Stromes für die Beleuchtung der Photozellen verursacht werden, notwendig ist, den Lampenstrom auf einige Hundertstel-Milliampère zu stabilisieren. Es stellt sich daher die Frage, ob die bisher zur Stromstabilisierung verwendeten Spannungskonstanthalter den an sie zu stellenden Anforderungen genügen. Dies soll in einem späteren Beitrag untersucht werden.

Bei den Untersuchungen wurde für die Beleuchtung der Photozellen des Gravimeters eine Lampe 8V, 1W mit grobem Wendel verwendet. Die Typenbezeichnung der Firma Askania lautet 1442-06-0115.

#### L I T E R A T U R

---

[1] BONATZ, M :

Die Bedeutung des photoelektrischen Nullpunktes bei der Erdzeitenregistrierung mit dem Askania-Gravimeter GS 11 (12)

*Marées Terrestres, Bulletin d'Informations N° 41, S. 1564.*

---

Abb. 1

Die Änderung der Meszwert-  
anzeige bei einer Änderung  
des Lampenstromes um 1mA

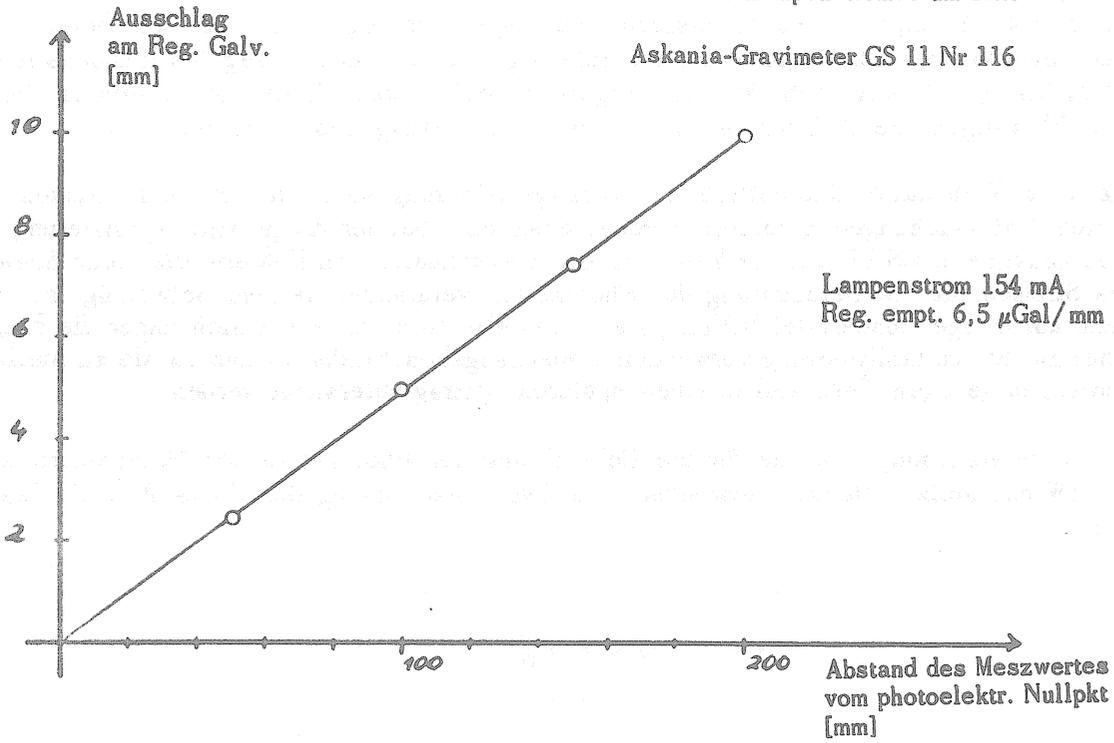


Abb. 2

Die Änderung der Meszwert-  
anzeige in Abhängigkeit vom  
Betrag der Lampenstromänderung

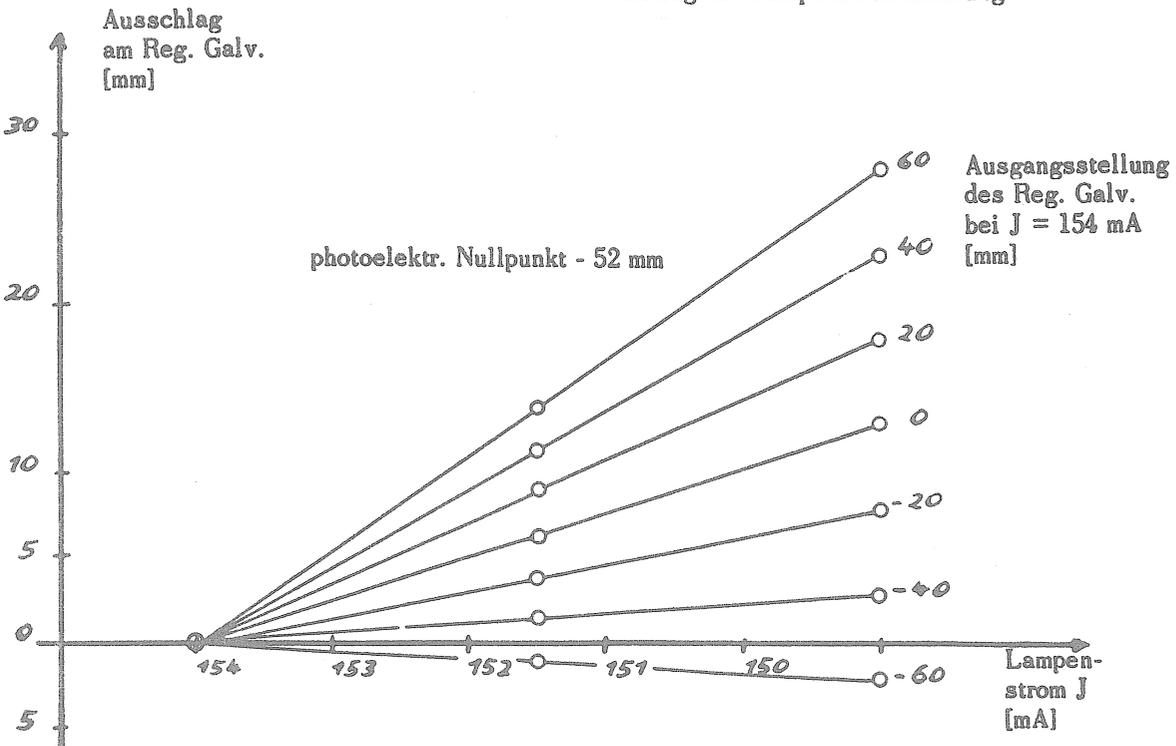


Abb. 3

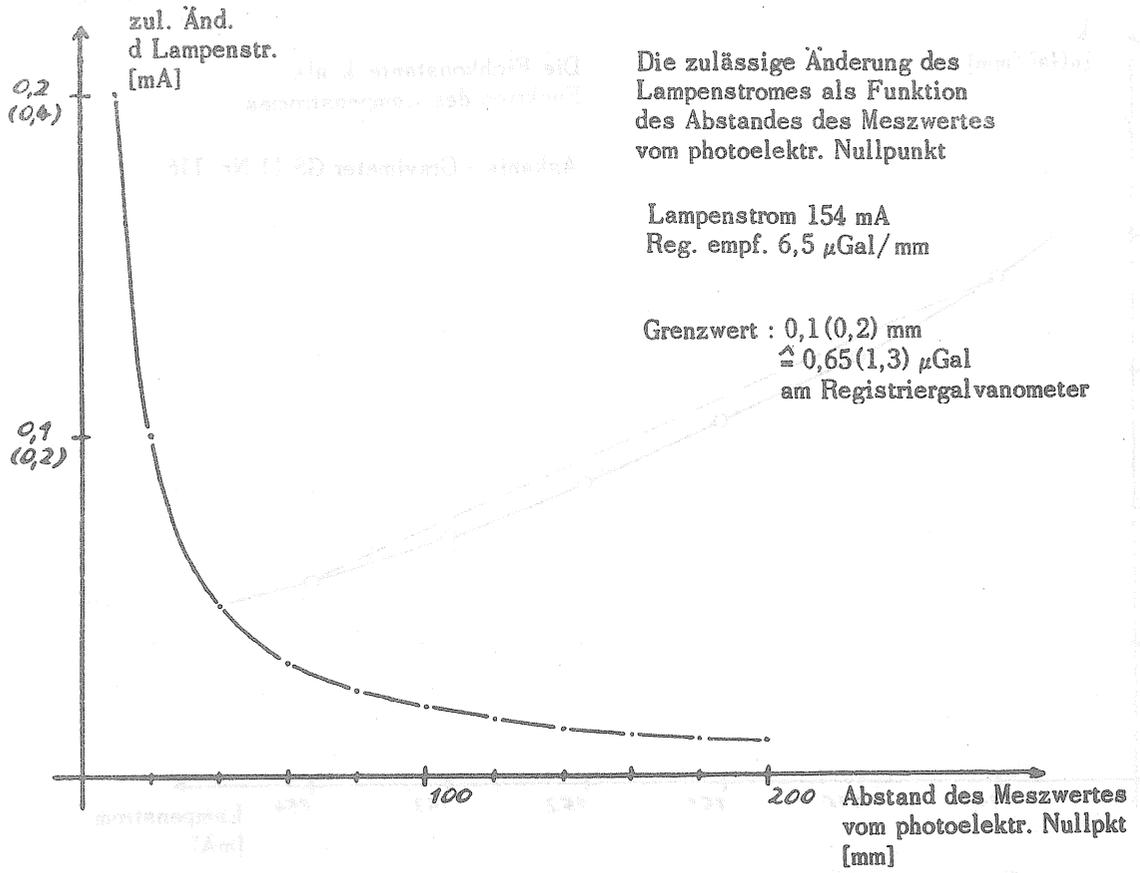


Abb. 4

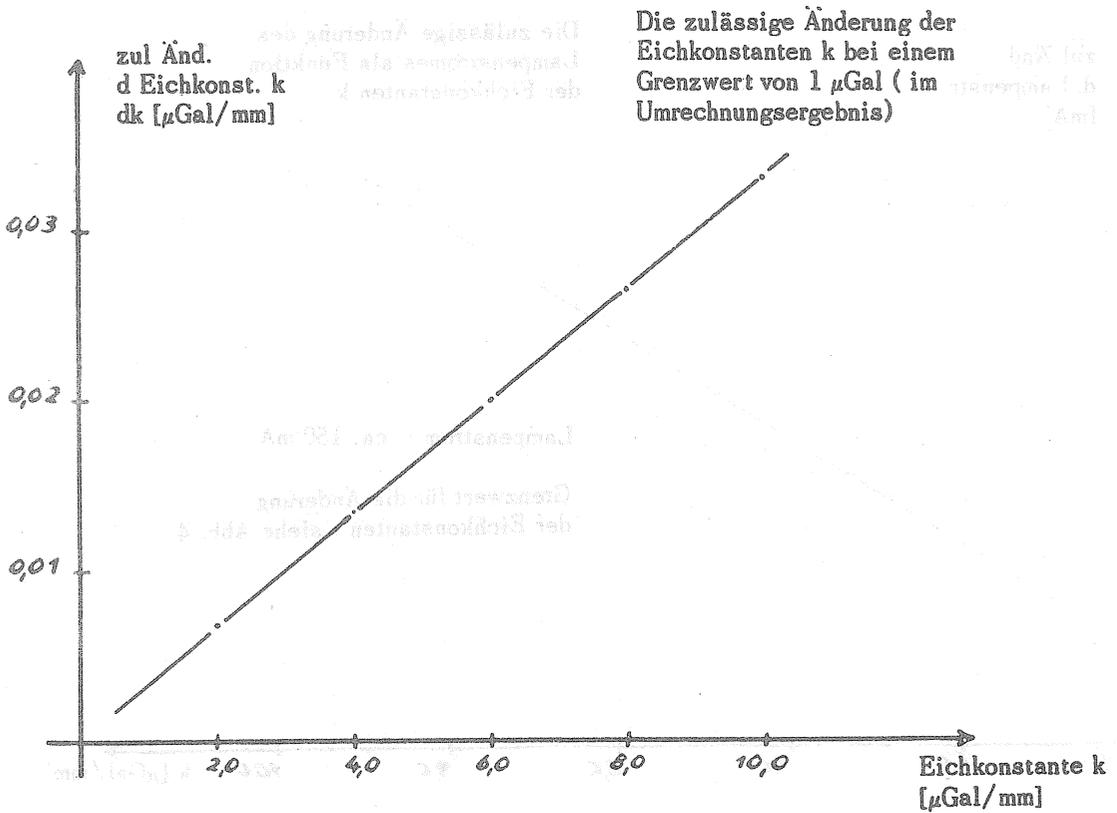


Abb. 5

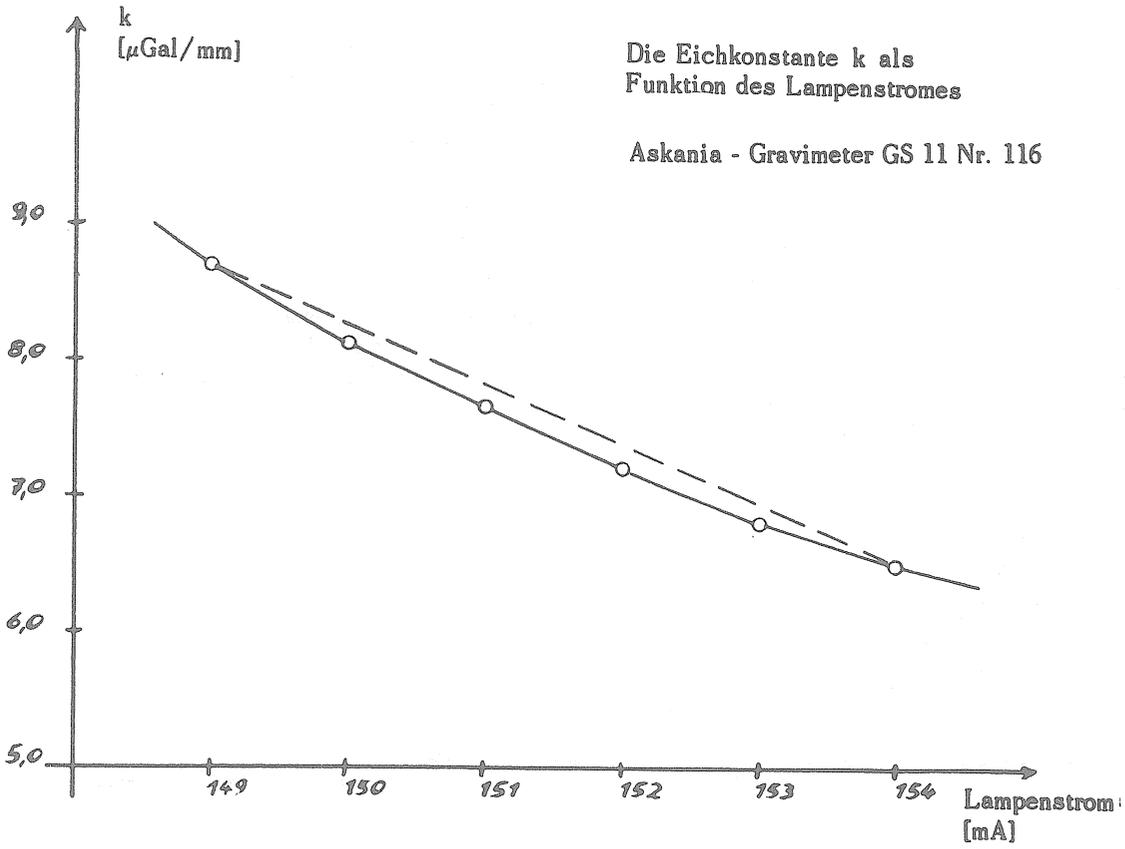
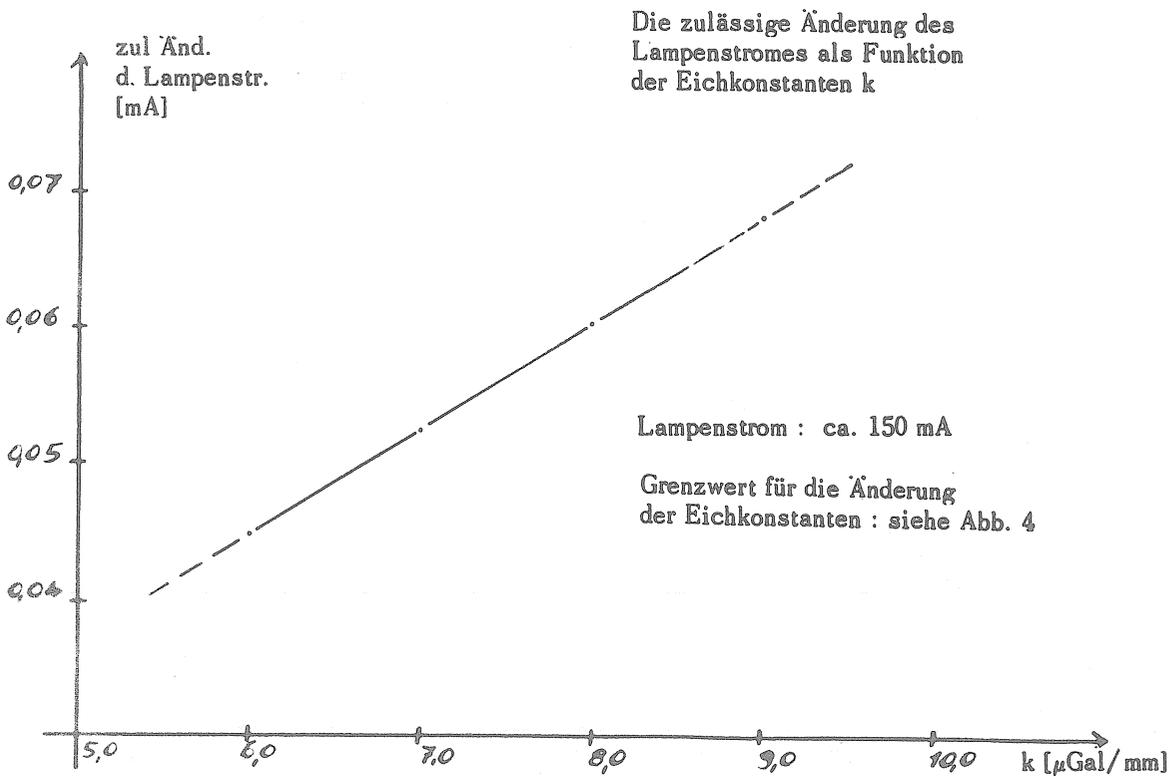


Abb. 6



# DER EINFLUSS DER RAUMTEMPERATUR AUF DAS GALVANOMETER DER ASKANIA-ERDGEZEITENREGISTRIEREINRICHTUNG

von Manfred BONATZ

Institut für theoretische Geodäsie der Universität Bonn

Bei der älteren Askania-Erdgezeitenregistriereinrichtung wird die Lage der Gravimetermasse durch ein hochempfindliches Lichtmarkengalvanometer (Empfindlichkeit etwa  $2 \cdot 10^{-11}$  A/Skt) angezeigt und durch einen Nachlaufschreiber registriert [1]. Während die Innentemperatur des Gravimeters GS 11(12) und damit die Temperatur des Gravimeter-Meszsystems durch einen Doppelthermostaten auf etwa  $\pm 0,01^\circ\text{C}$  stabilisiert wird [2], sind das Registriergalvanometer und im allgemeinen auch alle anderen zur Registrierung notwendigen Zusatzinstrumente gegenüber den Schwankungen der Raumtemperatur nicht geschützt. Es ist daher notwendig, zur Ausschaltung eventueller systematischer Fehler im Registrierergebnis den Einfluss der Raumtemperatur auf die Registriergeräte zu kennen und für jedes einzelne Gerät den zulässigen Betrag der Auszentramperturschwankungen anzugeben. Als Grenzbetrag der Temperaturschwankungen ist dann für die gesamte Registrieranlage derjenige Betrag anzugeben, der dem temperaturempfindlichsten Gerät zugeordnet ist.

Als Registriergalvanometer werden Galvanometer mit Band (Faden) - Aufhängung oder Spannbandlagerung verwendet. Schwankungen der Raumtemperatur wirken sich bei diesen Galvanometern im wesentlichen in dreifacher Weise aus :

- 1) Die Änderung der Temperatur der Spule und des Galvanometermagneten verursacht bei konstanter anliegender Spannung eine Änderung des "elektrischen" Drehmoments.
- 2) Die Änderung der Temperatur der Fäden oder Bänder der Spulenaufhängung bewirkt eine Änderung des Richtmoments.
- 3) Die Null-Lage des Gravimeters ändert sich infolge des Einflusses der Temperatur auf die Einspannzustände an den Einspannstellen der Fäden oder Bänder, infolge von Lageänderungen der Spule, die durch temperaturbedingte Änderungen der Galvanometerhorizontierung hervorgerufen werden, sowie bei Spannbandgalvanometern durch die genannte Änderung des Richtmoments der auch in der Null-Lage meist leicht vortordierten Spannblätter.

## Das elektrische Drehmoment.

Bezeichnen

B die magnetische Induktion in den Luftspalten zwischen dem Polkern und den Polschuhen

des Permanentmagneten,

n die Windungszahl der Spule

h ihre Höhe oder Länge

d ihren Durchmesser

F die Spulenfläche =  $h \cdot d$

I den durch die Spule fließenden Strom,

so beträgt das durch die elektromagnetischen Kräfte hervorgerufene elektrische Drehmoment [3]

$$M_{\circ} = B \cdot d \cdot h \cdot n \cdot I = B \cdot F \cdot n \cdot I \quad (1)$$

Dieses Drehmoment ist proportional dem fließenden Strom ; die möglichen Abweichungen von der Proportionalität und ihre Ursachen werden hier nicht betrachtet.

Bei einem maximalen Ausschlag des Galvanometers von etwa 200 mm (Registrierbreite) soll der Fehler in der Meszwertanzeige nicht mehr als 0,2 (0,1) mm betragen, d.h. der relative Fehler soll nicht grösser als 1,0 (0,5) ‰ sein. Entsprechend darf auch der relative Fehler des Drehmomentes höchstens 1,0 (0,5) ‰ betragen. Von den das elektrische Drehmoment beeinflussenden Größen (Gl.(1) ) ist lediglich die Windungszahl  $n$  konstant, alle anderen Größen sind als temperaturabhängig zu betrachten. Dabei kann jedoch - für die hier in Frage kommenden Temperaturschwankungen - der Einfluss der Temperatur auf die Längenänderungen von  $h$  und  $d$  vernachlässigt werden, da dieser Einfluss nur etwa 0,02 bis 0,03 ‰ pro Grad Temperaturänderung beträgt [4], [5]. Inwieweit die magnetische Induktion  $B$  von der Temperatur beeinflusst wird, dürfte allgemein nicht anzugeben sein ; dieser Einfluss müsste für jedes Galvanometer experimentell ermittelt werden. Es ist jedoch zu erwarten, dass dieser Temperatureffekt unter 1 ‰ pro Grad Temperaturänderung bleibt.

Die Änderung der Temperatur der Spule des Galvanometers beeinflusst ihren elektrischen Widerstand  $R$ , d.h. bei gleicher anliegender Spannung  $U$  ändert sich der Strom  $I$ . Soll der relative Fehler der Stromstärke nicht mehr als 1,0 (0,5) ‰ betragen, so darf sich wegen des Ohmschen Gesetzes

$$\frac{U}{I} = R \quad (2)$$

und

$$\frac{dI}{I} = \frac{\frac{U}{R^2} dR}{\frac{U}{R}} = \frac{dR}{R} \quad (3)$$

der Widerstand  $R$  ebenfalls nur um 1,0 (0,5 ‰) ändern. Nun beträgt aber der Temperaturkoeffizient reiner Metalle für mittlere Temperaturbereiche etwa 4 ‰ pro Grad Temperaturänderung [6], so dass es zur Vermeidung von Temperatureffekten in der Galvanometeranzeige notwendig ist, die Temperatur der Spule auf etwa  $\pm 0,2 (0,1) ^\circ \text{C}$  konstant zu halten.

#### Das Richtmoment.

Das Richtmoment  $M_R$  des tordierten Drahtes oder Bandes der Spulenaufhängung wirkt dem elektrischen Drehmoment  $M_{\circ}$  entgegen. Es ist proportional dem Drehwinkel  $\phi$  der Spule. Bei stehender Galvanometeranzeige sind Richtmoment und elektrisches Drehmoment dem Betrage nach gleich; sie unterscheiden sich nur im Vorzeichen :

$$M_{\circ} - M_R = 0 \quad (4)$$

Da  $M_e = I$  und  $M_R = \phi$ , folgt (mit gewissen Vorbehalten)

$$\phi = I, \quad (5)$$

der Torsionswinkel ist dem durch die Spule fließenden Strom proportional.

Für das Richtmoment gilt [3], [4]

bei Verwendung von Runddraht

$$M_R = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{G}{l} \cdot r^4 \cdot \phi, \quad (6)$$

bei Verwendung von Band

$$M_R = u \cdot \frac{G}{l} \cdot b \cdot h^3 \cdot \phi. \quad (7)$$

Hierbei bedeuten

- l die Länge des Bandes oder Drahtes der Spulenaufhängung,
- r der Radius des Drahtes,
- b die Breite des Bandes,
- h die Dicke des Bandes,
- G den Torsionsmodul des verwendeten Band- oder Drahtmaterials,
- u einen Faktor zwischen 0,14 und 0,33, der eine Funktion des Verhältnisses b/h ist.

Die Ausdehnungsänderungen der Bänder oder Drähte infolge Temperaturänderung wirken sich in dem Faktor  $r^4$  in (6) am stärksten aus. Der relative Fehler des Richtmomentes als Funktion des relativen Fehlers von r beträgt

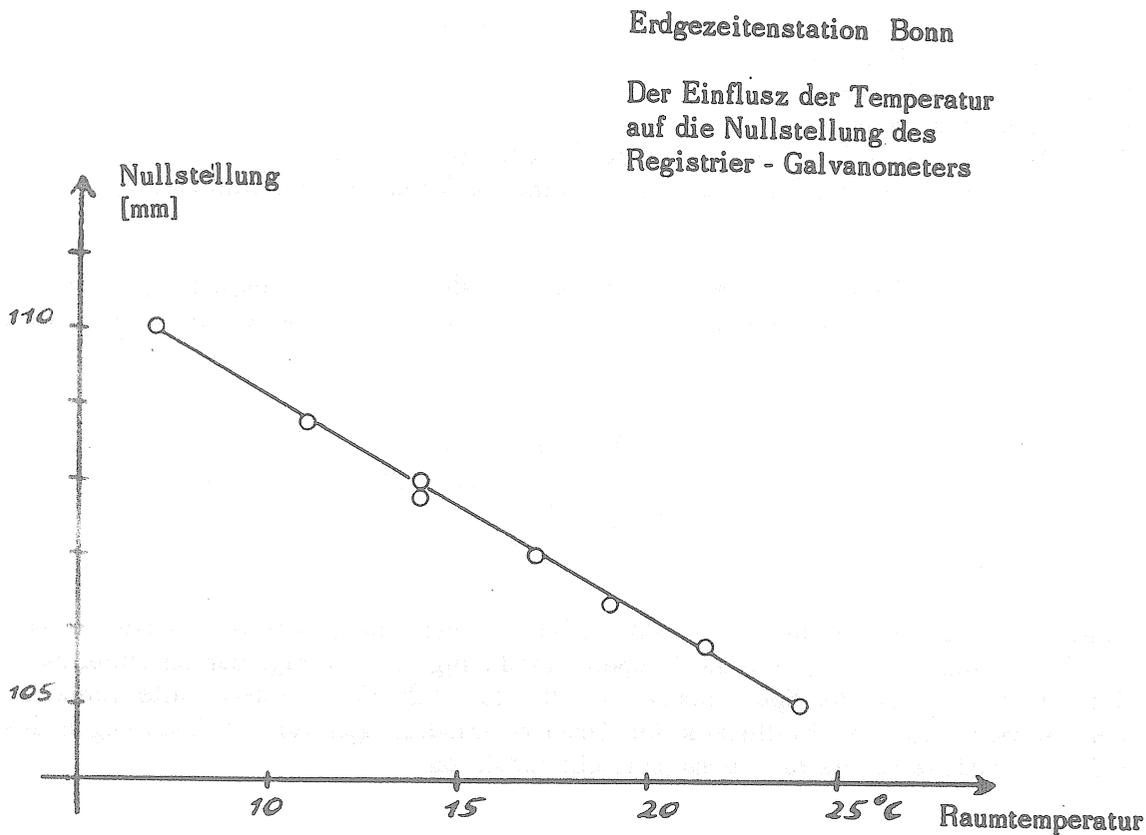
$$\frac{dM_R}{M_R} = \frac{\frac{\pi}{2} \cdot \frac{G}{l} \cdot 4r^3 \cdot \phi \cdot dr}{\frac{\pi}{2} \cdot \frac{G}{l} \cdot r^4 \cdot \phi} = 4 \frac{dr}{r} \quad (8)$$

Einem relativen Fehler in r von 0,03 % (siehe oben) entspricht also im Richtmoment ein relativer Fehler von 0,12 % pro Grad Temperaturänderung, ein Betrag, der im Hinblick auf die zulässigen Schwankungen der Spulentemperatur (0,1 bis 0,2° C) in jedem Falle vernachlässigt werden kann. Bezüglich des Einflusses der Temperaturänderungen auf die Änderungen des Torsionsmoduls gilt dasselbe wie für die magnetische Induktion.

## Die Null-Lage

Die Null-Lage ist die Lage, die die Galvanometerspule in stromlosem Zustand einnimmt. Allgemeingültige Aussagen über die temperaturbedingte Nullpunktwanderung des Galvanometers lassen sich nicht machen. Dieser Einfluss lässt sich jedoch leicht experimentell ermitteln, wenn man die Stellung der Lichtmarke bei kurzgeschlossenem Galvanometer an der Galvanometerskala für verschiedene Auszentemperaturen abliest. Abb. 1 zeigt die Nullpunktwanderung des im Institut für theoretische Geodäsie zur Registrierung verwendeten Spiegelgalvanometers der Firma Siemens (Empfindlichkeit  $2,2 \cdot 10^{-11}$  A/Skt Innenwiderstand  $R_i = 6,8$  k $\Omega$ ). Der Temperatureinfluss beträgt (etwa linear) 3 mm pro 10° C Temperaturänderung, und zwar unabhängig von der Größe des Messwertausschlages. Bei einem zulässigen Fehler von 0,2 (0,1) mm darf also die Raumtemperatur höchstens um 0,7 (0,3)° C schwanken.

Abb. 1



Aus den vorliegenden Untersuchungen folgt, dass der temperaturempfindlichste Teil der Registriergalvanometer im allgemeinen wohl die Galvanometerspule ist und zwar infolge der relativ starken Änderung ihres elektrischen Widerstandes bei Änderungen der Temperatur. Die zulässigen Temperaturschwankungen betragen einige Zehntel Grad C. Wegen dieser geringen Toleranz dürfte es bei stärkeren Schwankungen der Raumtemperatur zweckmässig sein, das Registriergalvanometer in einem temperaturstabilisierten Kasten unterzubringen. Eine andere, einfachere Lösung wäre die, die temperaturbedingte Widerstandsänderung der Galvanometerspule durch einen geeigneten NTC-Widerstand zu kompensieren ; hiermit ist jedoch ein Verlust an Registrierempfindlichkeit verbunden.

Wird der Einfluss der Temperaturschwankungen auf das Registriergalvanometer nicht ausgeschaltet, muss mit systematischen Fehlern im Registrierergebnis gerechnet werden, die den mittleren Registrierfehler - je nach Schwankung der Auszentemperatur - übersteigen können. Beträgt der Abstand des Meszwertes vom Galvanometernullpunkt 100 mm (halbe Registrierbreite), so bewirkt eine Temperaturänderung von 1° C infolge der damit verbundenen Änderung des elektrischen Drehmoments einen Fehler von 4 ‰, entsprechend 0,4 mm, sowie durch die Nullpunktwanderung bei dem untersuchten Galvanometer einen Fehler von 0,3 mm. Im ungünstigen Falle addieren sich die Fehler, so dass der Gesamtfehler etwa 0,7 mm beträgt. Bei einer Registrierempfindlichkeit von 5  $\mu$ Gal/mm entspricht das bereits einem systematischen Fehler im Meszwert von etwa 4  $\mu$ Gal, wobei sich der Anteil aus der Nullpunktwanderung als Gang, der aus der Änderung des elektrischen Drehmoments sowohl als Gang als auch als Änderung der Eichkonstante auswirkt. Dieser Einfluss der Temperatur auf die Eichkonstante k beträgt pro Grad Temperaturänderung ebenfalls 4 ‰, gegenüber einem zulässigen relativen Fehler von 3 ‰ bei einem Fehlergrenzwert im Umrechnungsergebnis von 1  $\mu$ Gal, vgl. [7].

Wegen der Schwierigkeiten bei der Eichung der Registriergravimeter und der Bestimmung nicht - linearer Gänge, besonders als Folge relativ kurzperiodischer Temperaturschwankungen, sollte die Raumtemperatur in der Gezeitenstation sorgfältig kontrolliert werden, und bei eventuell vorhandenen grösseren Temperaturschwankungen der Einfluss dieser Schwankungen auf die Registriergeräte, hier das Registriergalvanometer, durch geeignete Massnahmen ausgeschaltet werden.

## L I T E R A T U R

---

- [1] ASKANIA - WERKE :  
Gebrauchsanleitung zur Erdzeitenregistrieranlage,  
*Berlin 1956.*
- [2] ASKANIA - WERKE :  
Gebrauchsanleitung zum Schweremesser GS 11,  
*Berlin 1956.*
- [3] SCHLOSSER, E.G., WINTERLING, K.H.  
Galvanometer,  
*Verlag Braun, Karlsruhe, 1960.*
- [4] WESTPHAL, W.H.  
Physikalisches Wörterbuch  
*Springer-Verlag, Berlin, 1952.*
- [5] GERTHSEN, C.  
Physik  
*Verlag Volk und Wissen, Berlin, 1949.*
- [6] WOLF, F.  
Grundzüge der Physik,  
*Band II, Verlag Braun, Karlsruhe, 1954.*
- [7] BONATZ, M.  
Der Einfluss von Schwankungen des Stromes für die Beleuchtung der Photozellen auf die  
Meszwertanzeige des Askania-Gravimeters GS 11 Nr. 116  
*Marées Terrestres, Bulletin d'Informations, N° 42.*
-

SUR L'ETUDE DU MOUVEMENT DE L'AXE INSTANTANE DE ROTATION DE LA TERRE

par

E.P. FEDOROV

Travaux de la 10ème Conférence Astrométrique de l'Union Soviétique  
(Acad. Sciences URSS, Leningrad 1954)

ОБ ИЗУЧЕНИИ ДВИЖЕНИЯ МГНОВЕННОЙ ОСИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ.

Е.П. Фёдоров.

Труды 10-й Всесоюзной Астрометрической Конференции.  
Акад. Наук СССР Ленинград 1954.

1. A la fin du siècle passé, il est apparu que l'on peut déduire quelques conclusions sur les propriétés mécaniques du globe terrestre à partir des données sur le mouvement des pôles à la surface de la Terre. Précédemment déjà V. Thomson s'était servi des données relatives au mouvement de l'axe instantané de rotation de la Terre dans l'espace pour vérifier l'hypothèse largement répandue à cette époque que le noyau de la Terre était un noyau de feu liquide.

La théorie de la précession nutation est basée comme on le sait sur l'hypothèse de la rigidité absolue de la Terre. Thomson a considéré le fait que le mouvement de l'axe de rotation de la Terre s'effectue en concordance complète avec les conclusions de cette théorie, comme un argument décisif contre l'hypothèse du noyau liquide.

Mais peut-on considérer cette conclusion comme définitive ? Est-il exact qu'entre les conclusions de la théorie classique de la précession et de la nutation d'une part et les données d'observations d'autre part il n'y ait pas de divergences, ou bien ces divergences sont elles si peu importantes qu'on n'ait pas réussi jusqu'à présent à les découvrir ?

La réponse à ces questions ne peut être donnée que par les observations. Nous considérons qu'une telle réponse se dessine avec certitude ces derniers temps et est à l'opposé de celle que donnait à son époque Thomson : le mouvement de l'axe instantané de rotation de la Terre dans l'espace ne correspond pas tout à fait au mouvement théorique.

2. Cela concerne essentiellement l'oscillation semi-mensuelle de l'axe de la Terre. Jusqu'à présent nous avons attiré l'attention sur le fait que l'amplitude observée pour cette oscillation est plus grande que sa valeur théorique [1]. Cette déduction était basée sur le fait que dans les variations de latitude on trouve de façon tout à fait sûre une onde semi-mensuelle de la forme :

$$A \sin (2 \zeta - \alpha + \beta), \quad (1)$$

où  $\zeta$  est la longitude moyenne de la Lune,  $\alpha$  l'ascension droite de la paire d'étoiles observées, et  $\beta$  la phase initiale.

Depuis peu, A. Ya Orlov a découvert dans les variations de la latitude une autre onde semi-mensuelle, dont l'aspect est :

$$A_1 \sin (2 \zeta + \alpha + \beta_1), \quad (2)$$

Après avoir réduit les observations de Poulkovo d'après un programme élargi, il trouva pour l'amplitude, la valeur [2] :

$$A_1 = 0^{\circ}003 \pm 0^{\circ}002.$$

Il était d'un grand intérêt de vérifier si cette onde existe aussi dans les autres séries d'observations de latitude. Nous avons utilisé pour cette vérification les observations des stations de Carloforte et Ukiah de 1900 à 1934. Dans les deux cas l'onde de type (2) se manifeste d'une façon tout à fait certaine.

En réunissant les résultats obtenus pour les deux stations, nous avons trouvé :

$$\begin{array}{ccc} 0^{\circ}0034 \sin (2 \zeta + \alpha + 22^{\circ}) & & (3) \\ \pm 6 & & \pm 11 \end{array}$$

3. Il convient maintenant d'attirer l'attention sur le fait que pour l'onde de la forme (1), la phase initiale  $\beta$  était toujours petite mais toujours négative. Nous pensons que ce fait n'est pas accidentel.

Apparemment, le mouvement semi-mensuel de l'axe de rotation de la Terre provient d'un certain retard de phase par rapport aux variations du moment des forces extérieures qui provoquent cette oscillation.

4. Si on utilise les valeurs tabulaires des coefficients des termes de nutation, les variations semi-mensuelles des déclinaisons apparentes peuvent être représentées, comme on le sait, par la formule suivante :

$$\Delta \phi = - 0^{\circ}081 \sin 2 \zeta \cos \alpha + 0^{\circ}088 \cos 2 \zeta \sin \alpha \quad (4)$$

En soustrayant du second terme de cette égalité l'expression (3) et l'expression que nous avons trouvée précédemment pour l'onde de la forme (1), à savoir :

$$\begin{array}{ccc} 0^{\circ}0106 \sin (2 \zeta - \alpha) - 0^{\circ}0013 \cos (2 \zeta - \alpha), & & (5) \\ \pm 7 & & \pm 7 \end{array}$$

Nous obtenons après quelques transformations :

$$\Delta\phi = - 0^{\text{m}}095 \sin(2 \zeta - 0.1) \cos \alpha + 0^{\text{m}}095 \cos(2 \zeta - 1^{\circ}5) \sin \alpha \quad (6)$$

$\pm 1 \qquad \pm 0.5 \qquad \pm 1 \qquad \pm 0.5$

On en conclut que outre ce que nous venons déjà d'indiquer, il y a encore un désaccord entre les déductions de la théorie classique de la nutation et les résultats des observations : la valeur théorique du rapport des coefficients pour  $\sin 2 \zeta$  et  $\cos 2 \zeta$  est égale à 0.92, mais la valeur trouvée par les observations est de 1.00.

5. Il est naturel de penser que les divergences relevées dans le cas du terme de nutation semi-mensuelle, entre la théorie et les données d'observation (notamment la différence entre les valeurs théoriques et observées des coefficients du terme de nutation en obliquité et en longitude ainsi que le retard de phase) pourront être décelées également pour d'autres composantes du mouvement de l'axe instantané de rotation de la Terre.

Il est du plus haut intérêt d'étudier à ce point de vue les principaux termes de la nutation. L'analyse des corrections de la constante de nutation obtenues par les données des observations de latitude [3], donne certaines indications sur le fait que le rapport observé des coefficients des termes principaux de la nutation en obliquité et en longitude diffère sensiblement du rapport théorique (0,744). Nous avons trouvé que les valeurs de ces corrections dépendaient des ascensions droites des paires d'étoiles à partir desquelles elles sont déterminées. L'inexactitude dans la valeur admise du rapport des coefficients des termes principaux de la nutation est la cause de ce que dans la forme de ces corrections (disposées suivant les valeurs croissantes de  $\alpha$ ) apparaît une onde "semi-annuelle". Une telle onde a été en effet découverte par nous. Cependant il convient de signaler que la cause que nous avons indiquée pour son apparition n'est pas la seule.

Apparemment on n'a fait jusqu'à ce jour qu'un essai de détermination du retard de phase de la nutation (nous avons ici en vue les termes principaux de la nutation). A la 8ème assemblée de la Société Américaine d'Astronomie en 1948, Morgan a annoncé qu'il essayait de trouver ce retard d'après les observations des étoiles voisines du pôle à Washington en 1903-1925 [4].

Les résultats sont les suivants :

d'après les ascensions droites .....  $0^{\circ}22 \pm 0^{\circ}06$   
d'après les déclinaisons .....  $0^{\circ}00 \pm 0.08$

En moyenne le retard est égal à  $0^{\circ}11$ , ce qui correspond à peu près à deux jours. A notre avis, ces résultats ne sont pas tout à fait convaincants. De toute façon ils exigent une vérification ultérieure et une amélioration au moyen d'une accumulation de données plus larges d'observations.

6. Si on représente le terme de la nutation de 19 ans dans les valeurs des déclinaisons apparentes sous la forme :

$$\Delta \delta = - (N + \Delta N) [(n + \Delta n) \sin (\delta - \gamma) \cos \alpha - \cos (\delta - \gamma_1) \sin \alpha], \quad (7)$$

alors il convient de chercher dans les variations de latitude, une onde de la forme

$$\Delta \phi = A \sin (\delta - \alpha) + B \cos (\delta - \alpha) + A_1 \sin (\delta + \alpha) + B_1 \cos (\delta + \alpha), \quad (8)$$

où

$$\left. \begin{aligned} A &= \frac{1}{2} N \Delta n + \frac{1+n}{2} \Delta N ; B = \frac{N}{2} (\gamma_1 + n\gamma) ; \\ A_1 &= \frac{1}{2} N \Delta n + \frac{1-n}{2} \Delta N ; B_1 = \frac{N}{2} (\gamma_1 - n\gamma). \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Kimura [5] a découvert des ondes d'arguments  $\delta - \alpha$  et  $\delta + \alpha$  dans les variations non polaires de la latitude des stations internationales, cependant il ne leur a donné aucune explication.

Après avoir repéré dans une forme un peu plus rigoureuse l'analyse du terme z d'après les observations de 1922-1934, effectuée précédemment par Kimura, nous obtenons :

$$\Delta \phi = - 0^{\circ}023 \sin (\delta - \alpha) + 0^{\circ}002 \cos (\delta - \alpha) + 0^{\circ}007 \sin (\delta + \alpha) + 0^{\circ}014 \cos (\delta + \alpha). \quad (10)$$

En outre, en utilisant la même méthode nous avons trouvé ces ondes dans les variations de latitude des stations de Carloforte, Mizusawa et Ukiah de 1900 à 1914. Pour ce cycle d'observations nous avons obtenu :

$$\Delta \phi = - 0^{\circ}006 \sin (\delta - \alpha) + 0^{\circ}011 \cos (\delta - \alpha) + 0^{\circ}014 \sin (\delta + \alpha) + 0^{\circ}006 \cos (\delta + \alpha). \quad (11)$$

Dans chacun des cycles examinés, ces ondes se sont manifestées d'une façon assez sûre. Cependant les résultats pour les cycles séparés coïncidaient mal entre eux. Cela s'explique par le fait que les deux séries d'observations de latitude que nous avons examinées étaient plus courtes que la période de révolution des noeuds de l'orbite lunaire. Dans ce cas, les ondes d'arguments  $\delta + \alpha$  et  $\delta - \alpha$  ne se séparent pas complètement l'une de l'autre ni également de l'onde annuelle et de l'onde d'argument  $\delta$  qui probablement est renfermée également dans les variations de latitude.

7. Les résultats préliminaires que nous donnons montrent que :

- a) Les ondes d'arguments  $\Omega - \alpha$  et  $\Omega + \alpha$  existent sans aucun doute dans les observations de latitude ; il s'ensuit que les corrections  $\Delta N$ ,  $\Delta n$ ,  $\gamma$  et  $\gamma_1$  que nous avons introduites ne sont pas nulles ;
- b) On ne peut déterminer les valeurs numériques de ces corrections sur la base des données de l'analyse harmonique de ces cycles d'observations dont la durée est plus petite que la période des variations de  $\Omega$  ; les résultats seront inévitablement faussés par des erreurs systématiques importantes.
- c) Pour répondre au but poursuivi, il faut effectuer l'analyse de séries plus longues. Nous avons déjà entrepris ce travail.

8. L'oscillation semi-annuelle de l'axe de rotation de la Terre mérite aussi une grande attention. Cependant nous avons rencontré beaucoup de difficultés dans notre tentative de détermination de son amplitude par les observations. Le fait que l'erreur sur les coefficients de  $\sin 2\Theta$  et  $\cos 2\Theta$  dans les expressions de la nutation en obliquité et en longitude peut être la cause de l'apparition de l'onde annuelle dans les variations non polaires de la latitude.

9. Le but final du travail dont nous avons exposé brièvement le sujet dans la présente communication est avant tout la détermination des propriétés mécaniques du noyau de la Terre.

Quant à ces valeurs, c'est-à-dire les coefficients et les phases initiales des termes fondamentaux des séries de nutation, il faut également les calculer théoriquement, en partant de différentes hypothèses sur la structure interne de la Terre exactement comme l'a fait, il y a peu de temps, M.S. Molodenskii pour la période de la nutation libre et pour les coefficients qui caractérisent les marées de la force de pesanteur. Il faut par conséquent développer une théorie rigoureuse du mouvement de rotation de la Terre avec un noyau visqueux et une enveloppe hétérogène élastique.

Je voudrais attirer l'attention des théoriciens sur la solution de ce problème qui, à proprement parler, était le but fondamental de la présente communication.

#### BIBLIOGRAPHIE

1. E.P. FEDOROV et E.Y. EVTOUCHENKO  
Rapport  
*Ac. des Sc. URSS ; 85. N° 4, 731-732, 1952*
2. A. Ia ORLOV  
*Circul. Astron. N° 126, 19-20, 1952*
3. E.P. FEDOROV  
Rapport  
*Ac. des Sc. URSS 80, N° 4, 569-572, 1951*
4. H. R. MORGAN  
*A.J. , 54, 5, 1949*
5. H. KIMURA  
*Results of Intern. Latitude Service from 1922. 7 to 1935. O. Mizusawa, 1940.*

## EINE BEMERKUNG ZUR EICHUNG VON GRAVIMETRISCHEN GEZEITENREGISTRIERUNGEN

durch

Dietrich Simon, Uwe Walzer

Institut für theoretische Physik und Geophysik, Freiberg

In der Zeit vom 26.4. - 4.6.1965 wurden im Messstollen der Erdzeitenstation Berggesshübel des Institutes für theoretische Physik und Geophysik, Bergakademie Freiberg Registrierungen der gezeitenbedingten Schwereänderungen mit Hilfe des Askania-Gravimeters GS 11 Nr. 188 durchgeführt. Es handelte sich um ein im Jahre 1964 gebautes Instrument, dessen Druckempfindlichkeit durch Druckkammerversuche im Februar 1965 zu  $0,3 \mu\text{gal}/\text{Torr}$  bestimmt wurde. Das Gravimeter war durch einen besonderen Kunststoffbehälter mit abnehmbarem Deckel gegen Temperatureinwirkungen weitgehend geschützt. Dieser bestand aus einer 5 mm starken Schicht aus Vinidur, die einen inneren Behälter aus Hartfaserplatten umschloss, der mit einer 2 cm starken Schicht des wärmeisolierenden Kunststoffes Piatherm (Wärmeleitzahl 0,02 CGS) verkleidet war. Ausserdem wurde die Temperatur in der Messkammer durch eine Klimaanlage mit einer Genauigkeit von  $\pm 0,2^\circ \text{C}$  konstant gehalten. Die auf diese Weise erhaltenen Aufzeichnungen besitzen, wie die Abbildungen 1 und 2 zeigen, eine gute Qualität.

Zur Untersuchung des Luftdruckeinflusses auf den Nullpunktsgang des Gravimeters wurden wie in [1] die 5-stündigen Gangdifferenzen mit den entsprechenden Werten des Luftdruckes verglichen, der ebenfalls einer Ganganalyse nach Percev unterworfen wurde. Hierzu wurden die Beobachtungsergebnisse der etwa 40 km entfernten Wetterwarte Dresden-Klotzsche verwendet, die stündlich und mit einer Genauigkeit von 0,1 Torr vorlagen. Aus Abbildung [3] geht hervor, dass an den Eichtagen oder zur Zeit von Nachtstellungen der Mikrometerschraube infolge des linearen Ganganteiles ausserordentlich starke Gangstörungen auftreten, die im Durchschnitt 2 volle Tage anhalten. Offenbar handelt es sich um elastische Nachwirkungserscheinungen am System, die sich über mehrere Stunden hinziehen. Der dadurch verursachte Fehler lässt sich durch das Percev'sche Approximationsverfahren nicht ausgleichen. Bezüglich der bisherigen Eichmethode müssen daher ernste Zweifel geltend gemacht werden.

Während dieser künstlichen Störungen des Nullpunktsganges ist ein Vergleich mit den Luftdruckschwankungen nicht möglich. In den verbleibenden Messabschnitten lässt sich ein gewisser Zusammenhang mit den Luftdruckvariationen vermuten, wobei einer Luftdruckerhöhung eine positive Schwereänderung entspricht. Wenn auch berücksichtigt werden muss, dass die Störungen des Percev'schen Ganges durch die mit dem Rechenverfahren verbundene Glättung zeitlich verlängert werden, muss damit gerechnet werden, dass durch die elastischen Nachwirkungen der wahre Empfindlichkeitswert in  $\text{cm}/\mu\text{gal}$  in Wirklichkeit zu klein angegeben wird. Ein weiterer Fehler tritt durch die Überlagerung der luftdruckbedingten Störungen auf, die zum Beispiel am 12. - 13.5.1965 recht beträchtlich sind.

Zur Verbesserung der Empfindlichkeitsbestimmungen wird vorgeschlagen, nach Möglichkeit immer zwei Gravimeter parallel registrieren zu lassen, die abwechselnd alle 16 Tage geeicht werden, so dass man für jedes Gravimeter ungestörte Registrierungen von der Dauer einer harmonischen Analyse erhält. Die Empfindlichkeit der Geräte ist so zu wählen, dass möglichst wenig Nachstellungen infolge des linearen Ganganteiles erforderlich sind. In diesem Zusammenhang sei darauf verwiesen, dass die gezeigten Registrierungen bereits mit einer Empfindlichkeit von  $54 \mu\text{gal}/\text{cm}$  vorgenommen wurden, die geringer ist als die sonst üblichen Werte (z.B. bei MELCHIOR [2]  $1 \text{ cm} = 29 - 33 \mu\text{gal}$ ). Der verschiedentlich geäußerte Vorschlag, zur Ausschaltung des Luftdruckfehlers die Gravimeter jeden Tag zu eichen, erscheint auf Grund der vorliegenden Ergebnisse wenig sinnvoll zu sein. Falls sich aus den ungestörten Gravimetraufzeichnungen die Luftdruckstörungen besser eliminieren lassen, bietet sich die Möglichkeit eines Überkreuzvergleiches der Eichwerte an. Während der Eichung des einen Gravimeters registriert das andere Gerät die Luftdruckstörungen unverfälscht weiter, die dann zur Korrektur des Empfindlichkeitswertes beim ersten Gravimeter verwendet werden. Bei guter Korrelation mit dem Luftdruck könnte man aus dem Percey'schen Luftdruckgang rückwärts auf den wahren Luftdruckverlauf schliessen und damit den Störungsanteil abschätzen. Die damit etwas genauer erhaltenen Eichwerte könnten durch den Vergleich der  $M_2$ -Tiden jeweils auf das andere Gravimeter übertragen werden. Jedoch wird hiermit noch nicht der Einfluss der elastischen Nachwirkungen erfasst, die nach Abzug der Luftdruckstörungen unmittelbar an den Registrierungen genauer untersucht werden müssen.

#### L I T E R A T U R

---

1. SIMON, D.

Zum Nachweis luftdruckbedingter Krustenbewegungen mit Hilfe von Horizontalpendeln.  
*Centre Intern. des Marées Terr. Obs. R. de Belg. Bull. d'Inform. Nr 40 (1965) S. 1486-1500*

2. MELCHIOR, P.J.

Résultats de seize mois d'enregistrement de la marée à l'Observatoire Royal de Belgique (Uccle) à l'aide du Gravimètre Askania n° 145.  
*Ann. de l'Obs. R. de Belg., Ser. Géophys. N° 53 (1960)*

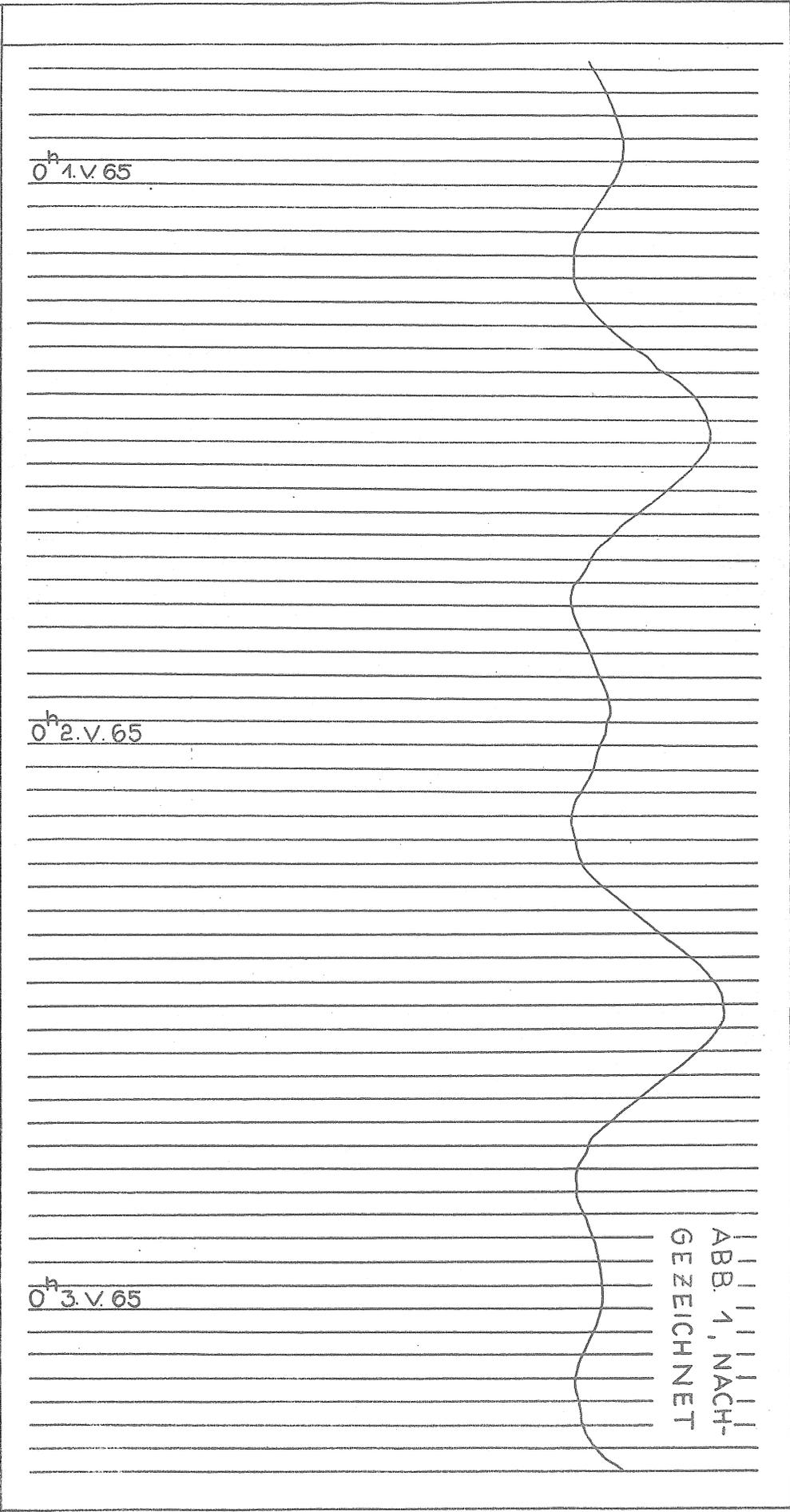
---

0<sup>h</sup> 1.v.65

0<sup>h</sup> 2.v.65

0<sup>h</sup> 3.v.65

ABB. 1, NACH-  
GEZEICHNET



0<sup>h</sup> 13.V. 65

0<sup>h</sup> 14.V.65

ABB. 2, NACH-  
GEZEICHNET

0<sup>h</sup> 15.V.65

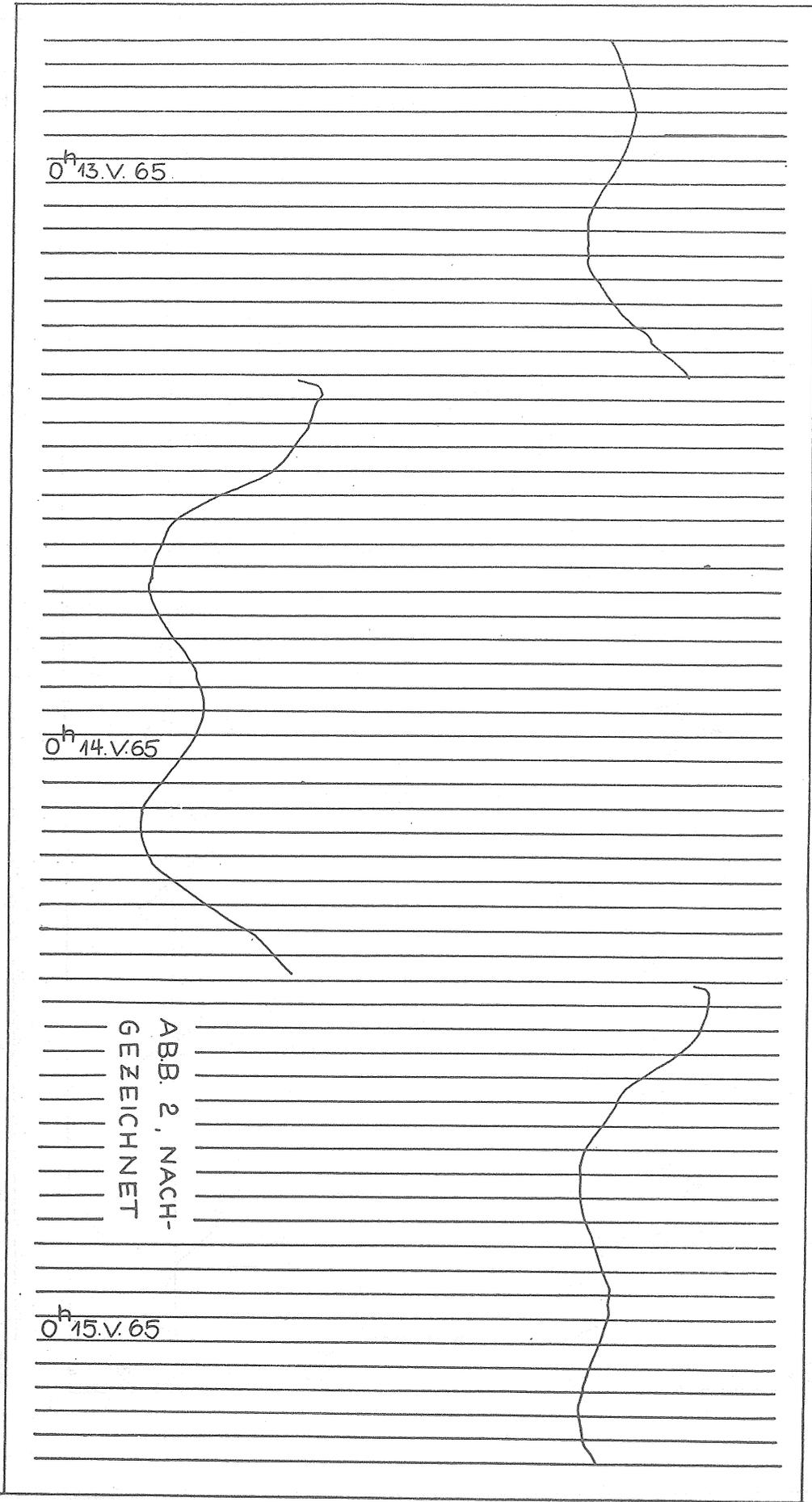
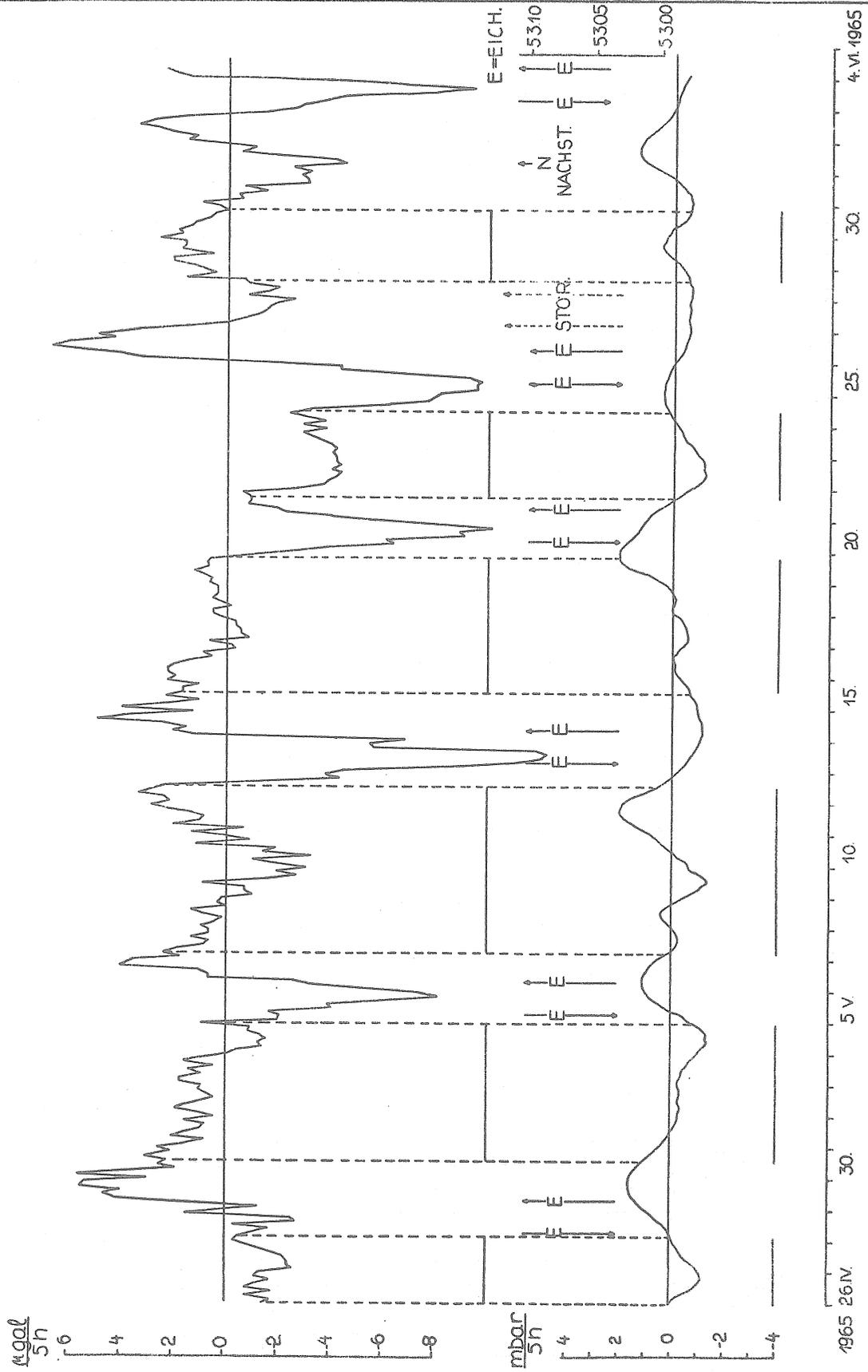


ABB. 3



Voeu adopté par la Commission Gravimétrique Internationale lors de la réunion de Paris en septembre 1965 et intéressant l'activité de la Commission Permanente des Marées Terrestres.

SECULAR VARIATIONS in GRAVITY

Resolution n° 3

The International Gravity Commission,

recognizing the importance of determining the magnitude of secular variations in gravity,

recommends that the International Association of Geodesy should form a Special Study Group to consider both the theoretical and practical aspects of this question. This Special Study Group should work in closer collaboration with the International Commission for Earth Tides.

VARIATIONS SECUAIRES de la PESANTEUR

Voeu n° 3 :

La Commission Gravimétrique Internationale ,

reconnaissant l'importance qui s'attache à la connaissance des variations séculaires possibles de la pesanteur,

recommande que l'Association Internationale de Géodésie forme un Groupe d'Etudes Spécial pour examiner les aspects théoriques et pratiques de cette question. Ce Groupe d'Etudes Spécial devrait travailler en étroite collaboration avec la Commission Internationale des Marées Terrestres.

Prix Charles Lagrange de Physique du Globe.

L'Académie Royale de Belgique a attribué le prix Charles Lagrange (15ème période quadriennale) à Mr. Hitoshi Takeuchi pour sa contribution à l'étude de la composition de la Terre (5 décembre 1964).

