MAREES TERRESTRES

BULLETINS d'INFORMATIONS

N^ 40 15 juillet 1965

Association Internationale de Géodésie

Commission Permanente des Marées Terrestres

Editeur: Prof Paul M E L C H I O R
Observatoire Royal de Belgique
3, Avenue Circulaire
Bruxelles, 18

Bulletin d'Information des Marées Terrestres nº 40

Table des Matières.

Iou. S. DOBROCHOTOV, B.P. BELIKOV, Ian CHOUE-DSE, Siou BIN-LIN (<i>Traduction)</i> Variations de marées de la force de pesanteur à Lantschou en 1959
A.K. IVANOVA (Traduction) Résultats des observations des déviations de la verticale à l'Observatoire Astronomique Engelhardt.
D. SIMON Zum Nachweis luftdruckbedingter Krustenbewegungen mit Hilfe von Horizontalpendeln
M. BONATZ Erfahrungen mit der neuen Registrieranlage zu den Askania-Gravimetern GS 11 und GS 12.
M. BONATZ Zur Bestimmung des günstigsten Dämpfungswiderstandes bei der Erdgezeitenregistrierung mit dem Askania-Gravimeter GS 11 in Verbindung mit Lichtmarkengalvanometer und Nachlaufschreiber
P. MELCHIOR Sur l'effet de l'Océan Atlantique dans la différence de phase des ondes M ₂ et S ₂ constatée par les stations clinométriques d'Europe occidentale
Table des matières N° 31 à 40.

VARIATIONS DE MAREES DE LA FORCE DE PESANTEUR A LANTSCHOU EN 1959

par

lou. S. Dobrochotov, B.P. Belikov, Ian Choue-Dse, Siou Bin-Lin

Recherches sur les Marées Terrestres Article N° 2, Publ. Acad. Sc. URSS Moscou 1961

ПРИЛИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В ЛАНЬЧЖОУ В 1959 г.

9 С. Доьрохомоб, Б.Д. Беликоб, Ян Хуз-дзе, Сю Бин-лин

Изучение Земных приливов Сборник статей № 2 Издат. Акад. Наук СССР Москба 1961

Les observations de marées terrestres dans les stations à l'intérieur des continents présentent un intérêt particulier, puisque l'influence déformante des marées océaniques diminue avec l'éloignement du bord de la mer.

Considérant cette circonstance, les Académies des Sciences d'URSS et de Chine organisèrent des mesures en commun de la composante verticale des marées en Chine Centrale dans la station séismique de Lantschou.

Tout l'appareillage de mesure appartenait à l'Académie des Sciences de l'URSS, tandis que l'équipement auxiliaire appartenait à l'Académie des Sciences de Chine. L'exécution du travail a été confié aux collaborateurs de l'Institut de Physique de la Terre de l'Académie des Sciences d'URSS et de l'Institut de Géodésie et de cartographie de l'Académie des Sciences de Chine: B.D. Belikov, Iou. S. Dobrochotov, Ian Choue-Dsé et Siou Ben-Lin, qui remplit simultanément le rôle de traducteur. L'étudiant Tchen Ta-Iouan de l'Université de Pékin prit également part aux observations. Le directeur de l'Institut de Géodésie et de cartographie, le professeur Dan-Tzioun prit une part effective dans l'organisation des mesures et dans le montage de l'équipement. Les travaux durèrent du 11 juin au 22 août 1959.

Les gravimètres GS-11 (N° 124 et N° 135) avec galvanomètres * et enregistreurs adaptés pour l'enregistrement photographique [1] ont été installés dans un local instrumental de la station séismique.

La station séismique de Lantschou (altitude au dessus du niveau de la mer : 1553 m.) se trouve à peu près à 1,5 km de la ville et environ à la même distance de la rive gauche du fleuve Chouanche. La structure géologique de la région où la station est située n'a pas été étudiée en détail. On suppose que la capacité de la couche de loess qui se trouve sur schistes métamorphosés atteint sous le bâtiment de la station quelques dizaines de mètres.

^{*} Sensibilité du galvanomètre du gravimètre N° 124 : S. = 0,73.10⁻¹¹ a/mm.m ; de la résistance : intérieure $R_{\rm g}$ = 5,4 k. ohms, critique $R_{\rm a}$ = 500 k. ohms : sensibilité du galvanomètre N° 135 : S = 2,3.10⁻¹¹a/mm.m ; $R_{\rm g}$ = 4,1 k. ohms : $R_{\rm a}$ = 500 k. ohms.

Le bâtiment de service de la station a été construit en 1954-1955, il est contigu à la colline de loess. Le local pour les instruments est séparé du bâtiment principal par un corridor d'une longueur d'environ 17 m., séparé par cinq portes : il est au même niveau que le bâtiment de la station et est enfoncé dans le pied de la colline. Pour une meilleure isolation thermique on a déversé en haut une couche de loess d'une épaisseur d'environ 2 m. A l'intérieur, le local a des murs doubles séparés sur tout le périmètre par un corridor d'une largeur d'environ 70 cm. Le plafond aussi est double avec une couche intermédiaire d'air. Les gravimètres sont placés dans une chambre séparée, d'une surface de 2,8 x 4,5 m² et d'une hauteur de 2,5 m., situé dans l'angle nord-est du local. Les gravimètres, les enregistreurs et les appareils de contrôle ont été installés sur un socle en béton qui s'élève au dessus du sol de 0,65 m. La base du socle, en jugeant d'après le projet de la station, est enfoncée dans la terre de 2 m. et est séparée du sol par un léger jeu. La dimension du socle est de 3 x 1,35 m². Pour assécher la chambre où l'humidité atteignait 100%, on a utilisé du chlorure de sodium périodiquement échangé. Cette mesure a réussi à diminuer l'humidité jusqu'à 60-65% La température de l'air dans la chambre augmente graduellement : de + 17,5° au début des observations elle a atteint 20,5° à la fin. Les oscillations journalières de la température n'ont pas dépassé 1° et étaient provoquées principalement par les visites des observateurs dans la salle. Les pluies assez fréquentes et les orages étaient accompagnés de variations brusques de la pression bien que pas très notables : au moment des observations l'amplitude générale des variations de pression ne dépassait pas 25 mbar.

Les thermostats des gravimètres, réglés à + 40°, travaillaient en régime II. L'alimentation des thermostats était assurée par le réseau urbain, relié par le redresseur aux accumulateurs qui jouent le rôle de tampon. Ce schéma d'alimentation était nécessaire non seulement pour l'égalisation de la tension mais principalement pour la sécurité du travail lors des débranchements du réseau urbain (ce qui arrivait assez souvent). Un schéma analogue d'alimentation a été également appliqué pour l'incandescence des lampes du galvanomètre et pour l'enregistreur photographique.

L'expérience des observations antérieures a montré que l'alimentation autonome des lampes qui éclairent les photoéléments des gravimètres par les seuls accumulateurs, sans utiliser le réseau urbain, améliore l'enregistrement. C'est pourquoi, on a pris pour chaque gravimètre des groupes séparés de batteries d'accumulateurs dont la capacité générale était suffisante pour toute la durée des observations sans recharge complémentaire. Pour maintenir la constance de la tension dans le circuit de la lampe du photoélément, on s'est servi comme rhéostat du magasin de résistances KMC-6 commuté périodiquement. La constance de la tension était contrôlée avec une précision de 0,005 - 0,010 v. par un voltmètre de haute sensibilité de la classe 0,2. La tension dans les circuits reliés avec le réseau urbain était stabilisée préalablement par un stabilisateur général. Pour la mise à terre de l'installation, on s'est servi du réseau hydraulique de la station.

Avant et après les observations on a examiné la non-linéarité de l'échelle des galvanomètres des enregistreurs. La non-linéarité déforme la courbe de marée et pour écarter son influence on doit introduire des corrections dans les lectures du galvanomètre. Cette correction, en fait, signifie que l'enregistrement du galvanomètre réel doit être remplacée par les indications d'un galvanomètre imaginaire à échelle linéaire.

^{*} Par "non-linéarité de l'échelle " on entend l'écart de proportionnalité entre les écarts du rayon lumineux et ceux provoqués par les tensions.

Pour déterminer la non-linéarité, le déplacement du rayon sur la pellicule photographique est provoqué par des changements de tension rigoureusement égaux. Si pour le galvanomètre l'échelle est linéaire, l'accroissement des ordonnées sur les enregistrements est le même pour toutes les sections de la pellicule. Lorsque l'échelle est non-linéaire, ces accroissements sont différents et leur valeur dépend de la position du point sur la pellicule.

Nous avons utilisé le schéma représenté sur la figure 1 où Γ est le galvanomètre, R est la résistance constante; pour le gravimètre n° 124 elle est égale à 1,5 M. ohm, et pour le gravimètre n° 135 elle est de 0,45 M. ohm. Les tensions variaient par débranchement du magasin de résistance KMC-6 (M); à une variation de résistance du magasin de 1000 ohms correspondait un déplacement du rayon dans l'enregistreur de 15-20 mm. Le magasin se débranchait chaque 5 minutes. Lors de l'examen de l'autre moitié de la pellicule on a changé la polarité de la batterie.

Admettons que les corrections aux ordonnées des points coïncidant avec les degrés extrêmes soient égales à zéro et que par conséquent les ordonnées mesurées et corrigées soient les mêmes. Alors on peut trouver par interpolation linéaire les ordonnées corrigées pour tous les points intermédiaires. Les différences des ordonnées mesurées et calculées servent de base pour construire le graphique de correction.

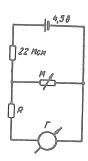


Fig. 1 : Schéma de l'étude de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre enregistreur

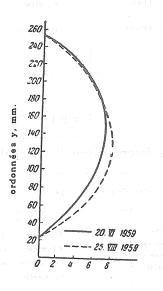
Nous donnons sur la figure 2 ces graphiques pour le galvanomètre du gravimètre n° 124 construits d'après les mesures effectuées avant et après les observations. La non-linéarité de l'échelle du galvanomètre est assez grande et les corrections atteignent 8 mm. La bonne concordance de courbe témoigne de la stabilité du galvanomètre au cours des observations. Lors de la réduction ultérieure des observations, on prend les corrections d'après la courbe moyenne.

L'échelle du galvanomètre du gravimètre n° 135 était pratiquement linéaire puisque la plus grande valeur des corrections ne dépassait pas 0,5 mm. C'est pourquoi, lors de la réduction ultérieure, on n'a pas introduit du tout de corrections dans les indications de ce gravimètre.

La valeur de la division de l'échelle de chaque gravimètre était déterminée deux fois, avant et après les observations. Les résultats de l'étalonnage sont donnés dans la table 1.

Les indications des gravimètres étaient enregistrées avec un défilement de la pellicule de 5,2 mm/heure.

Dans les observations antérieures, par exemple à Poulkovo, l'échelle d'enregistrement n'a été déterminée qu'au début et à la fin des observations. Dans les observations de Lantschou la constance de l'échelle a été contrôlée périodiquement pendant la durée de tout le temps des mesures, une fois par semaine approximativement. Le contrôle constant de l'échelle donne une sécurité totale dans la qualité des observations. L'échelle est déterminée par la méthode de Pertsev à partir de séries de 49 heures [2]. Les ordonnées du gravimètre n° 124 ont été corrigées préalablement de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre. Les résultats des déterminations de l'échelle sont donnés dans la table 2.



Corrections en mm.

Fig. 2 : Courbes des corrections des ordonnées pour la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre (gravimètre n° 124).

L'échelle d'enregistrement du gravimètre n° 124 déterminée le 15 juillet est, pour des raisons obscures, trop faible et, dans la suite, on ne s'en est pas servi.

On a pris comme valeur définitive de l'échelle la moyenne pondérée. Lors du calcul des poids on suppose que les variations des valeurs moyennes de l'échelle pour les différentes séries ont un caractère accidentel. On peut trouver l'erreur quadratique générale m_o d'après les écarts à la moyenne arithmétique. Puisque la valeur de chaque série dépend en outre de la concordance intrinsèque des données, elle peut être évaluée par l'erreur m_s et on peut prendre comme poids

de chaque série la valeur $P = \frac{1}{m_o^2 + m_s^2}$ Les poids moyens des étalonnages et aussi les valeurs

des erreurs m et m sont donnés dans la table 2.

En utilisant les données de la table 1, on peut exprimer l'échelle d'enregistrement en unités CGS. Pour le gravimètre n° 124, 1 mm d'accroissement des ordonnées est égal à 2,269 μ gal et pour le n° 135 à 3,264 μ gal. Ces valeurs ont été utilisées dans la réduction des observations.

Table 1.

Résultats de l'étalonnage des gravimètres

N° du	Valeur de division de l'échelle du gravimètre, μgal.						
gravi- mètre	15 juillet 1959	22 août 1959	Moyenne				
12 4 135	0.081813 ± 0.000063 0.073690 ± 0.000018	0,081897 ± 0,000035 0,073118 ± 0,000014	0,081855 0,073104				

T a b l e 2.

Résultats de la détermination de l'échelle d'enregistrement

			Gra	vimètre Nº	124	Grav	imètre Nº 13	15
Date	du début de 1	a série	Echelle, mm par une division de l'échelle	B .	Nombre de mesu- res dans la série	Echelle, mm par une division de l'échelle	m s	Nombre de mesu- res dans la série
	22 juin		35,83 37,77 35,17 34,60 36,30 32,02 36,37 34,66 37,30 37,08 34,89 38,14 36,80 35,88 37,36 37,48	士0,27 士0,14 士0,94 士0,10 士0,10 士0,15 士0,30 士0,28 士0,09 士0,18 士0,18 士0,11 士0,14 士0,09 士0,35 士0,25	20 19 14 23 21 22 21 4 19 22 23 23 24 18 23 22	21,91 23,13 21,75 22,70 ————————————————————————————————————	±0,21 ±0,13 ±0,70 ±0,08 — ±0,17 — ±0,04 ±0,04 ±0,13 — ±0,09 — ±0,08 ±0,08	21 20 21 20 22 23 19 19 24 23 24
	18 soût	стое	37,36	±0,35	23			$\begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$

Sur l'enregistrement, des sections séparées de la courbe sont déplacées l'une par rapport à l'autre. Ces déplacements se présentent non seulement lors des étalonnages mais aussi pour éliminer des dérives apparaissant au cours de l'enregistrement et pour d'autres causes pas toujours claires. Pour l'analyse harmonique, la courbe doit être ininterrompue et par conséquent ces déplacements doivent être calculés.

On peut les trouver soit par la mesure immédiate sur la pellicule, soit pour les cas où ils sont accompagnés de calculs d'échelles d'après les valeurs connues de l'échelle d'enregistrement. Nous nous sommes servis des deux méthodes et pour une plus grande sûreté de la valeur définitive du déplacement nous avons pris la moyenne. Avant d'effectuer les mesures, l'une des sections de courbe (avant ou après le déplacement) est reportée sur calque, après quoi les deux sections de la courbe coïncident et le déplacement est déterminé d'après la position de la courbe sur le calque par rapport à la ligne de référence de l'enregistrement. Pour le gravimètre n° 124 on a également tenu compte de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre. Initialement, on a supposé que pour calculer les déplacements il valait mieux se servir de la valeur de l'échelle la plus proche du moment du déplacement. Cependant, il est apparu que l'utilisation de la valeur moyenne de l'échelle fournissait de meilleurs résultats. La divergence des déplacements calculés et mesurés était en moyenne de 3 mm et ne dépassait pas 7 mm.

Lors des observations on n'est pas toujours parvenu à prévoir le déplacement de l'enregistrement provoqué par la dérive.

C'est pourquoi pour de grandes amplitudes de la courbe de marée quelques points tombèrent hors des limites de l'enregistrement. On a calculé leurs ordonnées par interpolation d'après les indications de l'autre appareil. Dans les cas où les tremblements de terre perturbaient la précision de l'enregistrement simultanément pour les deux appareils, la position des points étaient interpolées d'après la courbe théorique. Pour toute la période des observations on a interpolé 14 ordonnées pour le gravimètre n° 124 et 16 ordonnées pour le gravimètre n° 135.

L'analyse harmonique de la marée a été effectuée par le procédé de Pertsev sur ordinateur électronique "Oural" à l'aide du programme de Kramer. On a réduit deux séries complètes de 29 jours se suivant l'une l'autre sans interruption avec pour dates moyennes le 7 juin et le 5 août 1959. En outre, conformément aux recommandations de la Commission Permanente Internationale pour l'étude des marées terrestres, on a réduit en plus une série intermédiaire avec la date moyenne du 21 juillet. Les résultats des calculs sont donnés dans la table 3.

La comparaison des résultats de l'analyse permet de conclure que les valeurs $\delta=1+h-\frac{3}{2}\,k$ pour la série du 21 juillet se trouvent entre leurs valeurs correspondantes des séries du 7 juillet et du 5 août et que les moyennes par séries sont assez proches l'une de l'autre. Cela témoigne de la constance des indications des appareils pour toute la période des observations. L'exception est l'onde N_2 . A cause de la faiblesse de son amplitude, cette onde ne se détermine pas avec précision et les écarts importants de δ et $\Delta\phi$ ne sont pas inattendus.

Puisque la série du 21 juillet est intermédiaire entre les séries du 7 juillet et du 5 août, ses composantes sont prises de ces deux séries. Par conséquent, les résultats de l'analyse pour la série du 21 juillet ne peuvent être considérés comme indépendants des résultats de l'analyse des deux autres séries. Cependant dans l'analyse de la série du 21 juillet, les nombres entrent dans d'autres combinaisons par rapport aux séries du 7 juillet et du 5 août. Tenant compte de ce que la différence des valeurs de δ et $\Delta \phi$ n'est pas grande, ce ne sera pas une grande erreur de prendre comme valeurs définitives pour Lantschou la moyenne des trois séries pour les deux appareils.

Table

ന്

Résultats de l'analyse harmonique des observations de Lantschou.

Γ,	7	7	~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~			memora and an annual section of the			-	7		MANAGEMENT OF THE PROPERTY OF
	K,		3,6	2 v c l	6.2		61		6.61	0,8	17	
	10			12.2			6	c es	-0,	2.1-	1 1	
Déphasage: 17,	N _s		9	n G.	**		160	1 00	61	0.1		errore, Armanid videpoladja
	Sz	24	4.9-	7.2.	6,3	# C C C	5.5		-1,0	9,5,-	1 H	
	2 PM	Gravimètre .\1 124	0.0	= =	0.5.	2	7.1		8.		1.5.6 1.8.6 1.8.6 1.8.6	
	Š	Gravii	61 C			Cravimètre	500	dend o den of den	Prop. 11,500 or or or	133	10.01	16.
ස i න . සි	č			G	OC		44 440 44 440 44 441 44 54		1, 130	0C CC C	1,141	29,50
8=1+1-3	N.		12 00 12 00 13 00 14 00 16 00	Company of the Compan	econol)			6,11,5	1,087	1,00%	1,117	933
	S		2 2	end	**************************************			f , f 33	6.0	1,134	1,140	22,86
	N ₃	SSSSSS agription in the contraction	5.5.	6	1,130		1, 1%	1,180	2000	1,148	1,1/8 H,012 1,1%	79,09
Epoque moyenne des observations,	1959		f juillet	. Book.	Moyenne	l	Juliet		Moyenne	Moyenne générale, .		Majimae meorique Mgal.

Remarque : le signe "moins" pour $\Delta\phi$ correspond su retard de la marée.

Les erreurs n'ont été calculées que pour les séries du 7 juillet et du 5 août. La comparaison des moyennes pondérées * pour les ondes diurnes et semi-diumes, donne une différence de 0,005, c'est-à-dire, une valeur plus petite que les erreurs d'observations. L'écart de phases pour les ondes diurnes et semi-diurnes est pratiquement le même et correspond en moyenne à un retard des marées de 9 minutes.

Pour comparer les résultats des mesures de Lantschou à celles effectuées précédemment en URSS nous avons construit un graphique (fig. 3). Nous y donrons les valeurs de δ et $\Delta\phi$ pour les cinq ondes principales pour les stations de : Poulkovo, Krasnaya-Pachra, Alma-Ata et Tashkent.

Pour établir la dépendance possible de ces valeurs en fonction de la situation géographique des stations, on porte les distances des points d'observation à partir des rives de la mer en abscisse. Sur le graphique, on voit clairement la tendance générale à la diminution de δ avec l'éloignement des stations par rapport à la mer. En même temps, les déphasages changent arbitrairement.

La correction des indications des gravimètres pour la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre augmente sensiblement le volume des calculs et la position des points de la courbe de marée change sur toute l'étendue de l'enregistrement.

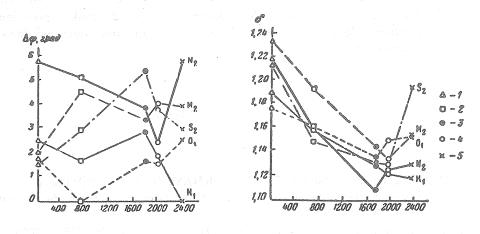


Fig. 3. Valeurs de $\Delta \phi$ et δ pour les diverses stations. 1. Poulkovo - 2. Krasnaya Pachra - 3. Lantschou -4. Tashkent - 5. Alma-Ata.

Distance de la mer en km.

C'est pourquoi lorsqu'il y a un grand nombre de points utilisés dans l'analyse, on pourrait admettre que les erreurs introduites par la non-linéarité, se compensent réciproquement dans une mesure connue et n'exercent pas une influence importante sur les résultats des calculs. Pour vérifier cette supposition, on a réduit deux séries pour le gravimètre n° 124 avec pour époques moyennes le 7 juillet et le 5 août, sans introduction de corrections à la non-linéarité. Nous donnons dans la table 4 les résultats de l'analyse. Leur comparaison avec les données de l'analyse des valeurs corrigées montre une différence importante pour les ondes S2, N2 et O1. On peut en conclure que le calcul de la non-linéarité améliore les résultats et qu'il ne faut pas les négliger.

Distance de la mer en km.

^{*} On a pris comme poids la valeur de l'amplitude théorique de chaque onde.

Table 4.

Résultats de l'analyse harmonique des observations, non corrigées de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre du gravimètre n° 124

Epoque moyenne de la série des		8	=1+h-	$-\frac{3}{2}h$		Ecari	de pi	hases	Δφ,	degré
observations	M ₂	S ₂	N ₂	<i>O</i> ₁	Kı	Ma	S,	N ₀	<i>O</i> s.	K,
7 juillet 5 soût	1,113	1,165 1,178	1,204 1,120	1,149	1,114	-4,8 -5,0	-7,0 -5,6	-0,4 -8,4	+0,5 -1,6	-4.0 -3.0
Moyenne	1,128	1,172	1,162	1,162	1,114	-4.9	-6,3	-4,4	-0,5	-3,8
Différence des va-	0,002									

Les auteurs ont l'agréable devoir d'exprimer leur reconnaissance au Vice-Président de l'Académie des Sciences de Chine, le Professeur Tchou-Ke-djen et au Professeur Tan Tzioun pour leur concours dans l'organisation et la réalisation des observations et également à leurs camarades de travail à Lantschou: Tchen Ta-iauan, Li Tin-Dze et à toute la collectivité de la station séismique pour leur aide constante à l'exécution des observations. Les auteurs remercient également N.N. Pariiskii, B.P. Pertsev, N.V. Kramer et S.N. Barsenkov pour leurs conseils et leur participation spontanée dans la réduction des matériaux qui ont contribué dans une grande mesure à l'exécution heureuse du travail.

BIBLIOGRAPHIE

IOU.S. DOBROCHOTOV, B.D. BELIKOV, M.V. KRAMER, B.P. PERTSEV.
Les observations des variations de marées de l'accélération de la force de pesanteur à Poulkovo en 1958.

Recueil "Recherches gravimétriques" nº 1, séries AGI, M. Ac. des Sc. URSS, 1960.

2. B.P. PERTSEV

Essai de détermination des coefficients d'échelle de l'enregistrement dans les observations des variations de marées de la force de pesanteur.

Recueil "Recherches gravimétriques" No 1, série AGI, M. Ac. des Sc. URSS, 1960.

RESULTATS DES OBSERVATIONS DES DEVIATIONS DE LA VERTICALE A L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE ENGELHARDT

A.K. Ivanova

Observatoire Astronomique Engelhardt, Bulletin N° 34, pp. 29-67, 1959.

РЕЗ УЛБТАТЫ НАБЛ :ДЕНИЙ НАД ПРИЛИВНЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ОТВЕСА В АОЗ

А.К. Иванова

Астрономической Обсерватории Знгельгардта Боллетень № 34, пп 29-67, 1959.

Introduction.

La théorie classique de la rotation de la Terre et la théorie des marées sont élaborées dans l'hypothèse que la Terre est un corps absolument rigide. Ces théories ont permis de prévoir aussi bien le mouvement du pôle avec une période de 305 jours que les petites oscillations périodiques de la verticale sous l'influence de l'attraction de la Lune et du Soleil.

Cependant les observations des marées océaniques ont montré que la hauteur de la marée bimensuelle n'atteint que les 2/3 de sa valeur théorique. En utilisant pour les observations des oscillations de la verticale un pendule horizontal à pointes, Rebeur Pachwitz a trouvé que l'amplitude des oscillations de marées de la verticale ne constitue également que les 2/3 de sa valeur théorique. Plus tard, à partir des observations sur la variation de la latitude, Chandler a trouvé une période plus longue pour le mouvement du pôle que celle qui était conforme à la théorie classique.

Tout cela montre qu'on ne peut considérer la Terre comme un corps absolument rigide. La diminution des amplitudes des oscillations de marées et l'augmentation de la période de mouvement du pôle ont été expliquées par la déformation élastique de la Terre.

Les propriétés élastiques de la Terre sont représentées par les nombres de Love h et k. On peut déterminer ceux-ci par des observations combinées des oscillations de la verticale et des variations de l'intensité de la pesanteur car ces observations donnent la possibilité d'obtenir deux valeurs de γ et δ qui lient entr'elles h et k par les expressions :

$$y = 1 + k - h$$

$$\delta = 1 - \frac{2}{3}k + h$$

La valeur de γ se déduit des observations avec les pendules horizontaux et représente le rapport de l'amplitude observée de l'oscillation de la verticale à l'amplitude théorique calculée en supposant que la Terre soit un corps absolument rigide.

La valeur de δ se déduit des observations avec les gravimètres et représente le rapport de l'amplitude observée de la variation de la force de pesanteur à l'amplitude théorique calculée également en supposant que la Terre soit un corps absolument rigide.

Les observations sur les oscillations de marées de la verticale ont commencé à la fin du siècle passé. Les premières observations, effectuées en grande partie en Europe Occidentale, ont montré que le rapport γ dans le premier vertical est plus grand que dans le méridien, c'est-àdire que :

 $\gamma_{\rm e} > \gamma_{\rm n}$

En se basant sur les observations de l'Europe Occidentale, Schweydar a développé une théorie qui explique l'inégalité $\gamma_{\rm e} > \gamma_{\rm n}$ à partir de l'influence des marées océaniques. D'après cette théorie il a trouvé que la composante de la marée M2 diminue fortement dans les oscillations de la verticale par suite de l'influence des marées océaniques dans la direction du méridien alors qu'elle ne varie presque pas dans la direction du parallèle.

Il était nécessaire en premier lieu de vérifier la véracité de cette théorie et en second lieu d'obtenir une valeur de γ affranchie de l'influence des marées océaniques. On a organisé dans ce but des observations dans la ville de Tomsk à l'intérieur du continent Europe-Asie. Les premières observations ont montré que pour Tomsk

 $\gamma_n > \gamma_e$

et que la valeur moyenne de y est plus petite que les valeurs obtenues en Europe Occidentale. Ceci a montré que la théorie de Schweydar n'est pas confirmée et que y est manifestement autre en différents endroits de la Terre et dépend des conditions locales. Par conséquent, on ne peut préjuger de l'amplitude des déformations de marée pour tout le globe terrestre d'après les observations d'une seule station. Dans son travail [1] l'académicien A. Ya. Orlov a écrit "Puisqu'il est évident que les marées terrestres sont autres dans des endroits différents il convient d'en organiser l'observation en beaucoup d'endroits du globe terrestre pour éliminer ainsi en moyenne les particularités locales et obtenir un matériel valable pour éclaircir les causes qui sont à l'origine de ces perturbations locales ".

On entreprit l'organisation de stations en une série de points éloignés des océans où l'influence des marées océaniques sur l'oscillation de la verticale est considérablement atténuée C'est ainsi qu'à l'initiative de l'académicien A. Ya Orlov on organisa des stations à Poltava et à l'Observatoire Astronomique Engelhardt près de Kazan. L'histoire détaillée de l'organisation de la station et sa description sont données dans l'article [2].

La construction de la cave a été terminée en 1950. Depuis février 1950, on y effectue des observations de température. Nous donnons ci-après la courbe de la variation de température dans la deuxième salle de la cave (figure 1). L'allure irrégulière de la température en 1950 et au début de 1951 s'explique par le fait qu'en temps d'hiver toutes les portes de la cave sont ouvertes pour la ventilation. Dans la suite, comme le montre la fig. 1, la température varie régulièrement au cours de l'année avec une amplitude d'à peu près 2° . La température la plus basse a lieu en décembre-janvier. L'humidité relative oscille dans les limites de 91-100 % Pour assécher la cave on a mis de la chaux vive. Le présent travail renferme les résultats de la réduction et des analyses du premier cycle de deux ans d'observations avec des pendules horizontaux du type Repsold-Levitski. Il ne semble pas possible en effet, de conclure avec certitude à la valeur de γ à partir d'une petite série d'observations. C'est pourquoi, le but du travail é tait d'obtenir des résultats provisoires et de tirer au clair la qualité des observations aussi bien que de la cave elle-même. On se propose dans la suite d'effectuer une série plus longue d'observations.

INSTALLATION DES PENDULES ET LEUR ETUDE

§ 1. Détermination de l'azimut des pendules.

En novembre 1950, les directions du plan méridien et du premier vertical ont été rapportées sur le pilier des pendules par Ch. T. Chabiboullin en collaboration avec l'auteur [2]. Dans ce but, on a suspendu au plafond deux fils à plomb longeant tout le puits de la cave. Les poids des fils à plomb ont été placés dans des récipients de mazout pour diminuer l'oscillation. On a déterminé l'azimut du plan passant par ces fils à plomb d'après les étoiles à l'aide d'un théodolite installé à côté de la cave, dans l'alignement des fils à plomb. Ensuite le théodolite a été transporté dans la cave et installé pour qu'on puisse voir les deux fils à plomb mentionnés plus haut et le pilier pour les pendules. Connaissant l'azimut du plan passant par la verticale, on peut déterminer l'azimut d'un plan quelconque choisi passant par le pilier.

L'azimut du plan passant par les fils à plomb a été déterminé d'après les angles horaires d'étoiles Nord. Nous calculons l'azimut de l'étoile A à partir du Nord et en passant par l'Est. En fonction du triangle parallactique (fig. 2) nous avons :

$$\sin Z \sin A = -\cos \delta \sin t$$

 $\sin Z \cos A = \cos \phi \sin \delta - \sin \phi \cos \delta \cos t$.

D'où

$$\operatorname{ctg} A = -\cos \phi \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin t} + \sin \phi \operatorname{ctg} t,$$

ou

$$\operatorname{ctg} A = \cos \phi \left(\frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} t} - \frac{\operatorname{tg} \delta}{\sin t} \right)$$

Ce qui signifie :

$$m \sin M = \sin \delta$$

 $m \cos M = \cos \delta \cos t$,

parce que :

$$tg A = \frac{\cos M tg t}{\sin (\phi - M)}$$
 (2)

En notant l'instant de passage de l'étoile par le fil du théodolite nous avons déterminé l'azimut de l'étoile d'après la formule (2). En utilisant le cercle horizontal du théodolite au moment du passage de l'étoile par le fil, nous avons déterminé l'azimut a du plan passant par les fils à plomb. En deux soirées, on a fait 5 de ces déterminations :

1950	Date	Observateur	Etoile	
	XI, 25 - 26	ngg palig X ngga ngga.	€ Uma	295°16.2
			North fitting and the state of	16.7
	27 - 28	. Tubana XI olo Simo.	rolo menabisen salam	17.2
	99	X	ξ. "	17,0
	99	I	99	16.0

En fonction des valeurs obtenues de α on a pris la moyenne arithmétique soit :

$$295^{\circ}16'6 \pm 0'23$$
 (3)

Ensuite le théodolite a été transporté dans la cave et installé comme décrit plus haut. On a suspendu deux fils à plomb dans l'alignement du théodolite afin de fixer la direction d'un plan quelconque passant par le pilier.

Soient, sur la fig. 3, C le point où a été installé le théodolite, A et B les points des fils à plomb dans la cave. La direction en D est la direction passant par les fils à plomb sur le pilier des pendules. L'azimut du plan passant par AB nous est connu par les observations des étoiles (3). A l'aide du théodolite on a déterminé l'angle au sommet C. Ensuite, on a mesuré les distances CA et CB à l'aide d'un ruban métallique. Connaissant les deux côtés du triangle et l'angle compris, d'après les formules :

$$\frac{1}{2}$$
 (B + A) = 90° - $\frac{1}{2}$ C,

$$tg \frac{1}{2}(B - A) = \frac{b - a}{b + a} ctg \frac{1}{2} C.$$

nous avons déterminé les angles aux sommets A et B et les azimuts des plans passant par CA et CB. Ensuite, connaissant les lectures au cercle horizontal du théodolite on a trouvé en A et B les azimuts des plans passant par CA et CB, on peut déterminer à quelle lecture sur le cercle correspond le plan du méridien et par conséquent l'azimut du plan passant par DC qui était égal à

5°42'0.

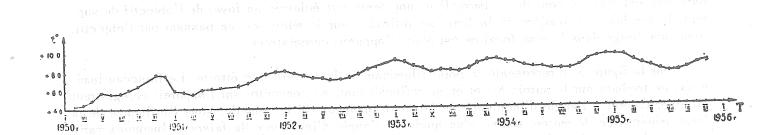
Le tracé du plan passant par DC a été défini sur le pilier des pendules. Ensuite, à l'aide d'un rapporteur de précision on a défini sur le pilier les tracés des plans du méridien et du premier vertical.

§ 2. Pendules horizontaux.

Le pendule horizontal est constitué par une barre en laiton AB d'une longueur de 16 cm suspendue par deux fils de platine d'un diamètre de 0,05 mm, dont l'un va vers le haut et l'autre vers le bas (fig. 4); les fils sont fixés aux points C et D de la base supérieure et inférieure du support conique en fonte. Le support repose sur trois vis de calage sur la base en fonte. Le fil supérieur maintient toute la partie mobile de l'appareil et le fil inférieur l'amène dans la position horizontale.

C'est pourquoi le fil supérieur subit une plus grande tension et est doublé. Ceci a été réalisé en faisant passer le fil par la barre du pendule et en ramenant ses deux bouts vers le haut où ils sont attachés au point C.

Le pendule tend toujours à prendre position dans le plan passant par la verticale et l'axe de rotation. Si la direction de la verticale ZD s'incline perpendiculairement à ce plan, alors le pendule tourne. L'angle i est d'autant plus petit que le pendule est plus sensible.



Teraggal ob supalg al sus stockaut sti**Fig. 1** models sûrôk als saa sekrassisk succ Literia yn mertskastôg Horneus i ob septer stil sockers. A septer a mehroesesse soc



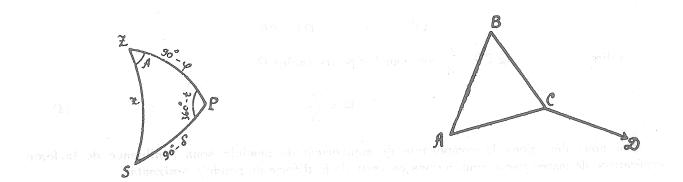


Fig. 2

Fig. 3

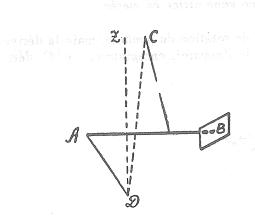


Fig. 4

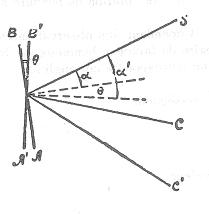


Fig. 5

Pour réaliser l'enregistrement optique de l'angle de rotation du pendule un miroir planparallèle est fixé au bout de la barre B et une fente est éclairée au foyer de l'objectif du support du pendule. La lumière de la fente se réfléchit sur le miroir et, en passant par l'objectif, forme son image dans le plan focal où est placé l'appareil enregistreur.

Sur la figure 5, S représente le point illuminant la fente verticale étroite. Le faisceau lumineux, en tombant sur le miroir AB et en se réfléchissant, se concentre sur l'appareil enregistreur au foyer C. Soit α l'angle d'incidence du faisceau lumineux. Si le pendule, sous l'influence de la force génératrice de marée, tourne d'un angle Θ , l'angle d'incidence du faisceau lumineux varie et sera $\alpha' = \alpha + \Theta$ et le point C se déplacera en C'.

Si nous désignons par y la dérive linéaire du point lumineux sur la plaque de l'appareil enregistreur correspondant à l'angle Q, et par d la distance de l'appareil enregistreur au miroir, nous aurons:

$$tg COC' = \frac{y}{d}$$
,

$$< COC' = \alpha' - (\alpha - \Theta) = 2\Theta$$

c'est-à-dire

 $tg 2\Theta = \frac{y}{d}$, ou pour les petits angles Θ ;

$$\Theta = \frac{y}{2d} \tag{4}$$

Si nous désignons la composante du mouvement du pendule sous l'influence de la force génératrice de marée par ψ nous aurons, en vertu de la théorie du pendule horizontal,

$$\psi = \frac{(2\pi)^2}{l_{\circ,g}.T^2.\sin 1^m} \Theta$$

où l_o est l'inverse de la longueur donnée du pendule 1,

g - l'accélération de la force de pesanteur

T - la période d'oscillation du pendule

O - l'angle de rotation du pendule sous l'influence de la force génératrice de marée.

Cependant, les observations nous donnent non l'angle de rotation du pendule, mais la dérive linéaire du faisceau lumineux sur la plaque photographique de l'appareil enregistreur - y (4), dérive qui correspond à cet angle.

Par conséquent

$$\psi = \frac{(2\pi)^2}{\log 2 d T^2 \sin 1^n} y$$

La valeur

$$h = \frac{(2\pi)^2}{l_{\circ} \cdot g \cdot 2d \cdot T^2 \cdot \sin 1^m}$$
 (5)

est donnée par la sensibilité du pendule, valeur d'un millimètre sur le tambour de l'appareil enregistreur. En décembre 1950 on a commencé, dans la seconde salle de la cave, l'installation de pendules horizontaux construits à l'Observatoire gravimétrique de Poltava [2] : l'un, dans le plan du méridien (nous l'appellerons dans la suite pendule M) et l'autre dans le plan du premier vertical (pendule 1).

Les lentilles pour les pendules ont été taillées par l'Institut Astronomique de Leningrad. La description détaillée et le plan de l'appareil en détail sont donnés par l'académicien A. Ya. Orlov [3].

La figure 6 montre l'aspect général de nos pendules.

Dans le plan focal de l'objectif des pendules on a installé la source de lumière et l'appareil enregistreur. La source de lumière se présente comme un tube. D'un côté de ce tube se trouve une ampoule de lampe de poche et de l'autre côté une étroite fente verticale. Pour éclairer d'une façon régulière la fente on a placé entre l'ampoule et la fente une lentille et un verre dépoli. L'ampoule est alimentée par accumulateur en passant par l'horloge à contact. L'horloge et l'accumulateur sont placés dans la première salle de la cave.

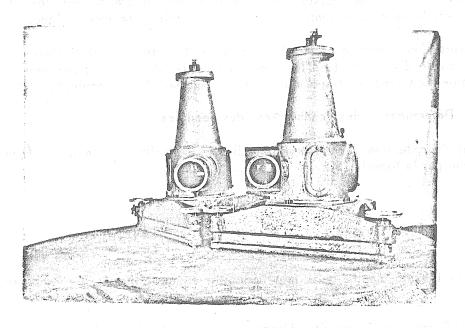


Fig. 6

L'horloge est du type ordinaire avec un balancier en bois. Elle est contenue dans une grande gaîne en bois, où l'on a placé un rhéostat avec un thermorégulateur pour maintenir une température plus élevée que dans la salle.

L'appareil enregistreur a la forme d'un triangle équilatéral reposant sur trois vis de réglage; sur celui-ci, perpendiculairement à la base, sont montées deux pièces métalliques le long desquelles glisse un cadre avec une plaque photographique. Le cadre, d'une dimension de 24 cm x 12 cm, est suspendu par une corde qui passe par une roulette attachée à la pièce supérieure. Le mécanisme de détente, monté sur le même support, est constitué de deux électro-aimants et d'une roue dentée sur l'arbre de laquelle est enroulé un fil. Quand le circuit se ferme en passant par l'horloge à contact, les électro-aimants attirent la détente qui libère les dents de la roue et sollicité par son poids le cadre descend un peu.

Le cadre descend de 24 cm par semaine. Du côté des pendules, la plaque photographique est fermée par un couvercle comportant une fente horizontale.

Les premières expériences ont montré les défauts des pendules, notamment le fait qu'on n'a pas pû obtenir une image précise de la fente sur l'écran. Après un long examen de laboratoire des lentilles et des miroirs, il est apparu que les miroirs n'étaient pas plan-parallèlle. Il a fallu les remplacer par de nouveaux. Les nouveaux miroirs ont été commandés dans une usine d'optique. En outre deux miroirs ont été commandés avec application d'une couche d'aluminium sur la surface avant et pour le pendule I sur la surface arrière.

A la fin de février 1951 les miroirs étaient prêts, mais à l'examen il est apparu que certains n'avaient pas une surface plane et c'est pourquoi les foyers des systèmes objectif-miroir ne se trouvent pas dans un plan. De tous ces miroirs on a pris les meilleurs pour les placer sur les pendules mais ils se détériorèrent rapidement par l'humidité. Il a fallu argenter à nouveau le miroir immobile et celui du pendule M. Après quoi, ayant obtenu une image précise de la fente sur l'écran on a constaté qu'il était impossible de régler les pendules de manière qu'ils se trouvent dans le plan passant par l'axe de rotation et l'axe de la vis de réglage avant. Cela provenait du fait que les vis de réglage des supports avaient de grands jeux, les pointes des vis se déplaçaient sur le support de fonte. A nouveau, il a fallu fabriquer quelques vis de réglage.

Ensuite, on a modifié un peu la fabrication de cette vis : dans l'axe de sa pointe on souda une bille ronde d'acier et dans le support on creusa des cavités coniques en laiton. Après ces modifications les pendules furent réglés et on commença les déterminations de leurs "constantes".

§ 3. Détermination des "constantes" des pendules.

Pour la réduction des observations il faut connaître la sensibilité h des pendules qui se déterminent par la formule (5) :

$$h = \frac{(2 \pi)^2}{\log \cdot 2d \cdot T^2 \cdot \sin 1^m}$$

Cette formule montre qu'il faut connaître essentiellement les "constantes" des pendules; l., d.

Ces "constantes" ont été déterminées avant le début des observations systématiques.

La longueur donnée des pendules l a été déterminée par le procédé suivant dû à Galitzine [4] .

La théorie du pendule horizontal montre que la longueur donnée du pendule l est liée à sa période d'oscillation par le rapport

$$n^2 \frac{l}{g} = i,$$

oŭ

$$n = \frac{2\pi}{T}$$

T est la période d'oscillation du pendule que l'on détermine directement avec un chronomètre, i est l'angle entre la verticale et l'axe de rotation du pendule, g est l'intensité de la pesanteur.

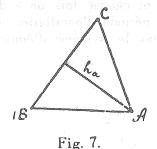
Si pour différentes inclinaisons i_0 et i_1 de l'axe de rotation sur la verticale, on détermine les périodes d'oscillation du pendule T_0 et T_1 et aussi la variation de l'angle Δ_1 , on obtient deux équations :

$$n_0^2 \frac{1}{g} = i_0$$

$$n_1^2 \frac{1}{g} = i_0 + \Delta i$$
,

d'où il est facile de déduire l.

La variation de l'angle i est provoquée par la variation d'inclinaison du support du pendule à l'aide de la vis de réglage située sous l'objectif [5]. Pour cela le pendule horizontal est installé de façon à ce que son axe de rotation, son centre de gravité et l'axe de la vis avant se trouvent dans un même plan vertical. Alors, en vissant ou dévissant la vis avant, seul l'angle i entre l'axe de rotation et la verticale change et par conséquent la période d'oscillation du pendule varie. Ensuite, pour connaître i il faut savoir à quelle variation d'inclinaison du support correspond un tour de la vis micrométrique, ce qui est simple si l'on connaît le pas de vis et la distance de l'axe de la vis à la droite passant par les deux autres vis de réglage (cf. fig. 7)



 $R'' = \frac{\lambda}{\text{ha sin } 1''}$ (7), où λ est le pas de vis, h_a est la hauteur Δ (ABC) et C sont les pointes des vis de réglage.

La détermination des "constantes" des pendules est fonction de la détermination de la valeur de R".

Le pas de vis a été mesuré sur la machine de mesure à partir des traces du filet de la vis sur un papier à cigarettes.

Pour le pendule M on a fait 20 séries de mesures et pour le pendule I, 40 séries on a conclu les moyennes arithmétiques :

pour le pendule M, λ = 0,5007 mm \pm 0,00014 mm pour le pendule I, λ = 0,5016 mm \pm 0,00013 mm

La valeur de ha a été déterminée en fonction des trois côtés du triangle (fig. 7) en mesurant les distances entre les pointes des vis. Sur une règle en bois on a collé un papier à cigarettes, les traces des vis s'y sont inscrites par une légère pression et on a mesuré les distances à l'aide d'une règle métallique. Ces vingt mesures ont donné:

Pendule M		Pendule I
a = 427,6 mm		a = 427,1 mm
b = 429, 2		b = 428,0
c = 427.8		c = 427.8

Connaissant les côtés A ABC, d'après les formules de trigonométrie on a déterminé les angles B et C et ensuite la hauteur du triangle par rapport au côté a :

$$h_e = bsin C = csin B$$

La valeur obtenue pour ha est :

pour le pendule M : 371,3 mm I : 371,1 mm

En substituant dans l'équation (7) les valeurs λ et h_a nous avons obtenu R^m égal à

278",1 pour M 278",8 pour I

On a déterminé ensuite la valeur de l.

Pour déterminer l on a d'abord réglé le pendule sur une grande sensibilité ($T \approx 30^{\circ \circ \circ}$), considérée comme position initiale. Ensuite la vis avant a été dévissée à plusieurs reprises d'un nombre déterminé de division de tour et chaque fois on a déterminé la période d'oscillation. On a procédé ainsi jusqu'à ce que la période d'oscillation soit de 10 à 7 secondes. Alors au lieu des 2-x équations (6), nous avions le système d'équations à deux inconnues l et i_0 :

$$n_o^2 \frac{1}{g} = I_o$$

$$n_1^2 \frac{1}{g} = I_o + \Delta_i i$$

$$\vdots$$

$$n_m^2 \frac{1}{g} = I_o + \Delta_m i.$$

Nous déterminerons la valeur de l en résolvant ce système par moindres carrés. En mai 1952 nous avons fait pour chacun des deux pendules 5 déterminations de l. En juin de la même année, pour le pendule M, nous avons encore fait 3 déterminations de contrôle.

A la fin de la première série annuelle d'observations, la valeur de l a été déterminée deux fois encore, la valeur trouvée ne variait pas dans les limites des erreurs de déterminations. Enfin, à la fin du second cycle annuel d'observations, l a été à nouveau déterminé : quatre fois pour le pendule M et six fois pour le pendule I. Il y eut ainsi en tout pour le pendule M.14 déterminations et pour le pendule I - 11 déterminations. Les trois premières déterminations pour le pendule I ont été abandonnées comme moins sûres.

Nous donnons dans la table 1 les dates de déterminations, la valeur de l et l'erreur quadratique moyenne des résultats E.

Table 1

	Pendul	e M			Pendu	ıle I			
Date		1	€		Date		1	E	
1952	V 2 2 3 4 VII 16 21	127.30 127.20 127.40 127.35 127.11 127.29	ese + 0.37 .26 .29 .24 .25 .21		1955 1	6 14 28 14 29 14 31 14 31 14 30 14	17.79 MM 18.50 18.50 18.79 18.49 18.36 18.11	0.48 .26 .41 .45 .08	.W.W.
1953 1955	XII 23 24 IV 17 19 20 21	127.18 127.70 127.60 127.25 127.68 127.27 127.76	.52 .19 .12 .04 .11 .04		IV	1 14	18,66	.31	

En prenant des poids égaux à l'inverse du carré de E, nous avons trouvé, à partir de toutes les déterminations, la valeur pondérée moyenne de l:

pour le pendule M :
$$l = 127,31$$
 mm pour le pendule I : $l = 148,35$ mm ± 0.05

Pour déterminer la sensibilité h il faut connaître l g, où l est l'inverse de l et g l'accélération de la force de pesanteur pour l'Observatoire Astronomique Engelhardt. Celle-ci a été empruntée au travail de V.A. Baranov "Détermination de la force de pesanteur pour les Observatoires astronomiques de Kazan et Engelhardt" [6]:

$$g = 981,567 \text{ cm/sec}^2$$

 $\pm 0,004$

Nous avons obtenu alors:

pour le pendule
$$M: l_{o}g = 77,10$$
, pour le pendule $I: l_{o}g = 66,16$

Ces "constantes" sont proches des constantes correspondantes pour les pendules de Poltava[5]:

$$M: l_g = 76,7.$$
 $I: l_g = 64,1$

La distance de l'appareil enregistreur à l'objectif d a été mesurée à l'aide d'un ruban métallique. Au cours du cycle de deux années d'observations elle a varié deux fois :

Date	M Company	1
Du 14 XI 52 au 13 I 53	4170 mm	4171 mm
Du 13 I 53 au 6 I 54	4163 mm	4164 mm
Du 7 I 54 au IV 55	4153 mm	4154 mm

La détermination de la sensibilité consistait dans la détermination de la période d'oscillation des pendules T à l'aide d'un chronomètre. Les dates des déterminations et les valeurs de T et h sont données dans la table II.

Table II

	Pendule	M			Pend	lule I	, (1)
		T	h h			T	h
1952	X 6	231.99	0. 0220	1952	1X.24	25s.11	0.0234
1000	XII 23	24.73	0207		X11.23	24.96	0237
1953	1 27	25.84	0190	1953	1.27	24.63	0243
	30	25.98	0188		y 18 84.79	Maria V	1,000
	11 6	26.22	0184		1.30	27.96	0193
	27	26.83	0176		11. 6	27.71	0192
	III 20 V 15	27.51	0167		27	27.83	0191
	1X 4	29.08	0150		111,20	27.80	0191
1953	X 16	32.65	0119	200	IX. 4	28.25	0185
1300		35.30	0102		X.16	28.46	0183
	23	358,92	0′′0098	1953	X11.24	28.49	0.0182
	XH.19	40.90	:0076		30	28.48	0182
	22	40.88	0076	1954	1. 6	28.52	0182
	0.4				13	28.48	0183
	24	26.33	0183		20	28.48	0183
1054	30	26.00	0188		IV . 2	28.61	0181
1954	1. 6	25.48	0195		VII.31	25.00	0237
	13	25.41	0197	1955	1. 7	24.87	0239
	20	25.44	0196		22	24.93	0239
	27	25.48	0196		24	24.95	0238
	11. 3	25.58	0194		26	24.97	0238
	10	25.29	0199				
	24	25.45	0196		3.03 (14 A C / 37)	in the following	Artist Co
	IV. 2	25.56	0195				
1055	X11.31	29.50	0146		4,	factory .	
1955	1. 7	29.62	C145				
	21	29.55	0145				
	25	29.72	014-1				
	11. 9	30.16	0140				
	11	30.36	0138			N. 18 1 1 1 1 1	and the first
	111.30	31.72	0126				1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
	IV. 9	31.83	0125				
	pagi me sudi						Pagan Garan

Au début, la sensibilité du pendule I était sensiblement inférieure à celle du pendule M, c'est pourquoi on a augmenté la période d'oscillation pour le pendule I le 30.1.1953. La table II montre que pour le pendule M, en 1953, la période d'oscillation croît constamment, par conséquent, la sensibilité augmente. En décembre il n'y a pas eu de déterminations de h. A ce moment, il y a eu une variation de la période d'oscillation pour les deux pendules.

Les pendules horizontaux à suspension Zöllner doivent présenter une grande constance de la période. Levitskii a remarqué ce fait. Par exemple, A. Ya. Orlov à Youriev a obtenu [3]:

	Pen	idule M	Pendu	ıle I
	T	h	T	h
1909 17.111	31°07	0. "0138	31.38	0.''0135
V.17	31.20	0137	31.64	0133
VIII. I	31.25	0136	32.05	0129
X. I	31.23	0136	32.32	0127
XI.17	31.28	0136	32.51	0126

Pour expliquer les causes des variations de la période de nos pendules nous avons examiné soigneusement les supports des pendules. Aucune cause n'a pu être décelée. On a trouvé que, par suite de l'humidité de la couleur dont est peint le pilier, le revêtement d'aluminium gonflait sur la vis avant du support du pendule et s'oxydait. Il est clair que c'était là la cause de la variation de l'angle entre l'axe de rotation et la ligne verticale. Par la suite, comme cette cause a été écartée, la période d'oscillation du pendule n'a plus changé pendant longtemps. En avril 1955 les revêtements en aluminium ont été remplacés par des revêtements de bronze.

OBSERVATIONS ET REDUCTIONS

§ 1. Observations et mesures des plaques.

Les observations photographiques systématiques ont commencé le 21 octobre 1952.

Dans le châssis de l'appareil enregistreur est placé une plaque photographique de 12 cm x 24 cm. A chaque heure exacte du temps moyen local l'horloge de contact allume une ampoule lumineuse, le châssis descend et la photographie des réflexions du miroir des pendules se fait, à travers la fente horizontale, près du couvercle de l'appareil enregistreur. La durée de pose est égale à un nombre pair entier de périodes d'oscillations et le mouvement du châssis est calculé de telle sorte qu'il descende par semaine d'environ 24 cm et que le changement des plaques s'effectue une fois par semaine au même moment.

Dans ce travail, nous avons utilisé les observations de deux années.

Entre le 21 octobre 1952 et le 21 janvier 1955 on a obtenu 120 plaques. L'enregistrement des mouvements des pendules horizontaux du 21 octobre 1952 au 13 novembre 1953 se sont effectués sur des plaques photographiques Agfa phototechniques d'une sensibilité de X et D 400; de novembre au 17 décembre sur des plaques Nikfi, d'une sensibilité de X et D 800. Mais ces dernières plaques étaient vieilles car elles dataient de 1945 et c'est pourquoi les photos n'étaient pas toujours réussies. A partir du 25 décembre les enregistrements s'effectuèrent à quelques exceptions près, sur des plaques soviétiques de faible isortho et de sensibilité moyenne.

Avec des plaques de faible sensibilité on élargit la fente et on la rétrécit pour une sensibilité moyenne. De même, en fonction de la qualité des plaques il arrive que l'on a modifié la distance des objectifs à l'appareil enregistreur. Chaque plaque porte, outre les enregistrements du mouvement des deux pendules, l'enregistrement du point nul donné par le miroir fixe. La mesure des données des courbes de pendules consiste à mesurer la distance sur la plaque entre le point nul et l'oscillation de chacun des pendules. Toutes les mesures sont faites à la main, à l'aide d'une palette se présentant comme une plaque photographique avec une échelle millimétrique imprimée. Avant de commencer la mesure, on oriente la palette de telle sorte qu'une des lignes de l'échelle millimétrique tombe avec précision sur l'enregistrement du point nul. Les mesures sont effectuées avec une précision atteignant 0,1 mm.

On a mesuré les ordonnées des courbes de pendules à chaque heure entière du temps moyen local, du 21 octobre 1952 au 21 janvier 1955. Les premières observations ont été abandonnées à cause de grandes lacunes dans les enregistrements du mouvement des pendules et pour la réduction, on n'a pris les observations qu'à partir du 14 novembre 1952.

Par analyse harmonique on a déterminé l'onde lunaire principale semi-diume M2, l'onde lunaire elliptique semi-diurne N2, l'onde luni-solaire de déclinaison diurne K1, l'onde principale solaire semi-diurne S2, l'onde principale solaire diurne P1 et l'onde solaire météorologique -S1.

2. Détermination des ondes M2, O1, N2.

Les observations présentant des lacunes, la détermination des amplitudes et phases des ondes M_2 , O_1 et N_2 a été faite par la méthode de Darwin.

Tous les termes dans la décomposition de l'oscillation de la verticale ont des périodes différentes déterminées par la formule générale :

$$P = \frac{2\pi}{\mu}$$

On appelle cette période jours spéciaux de l'onde donnée et le produit μt temps spécial. Ici μ est la vitesse angulaire de l'onde par heure de temps moyen et t est le temps exprimé en heures moyennes. Pour les ondes M₂, O₁ et N₂ les valeurs de μ , sont :

La méthode de Darwin consiste à recopier les observations mesurées en fonction du temps moyen d'après le temps spécial de l'onde correspondante. Pour cela, on admet arbitrairement qu'à 0^h de temps moyen local du début de l'époque des observations, le temps spécial de l'onde soit égal à zéro. En commençant à partir de l'ordonnée correspondant à 0^h de temps spécial, on relève les ordonnées l'une après l'autre et heure par heure, de 0^h à 12^h pour les ondes semidiurnes et de 0^h à 24^h pour les ondes diurnes. On a obtenu ainsi la première ligne des ordonnées réparties d'après le temps spécial de l'onde. D'après les tables du temps spécial (1) on a trouvé alors le temps moyen du début des seconds jours spéciaux et, correspondant à cet instant, on a écrit l'ordonnée de la courbe de pendule de la table XV à 0^h de la première ligne : les autres ont été recopiées comme pour la première ligne. Et ainsi de suite jusqu'à la fin de la série d'observations.

Les observations ont été réparties en deux séries annuelles réduites séparément. Comme début du calcul de la première série, on a pris 0h, 14 novembre 1952 et comme début de la seconde, -0h, 7 janvier 1954. Dans chaque série d'observations on a pris un nombre de jours moyens tel que le nombre de jours spéciaux de l'onde déterminée et le nombre de jours spéciaux de l'onde éliminée entre un nombre entier de fois. Dans la détermination de 01 on élimine l'onde K1 et dans la détermination de l'onde N2 on élimine l'onde M2. La table III donne le nombre de jours spéciaux des ondes déterminées (n), pris au moment de la réduction et leur nombre correspondant de jours moyens (m).

Table III

Onde	Série	n	m
M ₂	I	742 742	384 384
O ₁	I	343 356	369 383
\mathbb{N}_{2}	II	711 731	375 385

Les tables de temps spécial [1] employées ne sont données que pour 370 jours. Pour les autres jours, il a fallu calculer des tables analogues ; nous donnons plus bas (table IV) les résultats de ces calculs.

Table IV

N•N• Jours	M ₂	N	0	Nº Nº	M_2	N	0	Nº Nº Jours	1 //10	N	0
371	2 14	8 20	4	376	6 18	1 14	13	381	10 22	8 21	22
372	2 15	9 21	6	377	7 19	3 15	15	382	11 23	9 22	-
373	3 16	10 23	7	378	7 20	4 17	16	383	12	11 23	
374	4	11	9	379	8 21	5 18	18	384		12	
375	5 17	0	11	380	9 22	7 19	20	385		1 13	

La sensibilité h ne restant pas constante on a tenu compte de ses variations uns la réduction. Pour ce faire, les ordonnées relatives au même temps spécial de l'onde ont été totalisées par groupes englobant 10 jours moyens. Les ordonnées de chaque groupe ont été multipliées par la valeur correspondante de la sensibilité obtenue par interpolation linéaire. La table V donne les valeurs de h admises pour la réduction. On a pris ensuite les sommes des ordonnées relatives au même temps spécial pour toute la série d'observations.

Ces sommes sont données dans la table VI où n est le nombre d'observations intervenant dans chaque somme de la colonne donnée.

Table V

-536 A 2	-	1.1.	20 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10				
			Pendule I Pendule I			in the second	
Partie de l'année	h	Partie de l'année	h	Partie de l'année	h h	Partie de l'année	h
1952,88 91	+0.0213 0211	1954.03 08	0″.0197 0195	1952.88	0".0236 0236	1954.03 08	0".0183
94	0210	11	0199	93	0236	.11	0182
97	0208	14	0197	96	0237	14	0182
99	0205	17	0196	99	0238	16	0182
1953.02	0199	19	0196	1953.02	0240	19	0182
05	0194	22	0195	05	0242	23	0181
08	0188	26	0194	10	0192	28	0183
10	0184	27	0194	13	0192	33	0187
13	0180	31	0191	16	0191	36	0189
1953 16	0."0176	1954 36	0". 0188	1953 19	0."0191	1954 41	0.″0193
18	0172	39	0186	27	0191	44	0195
21	0167	41	0185	24	0191	47	0197
24	0164	44	0183	27	0190	50	0200
27	0161	47	0181	29	0190	52	0201
29	0159	50	0179	32	0190	55	0203
32	0155	52	0177	35	0189	66	0212
35	0152	55	0175	38	0189	69	0214
37	0149	58	0173	40	0189	72	0215
40	0147	60	0172	43	0188	74	0218
43	0144	63	0170	46	0188	77	0220
46	0141	66	0168	48	0187	80	0222
49	0138	69	0166	59	0186	82	0224
59	0127	71	0165	62	0186	85	0226
62	0124	74	0163	65	0185	88	0228
65	0121	77	0161	68	0185	91	0230
68	0117	79	0160	71	0184	93	0232
71	0113	82	0158	73	0184	96	0234
73	0110	84	0156	76	0183	99	0236
76	0105	88	0154	79	0183	1955,01	0238
79 82 84 87 89	0101 0097 0094 0089 0086	90 93 96 99 1955.01	0153 0151 0149 0147 0146	82 84 87 89 1953.91	0183 0183 0183 0182 0182	04	0238
953.91	0083	04	0145		375		
	<u> </u>				1		

Onde M2

V	Pend	ule M	Pendule I		
Jours	Série 1	Série 2	Série 1	Série 2	
0 1 2 3 4	7.9865 8.3470 7.8937 6.8800 5.6988	3.6900 5.6169 7.8358 10.1019 11.9428	6.4764 5.7426 5.2766 5.4469 6.4647	2.6582 4.1807 5.2042 5.6384 5.5946	
5 6 7 8	4.8937 4.7222 5.5023 -7.1565 9.4511	12,9038 13,0221 12,4694 11,4644 10,5366	8.0441 10.0827 12.2412 14.0868 15.4011	5.1321 4,7983 4,7609 5.2691 6,4032	
10 11 12	11.9896 14.3434 15.9457	9.9246 9.9359 10.8762	16.0543 16.1358 15.5266	7.9137 9.8726 11.8417	
11		606	576	508	

Onde N

T 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18 18	Pend	ule M	Pendule I		
Jours	Série 1	Série 2	Série 1	Série 2	
0	4,4601	3.8152	4,5733	2.4242	
ĭ	4.8847	4.7294	5.3928	2.9527	
2	5.4619	5.5822	6.3661	3.4326	
2 3	6.2312	6.2037	7.2657	3.8500	
4	7.1345	6.7481	8.0857	4.2987	
. 5	8.0285	7.1134	8.8626	4.9023	
6	8.9853	7.4205	9.5202	5.5994	
7	9.8039	7.7617	10.0154	6.5119	
8	10.6492	8.1560	10.3632	7.5674	
9	11.2614	8.6137	10.7842	8.6006	
10	11.6973	9,2939	11.2208	9.5966	
11	12.0872	10.1409	11.7632	10.4632	
12	12.3918	11.0180	12.5354	11.1889	
i	601	589	563	487	

Ondo C

				Onde U	
	Pend	ule M	Pendu	le I	
Jours	Série 1	Série 2	Série 1	Série 2	
0	2.4739	1.6693	2.0870	0.5174	
1	2.7194	1.9625	2.2203	0.8864	
2	2.8772	2.2901	2.3269	1.1861	
3	2.9712	2.7037	2.4618	1.5276	
4	3.0283	3.1966	2.6346	1.8748	
5	3.0572	3.6884	2.8193	2.2499	
6	3.0409	4.2727	3.0991	2.5309	
7	3.0316	4.8831	3.4364	2.7394	
8	3.0796	5.4094	3.8132	2.9748	
9	3.2096	5.9454	4.2677	3.1128	
10	3.3909	6.4062	4.7779	3.2345	
11	3.6508	6.8061	5.2462	3.3844	
12	4.0203	7.1483	5.7211	3.4774	
13	4.4431	7.3434	6.1375	3.6255	
14	4.9354	7.5600	6,4564	3.8189	
15	5.4094	7.7215	6.8292	4.0432	
16	5.9540	7.7967	7.1965	4.3184	
17	6.4778	7.8484	7.5558	4.5994	
18	7.0798	7.8741	7.8634	4.9678	
19	7.5775	7.9712	8.1442	5.2925	
20	8.0991	8.0874	8.4305	5.6556	
21	8.5964	8.1343	8.7183	6.0031	
22	9.0367	8.1798	8.96~	6.3476	
23	9.4460	8.2977	9.1483	6.7744	
24	9.8132	8.4676	9.3912	7.1294	
n	273	264	244	203	

Chacune des sommes données dans la table VI a été fournie par un nombre d'observations n et est représentée par l'équation suivante :

$$L = a + bt + R \cos(\mu t - \xi), \tag{7}$$

où t est exprimé en heures moyennes et désigne le laps de temps passé à partir du début des jours spéciaux. Dans cette équation, les premiers termes représentent la partie non-périodique du mouvement du pendule qui est considérée comme proportionnelle au temps, les derniers termes représentent la partie périodique. En prenant

$$U = R \cos \xi$$
, $V = R \sin \xi$,

on peut inscrire l'équation (7) sous la forme :

$$L = a + bt + U \cos \mu t + v \sin \mu t.$$

On obtient ainsi pour chaque onde un système d'équations à quatre inconnues. On détermine a, b, u et v en les résolvant par moindres carrés. Nous avons déterminé les amplitudes et les phases initiales des ondes M₂, O, N, d'après u et v. Les résultats sont donnés dans la table VII.

Ta	b	1	е	V	H

,					
	Onde	Série	Pendule M	Pendule I	
•	M ₂		$\begin{array}{c} 0.700607 \cos(\mu_{\rm M} t - 5.5) \\ \pm .000013 \end{array}$	0."00502 cos (4M t-273.°1) +0.00050 (+0.4)	nad ikih edi
	97		0. $00554 \cos(\mu_{\rm M} t - 143.5)$ $\pm 0.00036 \left(\frac{\mu_{\rm M} t}{\pm 0.4}\right)$		Y. Y
	0		$\begin{array}{c} 0. \ 00409 \ \cos(p_0 \ t - 334.8) \\ \pm \ 000069 \end{array}$	$\begin{array}{c} 0. \ 00278 \cos(20 \ t-258.4) \\ + \ 000193 \end{array}$	
		11	$ \begin{array}{c c} 0. & 00398 & \cos(\mu_0 & t - 173. & 0) \\ \pm & 000073 & \pm 1. & 6) \end{array} $	$\underbrace{ \begin{array}{ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	in imagis C
89	0 N et(milija pesm m	0. 00105 cos("N1-234. 4) 	0. 00097 cos(2 1-143. 7) + . 000037 (2 1-143. 7)	majiji ed ardaabieė
4 444	année déterm	l a <mark>ll</mark> en	0. 00110 cos("N t - 81.°1) ± . 000024	$\begin{array}{c} 0. \ 00130 \ \cos(\frac{n_N}{1-331} \cdot 9) \\ \pm \ . \ 000023 \end{array}$	erijindik se Miskirin
,					

Pour l'onde O, les écarts L_{cale} , obtenus en substituant les valeurs trouvées a,b, u,v dans les équations, sont représentés par une onde de période semi-diurne, ce qui montre qu'il existe une onde négligée dont μ est multiple de μ_{o} .

Le procédé de Darwin permet de choisir non seulement une onde avec une vitesse angulaire μ_1 mais la somme des ondes dont les vitesses angulaires sont multiples de μ_1 On appelle l'ensemble de ces ondes "Ondes moyennes". Ainsi, si μ est multiple de μ_0 , les moyennes de ces ordonnées seront représentées par l'équation suivante :

$$L = a + bt + R_1 \cos(\mu_0 t - \xi_1) + R_2 \cos(2\mu_0 t - \xi_2).$$

C'est pourquoi, l'onde O a été calculée à nouveau en tenant compte du terme semi-diurne. Pour cela, les sommes des ordonnées, réparties d'après le temps spécial de l'onde O, ont été divisées par le nombre d'observations et représentées par les équations suivantes :

$$L = a + bt + u_1 \cos \mu \circ t + v_1 \sin \mu \circ t + u_2 \cos^2 \mu \circ t + v_0 \sin^2 \mu \circ t.$$

En résolvant par moindres carrés, nous avons déterminé les valeurs de a, b, u1, v1,u2, v2. Ensuite, nous avons calculé, d'après u1 et v1, l'amplitude et la phase initiale de l'onde O et d'après u2 et v2, l'amplitude et la phase initiale de l'onde semi-diurne O2.

Onde	Série	Pendule M	Pendule I
0		$\begin{array}{c} 0''00402 & \cos \left(\frac{\mu_0 t - 339^{\circ} 2}{\pm 0.5} \right) \\ \pm 000023 & \pm 0.5 \end{array}$	$\begin{array}{c} 0000255 & \cos(\frac{\mu_{o}t - 260^{\circ}8}{\pm 0.4}) \\ \end{array}$
	11	$\begin{array}{c} 0.00401 & \cos(\frac{\mu_{\circ}t - 177.1}{+ 0.9}) \\ \pm & 000032 & \end{array}$	$\begin{array}{ccc} 0.00235 & \cos(\nu_{\circ}t - 58.8) \\ 000074 & \pm 1.4 \end{array}$
O_2	I	$\begin{array}{c} 000035 & \cos \left(\frac{2\mu_{\bullet}t - 87^{\circ}1}{+3.3} \right) \\ \pm 000024 & +3.3 \end{array}$	$^{0.00050}_{\pm 000018}$ Cos $^{29.t-335°7}_{\pm 2.4}$
	90 00	$\begin{array}{c} 0.00035 & \cos\left(\frac{2\mu_{\bullet}t - 279.5}{\pm 000037}\right) \\ \end{array}$	$\begin{array}{c} 0.00045 \text{ Cos} \left(\frac{2\mu_{\bullet}t - 214.2}{\pm 7.5} \right) \end{array}$

Les erreurs dans la détermination de l'amplitude et de la phase initiale ϵ_R et ϵ_ξ sont calculées sur la base des considérations suivantes. Si R et ξ sont fonction de u et v

alors:
$$\Sigma_{R, \, \xi} = \pm \sqrt{\frac{\partial \, F}{\partial \, u}^2 + \frac{\partial \, F}{\partial \, v}^5 \, \varepsilon_{\, v}^2}$$
 (8) Dans notre cas
$$R = \sqrt{u^2 + v^2} \quad , \quad \xi = \text{arc } tg \frac{v}{u} \, .$$

En différenciant ces expressions par rapport à u et v nous avons obtenu :

$$\Sigma_{R} = \pm \sqrt{\frac{u^{2-2}}{u^{2} + v^{2}}} \stackrel{2}{\epsilon} \stackrel{v^{2}}{u^{2} + v^{2}} \stackrel{\epsilon}{\epsilon} \stackrel{v}{v}, \quad \epsilon_{\xi} = \pm \sqrt{\frac{u^{2}}{(u^{2} + v^{2})^{2}}} \stackrel{2}{\epsilon} \stackrel{v^{2}}{v} + \frac{v^{2}}{(u^{2} + v^{2})} \stackrel{2}{\epsilon} \stackrel{u}{u}$$

Les erreurs dans la détermination de R et ξ ont été calculées d'après ces formules.

§ 3. Détermination des ondes K1, P et S2.

La détermination des ondes de marées solaires offre de grandes difficultés. Ces difficultés résident en premier lieu dans le fait que ces ondes de marées sont masquées par des ondes diurnes d'origine météorologique qui ne restent pas constantes au cours de l'année. C'est pourquoi, il est impossible d'éliminer leur influence et les ondes solaires sont déterminées sans grande précision.

Pour la détermination des ondes de marée K₁, P et S₂, la méthode de Darwin devient désavantageuse. C'est pourquoi leur détermination a été faite par la méthode décrite par A.YaOrlov (1).

Les observations de deux années faites en fonction du temps moyen local ont été partagées en groupes de trois mois : depuis la mi-novembre à la mi-février, de la mi-février à la mi-mai et ainsi de suite pour les deux autres années d'observations. Ensuite on a pris les sommes des ordonnées pour chaque heure. On a tenu compte de la variation de la sensibilité h des pendules. Pour cela, chaque somme de trois mois d'ordonnées du pendule I a été multipliée par sa valeur h. Pour les observations de 1953 du pendule M on a pris une valeur de h pour chaque semaine et dans les observations de 1954 pour chaque groupe de trois mois. Nous donnons plus bas les valeurs de h utilisées pour la réduction.

Table VIII

		Pendul	e I	
N° des	.	No	des mmes	h
sommes		50	mines	11
0	0.''02305		4	0.''01822
1 361 and 26	01910		5	1826
2	01877		6	01868
3	01826		7	02206

Pendule M

Partie de l'année	h	Partie de l'année	h	Partie de l'année	h
1952.88	0.''02132	1953.20	0.''01677	1953.65	0.1101220
89	02126	23	01655	66	01210
90	02108	24	01644	68	01180
93	02096	$\overline{26}$	01622	71	01148
95	02084	28	01600	72	01116
97	02072	30	01578	74	01084
99	02040	32	01556	76	01052
1953.00	02024	34	01534	78	01020
02	01992	36	01512	90	01000
04	01960	38	01490	82	00958
06	01928	40	01470	84	00930
08	01896	42	01450	86	00902
09	01862	44	01430	88	00874
11	01817	46	01410	89	00860
13	01789	48	01390	92	00818
15	01761	49	01380	93	00804
17	01733	59	01280	1954.38	01918
18	01705	61	01260	52	01817
	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	63	01240 {	66	01716

Les observations de 1953 et 1954 pour les mêmes mois ont été réunies. Ainsi nous avons obtenu trois sommes de trois mois. Ces sommes, exprimées en secondes d'arc et rapportées au point nul arbitraire, sont données dans la table IX.

TableIX

Pendule M

Jours	6,	61	63	63
0	1.′′1676	0.′′2045	0.114248	-0.''1159
Ì	2142	5403	9998	3072
2	2488	8709	1.4081	6125
2 3	2776	1.1430	7501	7686
4	2519	3034	9166	7937
5 6	2085	4154	9107	6989
6	1382	4648	7544	4401
7	1110	5323	4981	2772
8	1964	6376	2465	1992
9	4613	7903	1076	2786
10	1.8145	2.0308	0.9910	4778
11	2.2994	3274	9316	8162
12	8680	6279	9340	1.2945
13	3.4126	8779	9060	7467
14	9457	3.0197	8973	2.2163

Pendule M

CECENTARIANTANIA				
Jours	a ^O	G ₁	6.3	63
15 16 17 18	4.2827 5370 6586 6885 6159	3.0035 2.8850 6616 3907 1641	8863 8353 7903 8419 1.0613	6122 8655 3,0654 2012 4915
20 21 22 23	5347 4816 4656 4842	0450 0355 2347 5261	3752 7646 2.2249 7532	8969 4.3536 8728 5.4545

Pendule I

Jours	00	01	ບ _ລ	03 -2-24-24
0	0."3924	0."4027	-1.''4093	0.''5301
1	4606	5780	2784	0.3632
2	6079	6611	1832	0.1408
3	7873	7078	0935	0.0579
4	1.0059	8033	0169	0.2595
5	2669	8982	0.8693	0.3364
6	5311	1.1228	0.6149	0.1867
7	8797	4071	0.2727	0.0154
8	2.2353	7252	0.0771	0.2127
9	7077	2.0958	5204	4348
10 11 12 13	3.1271 4304 7086 8524 9657	3890 6310 7497 8262 8344	8927 1.2911 6240 9308 2.2245	6819 8283 9118 8795 7943
15	9213	8624	4977	6321
16	8553	9134	7932	5228
17	8611	3.0304	3.1074	4423
18	9757	2928	3581	4045
19	4.1096	6755	6554	4274
20	3849	4.1324	9734	4861
21	6822	6013	4.2465	5037
22	9347	9441	5119	4921
23	5.1411	5.2429	7176	3870
n	116	119	87	120

Chaque somme $\boldsymbol{\sigma}_{\scriptscriptstyle 1}$ a été représentée par une équation de la forme :

```
 \sigma_1 = a - |bt-| - R_{s_1} \cos \xi_{s_1} \cos t + R_{s_1} \sin \xi_{s_1} \sin t + \\ - R_{s_2} \cos \xi_{s_2} \cos 2t - |-R_{s_2} \sin \xi_{s_2} \sin 2t.
```

Pendule : M

Pendule 1

Ensuite ces coefficients ont été divisés par n et on a pris les moyennes

$$\sigma_m = \frac{1}{4}(\sigma_0 + \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3).$$

M
$$\sigma_{\rm m}$$
 = +0.0013952 cos t + 0.0008872 sin t + 0.0004080 cos 2t + 0.0028152 sin 2t I $\sigma_{\rm m}$ = -0.0010634 - 0.0014717 + 0.0025594 - 0.0008366

en fonction desquelles on a déterminé les ondes solaires diurnes et semi-diurnes.

Pendule M

Pendule I

$$S_1 = 0^{\circ}00165 \cos (t - 32^{\circ}5)$$
 $S_2 = 0^{\circ}00284 \cos (2t - 81.8)$ $S_3 = 0^{\circ}00241 \cos (2t - 339.7)$

L'amplitude de l'onde météorologique diurne S₁ obtenue est ici à peu près dix fois plus petite qu'à Poltava et à peu près la même qu'à Youriev où les conditions des observations comptent parmi les meilleures.

Les ondes de marées K₁ et P ont été déterminées d'après les différences σ_2 - σ_0 et σ_3 - σ_1 Préalablement, chaque σ_1 a été divisée par le nombre d'observations entrant en elle. Ensuite, ces différences ont été représentées par les équations :

$$\sigma_2 - \sigma_0 = a + bt + q_1 \cos t + q_2 \sin t$$
 $\sigma_3 - \sigma_1 = a + bt + q_3 \cos t + q_4 \sin t$,

 $q_1 = -1.8R_{\kappa} \cos \gamma_{\kappa} + 1.8R_{p} \sin \gamma_{p}$
 $q_2 = -1.8R_{\kappa} \sin \gamma_{\kappa} - 1.8R_{p} \cos \gamma_{p}$
 $q_3 = -1.8R_{\kappa} \sin \gamma_{\kappa} + 1.8R_{p} \cos \gamma_{p}$
 $q_4 = +1.8R_{\kappa} \cos \gamma_{\kappa} + 1.8R_{p} \sin \gamma_{p}$

t est exprimé en heures,

où

$$\eta_{\kappa} = \gamma_{\kappa} + 45^{\circ}$$
, $\zeta_{p} = \gamma_{\kappa} + 45^{\circ}$.

En déterminant par moindres carrés q1, q2, q3, q4 d'après les formules : Malabas les formul

$$q_4-q_1=+3,6R_K\cos\gamma_K$$
 $q_3-q_2=+3,6R_P\cos\gamma_P$ $-(q_2+q_3)=+3,6R_K\sin\gamma_K$ $q_1+q_4=+3,6R_P\sin\gamma_P$

on a calculé les amplitudes et les phases initiales des ondes K1 et P. Les résultats des déterminations sont les suivantes

Pendule M

Pendule I

Onde K_1 0"00722 $\cos(\mu_K$ t -304°7) 0"00322 $\cos(\mu_K$ t -184° Onde P 0.00190 $\cos(\mu_P$ t -200.0) 0.00045 $\cos(\mu_P$ t -32.

COMPARAISON DES OBSERVATIONS AVEC LA THEORIE

§ 1. Calcul des ondes théoriques.

L'oscillation compliquée de la verticale se décompose en une série d'harmoniques

$$\eta = M_2 + O + N + K_1 + S_2 + P + \dots$$

où chaque terme est de la forme :

R cos (
$$\mu t - \xi$$
).

La vitesse angulaire de propagation de l'onde (μ) ne dépend que des valeurs caractérisant le mouvement des astres perturbateurs tandis que l'amplitude R et la phase initiale ξ dépendent également de l'orientation des pendules.

La valeur théorique de chacune de ces ondes, c'est-à-dire la valeur que l'on obtient par la décomposition du potentiel de la force génératrice de marées dans l'hypothèse où la Terre est un corps absolument rigide, peut être représentée par :

et calculée à priori. Ici C et V_o sont les éléments astronomiques de l'amplitude et de la phase initiale, tandis que q et Q dépendent de l'azimut du pendule et de la latitude du lieu d'observation. Appelons C, le coefficient de l'onde.

Si α est l'azimut de la composante enregistrée par le pendule installé dans l'azimut $\alpha \circ = \alpha + 90^{\circ}$, alors les valeurs q et Q sont déterminées par les formules suivantes :

Pour les termes semi-diurnes

Pour les termes diurnes

q sin Q =
$$\cos \phi \sin \alpha$$
 d sin Q = $\sin \phi \cos \alpha$ q cos Q = $\cos \phi \sin \phi \cos \alpha$ q cos Q = $-\cos 2 \phi \cos \alpha$ (9)

Les azimuts sont calculés comme en Astronomie, c'est-à-dire à partir du point Sud et vers l'Ouest.

Nos pendules sont installés dans les plans du méridien (α = 0°) et du premier vertical (α = 90°). Les valeurs de q et Q obtenues d'après les formules (q) sont :

Pour les ondes semi-diurnes :

Pendule M
$$\alpha = 270^{\circ}$$
 Q = 270° $\log q = 9.74975$
Pendule I $\alpha = 0^{\circ}$ Q = 0° $\log q = 9.66711$

Pour les ondes diurnes :

Pendule M
$$\alpha = 270^{\circ}$$
 Q = 270° $\lg q = 9.91776$
Pendule I $\alpha = 0^{\circ}$ Q = 0° $\lg q = 9.56753$

La latitude du lieu est $\phi = 55^{\circ}50'24''$ et sa longitude $\lambda = -3h.254$.

Les valeurs C et V_o pour les différentes ondes ont été calculées d'après les formules suivantes [8] :

$$M^{2} \quad C = \left(1 - \frac{5}{2}e^{2}\right)\cos^{4}\frac{J}{2}$$

$$V_{0} = 2T_{0} + 2(h_{0} - s_{0}) + 2(\xi - v)$$

$$O \quad C = \left(1 - \frac{5}{2}e^{2}\right)\sin J\cos^{2}\frac{J}{2}$$

$$V_{0} = T_{0} + (h_{0} - v) - 2(s_{0} - \xi) + 90^{o}$$

$$N \quad C = \frac{7}{2}e\cos^{4}\frac{J}{2}$$

$$V_{0} = 2T_{0} + 2(h_{0} - s_{0}) + 2(\xi - v) - (S_{0} - P_{0}) \qquad (10)$$

$$K_{1} \quad C = \left(1 + \frac{3}{2}e^{2}\right)\sin J\cos J + \frac{\tau_{1}}{\tau}\left(1 + \frac{3}{2}e_{1}^{2}\right)\sin \omega\cos \omega$$

$$V_{0} = T_{0} + (h_{0} - v^{1}) - 90^{o},$$

où ν_1 est fonction de ν , ω , J, i.

$$S_{2} \quad C = \frac{\tau_{1}}{\tau} \left(1 - \frac{5}{2} e_{1}^{2} \right) \cos^{4} \frac{\omega}{4}$$

$$V_{0} = 2T_{0}$$

$$P \quad C = \frac{\tau_{1}}{\tau} \left(1 - \frac{5}{2} e_{1}^{2} \right) \sin \omega \cos \frac{\omega}{2}$$

$$V_{0} = T_{0} + 90^{\circ}$$

Ici e est l'excentricité de l'orbite lunaire

e est l'excentricité de l'orbite terrestre

h est la longitude moyenne du Soleil.

s est la longitude moyenne de la Lune

J est l'inclinaison de l'orbite lunaire sur l'équateur

i est l'inclinaison de l'orbite lunaire sur l'écliptique

 ξ est la longitude moyenne du point d'intersection de l'orbite lunaire avec l'équateur.

 ν est l'ascension droite de ce point d'intersection.

P est la longitude moyenne du périhélie de l'orbite lunaire.

ω est l'inclinaison de l'écliptique sur l'équateur.

T est l'angle horaire du Soleil équatorial moyen.

Le signe zéro montre que les valeurs correspondantes sont prises pour le moment initial des observations. Ensuite,

$$\tau = \frac{2}{3} \frac{m}{m_0} \left(\frac{a}{r}\right)^3, \ \tau_1 = \frac{3}{2} \frac{m_1}{m_0} \left(\frac{a}{r_1}\right)^3,$$

où m, m_o et m₁ sont les masses de la Lune, de la Terre et du Soleil, a le rayon de la Terre, r et r₁ la distance du centre de la Terre à la Lune et au Soleil.

Dans le calcul V les valeurs h, s et p sont prises dans un annuaire (avec le calcul de la correction de longitude) pour l'époque du début des observations ; la longitude du noeud ascendant de l'orbite lunaire N est prise pour l'époque moyenne des observations. Ensuite, d'après la longitude N du tableau de Schweydar N° 9, on a trouvé les valeurs J, ν , ξ , a et d'après l'inclinaison J de la table N° 10 la valeur de ν_1 .

De cette façon, l'amplitude a été calculée pour l'époque moyenne des observations,

Pour les calculs, on a pris

Les ondes théoriques M_2 , O et N ont été calculées pour chaque série annuelle séparément et les ondes K_1 , S_2 et P pour le cycle des deux ans.

Les résultats du calcul des ondes théoriques sont données dans la table X.

Table X

Onde	Série	Epoque șnitiale	Epoque moyenne	v.
M_2		0h 14/XI 1952 0 7/I 1954	19 mai 1953 20 juillet 1954	84º6 309.1
0		0 14/XI 1952 0 7/I 1954	7 juin 1953 14 juillet 1954	112.4 281.5
N		0 14/XI 1952 0 7/I 1954	19 mai 1953 20 juillet 1954	218.7 9.0
k,		12 14/XI 1952	13 nov, 1953	150.7
S_2		12 14/X1 1952	13 nov. 1953	0.0
P		12 14/X1 1952	13 nov. 1953	216.6

On a calculé d'après ces données les amplitudes théoriques et les phases des ondes, les résultats sont donnés dans la table XI.

Table XI

Onde	Série	Pendule M	Pendule I
M ₂	1	0"00868 cos(\mu t-18594) 00880 -320.9)	0"00718 cos(µm t—275°4) 00728 — 50.9)
0	1	$ \begin{array}{ccc} 0.00609 & \cos(\mu_0 t & -157.6) \\ 00580 & -348.5 \end{array} $	$ \begin{array}{c ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
N	towat total	$\begin{array}{c} 0.00168 & \cos(\mu_{\rm N} t - 51.3) \\ 00170 & -261.0 \end{array}$	0.00139 cos(µN t —141.3) 00141 —351.0)
K ₁		0.00815 cos(μκ t—119.3)	0.00364 cos(μκ t —209.3)
S_2	et vietbereit, s	0.00413 cos(us t-270.0)	0.00342 cos(µs t — 0.0)
P		0.00253 cos(µp t — 53.0)	0.00113 cos(µp t —143.4)

§ 2 Comparaison des résultats des observations avec la théorie

Les résultats obtenus par la détermination des ondes de marées ont été comparés avec les résultats théoriques calculés dans l'hypothèse où la Terre est un corps absolument rigide.

Dans la mesure des courbes de pendules il faut tenir compte que la déclinaison positive du pendule doit correspondre à la direction positive des ordonnées. Si les ordonnées sont considérées comme positives en sens inverse alors il faut augmenter de 180° la phase initiale calculée pour la comparer avec les observations. Pour la facilité des mesures nous avons considéré les ordonnées des deux pendules comme positives quel que soit le sens ; toutefois la direction exacte a été choisie pour le pendule I. Par conséquent, il faut augmenter de 180° la phase théorique pour le pendule M.

Nous donnons dans la table XII les valeurs de R et ξ , obtenues par les observations et calculées théoriquement, ainsi que les valeurs de γ .

Table XII Pendule M (E.W.)

in the real	a final control				ya swithatti	of the factors.	
Onde	Série	R observ.	R théor.	7 e	ξιobs.	E théor	€н−€т
M ₂	pad market	0″00607 0.00554	0″00868 0 . 00870	0.699 0.630	5º5 143.5	5º4 140.9	+ 0°1 + 2.6
0	1	0.00402 0.00401	0.00609 0.00580	0.660 0.691	339.2 177.1	337.6 168.5	+ 1.6 + 8.6
N		0.00105 0.00110	0.00168 0.00170	0.625 0.647	234.4 81.1	231.3 81.0	+ 3.1 + 0.1
K_1		0.00722	0.00815	0.886	304.7	299.3	+ 5.4
P	10 110	0.00190	0.00253	0.751	200.0	233.4	-33.4
S ₂		0.00284	0.00413	0.688	81.8	90.0	- 8.2

Pendule I (N.S.)

Onde	Série	R observ.	R théor.	γn	β obs.	ξ théor.	ξн—ξτ
M ₂	1 1	0″00502 00470	0″00718 00728	0.699 646	273°1 53.2	275°4 50.9	$\begin{array}{ c c c c c c c c c c c c c c c c c c c$
0	I	0.00255 00235	0.00272 00259	0.938 907	260.8 58.8	247.6 78.5	+ 13.2 19.7
N	man hard	0 . 00097 00130	0.00139 00141	0.700 922	143.7 331.9	141.3 351.0	+ 2.4 - 19.1
K ₁	100	0.00922	0.00364	0.885	187.6	209.3	24.7
P		0.00045	0.00113	0.398	32.5	143.4	110.9
S_2		0,00241	0.00342	0.705	339.7	360.0	_ 20.3

Nous avons éliminé la valeur de γ pour les différentes ondes bien que toutes les ondes me sont pas déterminées avec une précision égale : plus l'amplitude de l'onde est faible et d'autant moins précise sera sa détermination. L'onde M_2 est obtenue avec le plus de précision.

Pour comparer les valeurs des amplitudes des différentes ondes, nous produirons un tableau où les amplitudes (voir ci-dessous) moyennes de R des ondes que nous avons déterminées par le calcul théorique sont exprimées en fractions de l'amplitude moyenne de l'onde M2.

	Pendule	e M			Pendul	e I	
M 2	1.000	Κı	0.918	М 2	1.000	K 1	0.496
0	0.611	S ₂	0.465	0	0.331	S_2	0.466
N	0.194	P	0.285	N	0.193	P	0.154

Nous voyons par là que l'amplitude de l'onde N est proportionnelle à l'excentricité de l'orbite lunaire et à peu près cinq fois plus petite que M_2 , c'est pourquoi à partir d'une série d'un an d'observations elle se détermine avec une précision insuffisante. La même remarque concerne aussi l'onde diurne O dont l'amplitude pour le pendule I est proportionnelle à cos 2ϕ et par conséquent faible aux latitudes moyennes.

En ce qui concerne la détermination des ondes solaires, comme nous l'avons déjà dit plus haut, elle est de moindre précision. Leurs périodes sont très proches des jours moyens.

Onde K₁
$$P_k = 23^h.9345$$

 $P_p = 24.0659$
 $P_{p_2} = 12.0000$,

C'est pourquoi les perturbations de tout genre qui les influencent avec la période du jour moyen sont difficiles à séparer.

Il convient de faire la détermination des ondes O, N, K₁, S₂ et P seulement pour une longue série d'observations. C'est pourquoi les résultats de la détermination des ondes O et N obtenus pour les deux séries et aussi de l'onde M₂ ont été réunis, pour que leurs amplitudes soient ramenées à une valeur moyenne.

La nécessité de ramener les amplitudes à une valeur moyenne provient du fait que la décomposition du potentiel de la force de pesanteur n'a pas été faite tout à fait rigoureusement, puisque les amplitudes R renferment encore la valeur J qui est fonction de la déclinaison et de la longitude du noeud de l'orbite lunaire. En outre, les amplitudes R ne restent pas invariables. A partir des observations elles-mêmes, nous ne pouvons obtenir que la valeur moyenne de R pour la période donnée des observations. Mais pour passer de R à une valeur constante et par conséquent avoir la possibilité de comparer les résultats de quelques années, on prend habituellement R=fH, d'où H=-R. Ici H est la valeur moyenne de R et f est le rapport du coefficient de l'onde C à sa

valeur moyenne C_o. La valeur de $\frac{1}{f}$ a été calculée d'après la table de Schweydar [8] (table 11).

Pour comparer les résultats de deux séries, outre la réduction de l'amplitude à une valeur moyenne, il faut que les phases initiales soient tout à fait comparables entre-elles.

Par la théorie on sait que $\xi=Q=V_\circ$ où Q est une valeur constante pour l'installation donnée des pendules et où V_\circ dépend des coordonnées du Soleil et de la Lune au moment du début des observations. C'est pourquoi elle peut avoir des valeurs allant de 0° à 360° . Par les observations mêmes on obtient $\xi=Q-V_\circ+\chi$ où χ est une valeur constante pour le lieu donné. Pour comparer entre-elles les phases initiales des ondes obtenues par les observations de deux séries, il faut ajouter à ξ observé, les valeurs de V_\circ correspondant aux séries données. Cette addition revient à déplacer le début des observations au moment pour lequel V_\circ est nul. Alors les valeurs $Q+\chi$ sont comparables entre-elles.

Dans la table XIII, nous donnons pour les ondes M₂, O et N les valeurs suivantes : 1/f, les amplitudes observées réduites à la valeur moyenne ($H_{obs} = 1/f R_{observ}$), V_o - partie astronomique de la phase initiale, Q - phase initiale qui dépend de l'endroit d'observation et de l'azimut du pendule, Q + $\dot{\chi}$ et enfin le nombre d'observation n.

Table XIII

Pendule M

		20 mm - 1 mm							
Onde	Série	1/6	H obs.	ξ théor.	V _o	Q+12	Q	n	
M ₃		1.022 1.009	0″00620 00559	5º5 143.5	84º6 309.1	90°1 92.6	90°0 90.0	611 606	
0	I	0.892 0.937	00359 00376	339.2 177.1	112.4 281.5	91.6 98.6	90.0 90.0	273 264	
(N .,	l I	1.022 1.009	00107 00111	234.4 81.1	218.7 9.0	93.1 90.1	90.0	601	

Pendule I

en up au Onde	Série	1/f	H obs.	ξ théor.	$\mathbf{v}_{\mathbf{o}_{\mathcal{S}_{i},\mathcal{C}_{i}}}$	Q+2	Q	n Poedo
M_2	I	1.022 1.009	0″00513 00474	273°1 53.2	84º6 309.1	357º7 362.3	0°0 0.0	576 508
0	I	0.892 0.937	00227 00220	260.8 58.8	112.4 281.5	13.2 340.3	0.0 0.0	244 203
N		1.022 1.009	00099 00131	143.7 331.9	218.7 9.0	362.4 340.9	0.0	536 487

Des observations des séries I et II on a pris des valeurs pondérées $H_{\tt observ.}$ et $Q + \chi$ (on a pris comme poids, le nombre des observations entrant dans la détermination de l'onde de la série donnée).

Pour comparer les ondes observées avec les ondes théoriques, il faut théoriquement multiplier par 1/f les amplitudes calculées ainsi que les amplitudes observées.

Nous donnons dans le tableau ci-dessous les valeurs observées et théoriques de H ainsi que de Q et Q + χ

		Pen	dule M		Pendu	ıle I
On	de		11000	Q+7. 388	11	$Q + \chi$
	M_2	observ. théor.	0″00590 00888	92°3 90,0	0″00495 00734	359°9 0.0
	0	observ. théor.	00367 00543	95.0 90.0	00224 00243	358.9 0.0
	Noa	observ. théor.	00109 00172	91.6 90.0	00114 00142	352.4 0.0

 γ est le rapport de l'amplitude observée à l'amplitude théorique - on a obtenu pour les ondes lunaires les valeurs suivantes :

Onde	Pendule M	Pendule I	yn - ye
M ₂ O N	$\gamma_e = 0.664$ $\gamma_e = 0.676$ $\gamma_e = 0.634$	γn=0.674 γn=0.922 γn=0.803	+0.010 +0.246 +0.169

Les différences entre les phases observées et théoriques des ondes M2, O et N sont les suivantes :

Onde	Pendule M	Pendule I
M ₂	+1°3	- 0^1
0	+ 500	- 1°1
N	+1°6	- 7°6

Ces différences montrent que les phases observées coincident bien avec les phases theoriques, c'est-à-dire, qu'à partir d'une série de deux ans d'observations, ces ondes sont déterminées avec une précision suffisante.

Les phases observées et théoriques des ondes solaires K₁, S₂, P divergent plus que les phases lunaires, notamment :

Onde	Pendule M	Pendule I
K 1 S 2	+ 5°4 - 8°2	- 24°7 - 20°3
P	- 33°4	- 110°9

§ 3. Détermination de la valeur définitive de y

La valeur de y obtenue pour différentes ondes est donnée dans la table XIV.

TableXIV

	Pendule M	Pendule I	yn - ye
M_2	$\gamma_e = 0.664$	$\gamma_n = 0.674$	+0.010
0	676	922	+0.246
N	634	803	+0.169
K,	886	885	-0.001
\mathbb{S}_2	688	705	+ 0.017
P	751	398	-0.0353

Etant donné que les ondes solaires sont déterminées avec une précision moindre que les ondes lunaires on les a prises en considération avec un poids moitié.

Pour le pendule M et I les valeurs de γ_e , γ_n ont été obtenues séparément pour les ondes diurnes et semi-diurnes en fonction des systèmes d'équations

Ondes	s diurnes	Ondes sem	i-diurnes
Pendule M	Pendule I	Pendule M	Pendule I
$543\gamma = 367$ $408\gamma = 361$ $126\gamma = 95$	243y = 224 182y = 161 56y = 22	$888_{\gamma} = 590$ $172_{\gamma} = 109$ $206_{\gamma} = 142$	$734_{\gamma} = 495$ $142_{\gamma} = 114/11$ $171_{\gamma} = 120$

Nous avons obtenu par moindres carrés

	Pour les ondes diurr	nes Pour les o	ndes semi-diurnes
M	y = 0,751		$\gamma_{e} = 0.665$
I	$\gamma_{\rm PL} = 0.891$		$\gamma = 0.680$
	ym - ye = +0.140	yr -	$\gamma_{2} = + 0.015$

Ces résultats indiquent qu'aussi bien les ondes diurnes que les ondes semi-diurnes donnent $y_n > y_e$. Il convient de rappeler que sous nos latitudes, on détermine les ondes diurnes par les observations au pendule I avec moins de précision que par les observations au pendule M. C'est pourquoi, la valeur de la différence $y_n - y_e$ obtenue par les ondes diurnes n'est pas suffisamment sûre. Quant aux ondes semi-diurnes, elles confirment les résultats préliminaires [9] que nous avions obtenus précédemment. Comme le montrent les observations de Tomsk [10], ces différences $y_n - y_e$, proviennent non pas d'erreurs instrumentales mais sont déterminées par les particularités réelles locales.

Ensuite nous avons déterminé les valeurs y par les observations du pendule M et I pour les différentes ondes à partir des systèmes d'équations :

Pendule M	M_{2} $888_{\gamma} = 590$ $734_{\gamma} = 495$	O 543y = 367 243y = 224	N $172_{\gamma} = 109$ $142_{\gamma} = 114$
	1/2 -	S 2	P.
Pendule M	815y = 722 364y = 222	$413_{\gamma} = 284$ $342_{\gamma} = 241$	$253_{\gamma} = 190$ $45_{\gamma} = 113$

d'où il résulte :

M 2	0.668	K 1	0.886
O_1	716	S 2	695
N_2	702	P_1	692

En réunissant les équations (11) pour le pendule M et I nous avons obtenu pour les ondes diurnes et semi-diurnes :

$$y = 0.775$$
 (diurnes)
 $y = 0.671$ (semi-diurnes)

les ondes diurnes donnent donc une valeur de y plus grande que les semi-diurnes.

La valeur définitive pour toutes les ondes est :

$$\gamma = 0.700$$

proche de la valeur classique 2/3.

Conclusion.

Jusqu'à présent on n'avait pas fait de détermination de γ entre Poltava et Tomsk. Cette lacune a été comblé e jusqu'à un certain degré par l'organisation de la station luni-solaire de l'Observatoire Astronomique de Engelhardt-Kazan. La comparaison des valeurs γ et γ_n - γ_e obtenues dans ces trois stations donne :

Poltava
$$y = 0.70$$
 $y_n - y_e = +0.05$
Kazan $= 0.70$ $= +0.02$
Tomsk $= 0.52$ $= +0.12$,

c'est-à-dire que pour toute station continentale on a $y_n > y_e$ En relation avec la construction de la nouvelle station, il était intéressant de connaître la qualité du sous-sol. Pour l'onde diurne météorologique S_1 , nous avons obtenu une amplitude dix fois plus petite qu'à Poltava et Tomsk et presque la même qu'à Youriev. Nous pouvons en tirer la conclusion que les influences secondaires de tout genre sont faibles dans notre sous-sol ce qui se confirme aussi par les résultats des déterminations des ondes N_2 , K_1 , S_2 et P_1 .

La détermination des ondes N₂, K₁, S₂ et P₁ n'a pas été faite tant pour obtenir la valeur de γ que pour caractériser la qualité des observations elles-mêmes aussi bien que celle de la cave dans laquelle elles sont effectuées. Les ondes N₂, K₁ et S₂ se déterminent cependant avec une précision déjà suffisante à partir d'une série de deux ans. C'est pourquoi elles ont été prises en considération, avec un poids moindre que M₂ et O₁, pour calculer la valeur définitive de γ .

Tout ceci montre la bonne qualité de la cave. C'est pourquoi, à l'avenir il est souhaitable de l'employer aussi pour les observations gravimétriques af in de pouvoir déterminer séparément les nombres de Love h et k.

Nous profitons de l'occasion pour exprimer notre reconnaissance à nos collègues de l'Observatoire Astronomique d'Engelhardt: A.Y. Nefedieva et N.A. Tchoudovitcheva (pour son aide dans l'installation des pendules), M.A. Efimova et R.Y.Gabdrakipova (pour son aide dans les calculs).

ACCUMENTATION OF A CONTROL BIBLIOGRAPHIE CONTROL CONTR

1. A. Ya. ORLOV

Sur les déformations de la Terre d'après les observations faites à Tomsk et Poltava avec les pendules horizontaux

Yzv. Ac. des Sc. URSS, série géographie et géophysique Nº 1, 139.

2. A.R. YVANOVA

Station pour les observations d'oscillation de la verticale à l'Observatoire astronomique Engelhardt.

resultzv. AO No. 27, 1951. I severe se appropriate la constitut de propriate de la constitución de la consti

3. A. ORLOV parametel adally have seed and the new aned decidentified residently indirect

Première série d'observations avec des pendules horizontaux à Youriev sur les déformations de la Terre sous l'influence de l'attraction lunaire.

Trav. de l'Obs. astr. de Youriev. Yn-ta T.XXIII, 1, 1911.

Gravimenten ist jedoch solvierte, de durch verschiedene instrumentelle besoeber sowie durch Enwickungen von Denck und Temperatur durch mit die bestrumente die Aufs**HIZTILAD .B.B. 4**1.

Sur la longueur réduite du pendule horizontal avec suspension de Zöllner Centre permanent de la Commission de Séismologie T.S. II, 1912.

thornweight described the finished for the state of the s Sur la détermination de la constante du pendule horizontal d'après le procédé de B.B.Galitzine. Yzv. Centre permanent de la commission de Séismologie

6. V.A. BARANOVe as brisk stroke asbusystims rate at substates startiful asploited met has Détermination de la force de pesanteur à l'Observatoire astronomique de Kazan ral 4,1910. Howard a reduction team can acquistive of a drink the take and and spice they

Weise etreupt wurden. Zum Vergfeich der Wignigesgänge allt dem Lafiduick nurder 7. Z.N. AKSENTIEVA and row of a sml particular representation and through a property and

Résultats d'une série de onze années d'observations (de 1930 à 1941) sur les oscillations de la verticale à Poltava.

Travaux de l'Observatoire de Poltava T. II, 1948.

Harmonische Analyse der Lotstorungen durch Sonne und Mond. Veröffentlichung des K. Preuss. Geod. Instit. N.F. No 59, 1914.

9. A.K. YVANOVA

suffice enden linterierzhangen wurden durch Gegistnerwusfille bedingt Résultats préliminaires des observations sur les oscillations luni-solaires de la verticale à l'Observatoire Astronomique Engelhardt.

A. Ts. No. 157, 1955. period for an easily make the formal most related and the most related most related and the transfer and the most related most related and the most related

10. Z.N. AKSENTIEVA

Résultats définitifs de la détermination de l'onde M2 dans les oscillations de la verticale à Tomsk de 1912 à 1920.

Travaux de l'Observatoire de Poltava. T. IV, 1951.

ZUM NACHWEIS LUFTDRUCKBEDINGTER KRUSTENBEWEGUNGEN MIT HILFE VON HORIZONTALPENDELN

von

Dietrich Simon *

Die durch meteorologische Luftdruckschwankungen verursachten Belastungsänderungen der Erdrinde sind so gross, dass mit messbaren Deformationen gerechnet werden muss. So entspricht z.B. einer Luftdruckerhöhung von 40 mbar eine zusätzliche Belastung pro Quadratmeter von 407 kp.

Der experimentelle Nachweis solcher unregelmässigen Hebungen und Senkungen mittels Gravimetern ist jedoch schwierig, da durch verschiedene instrumentelle Ursachen sowie durch Einwirkungen von Druck und Temperatur direkt auf die Instrumente die Aufzeichnungen verfälscht werden. Dagegen gelang es bereits LETTAU [1,2] und in neuerer Zeit TOMASCHEK [3] und WITKOWSKI [4], zeitweilige Zusammenhänge zwischen den Nullpunktsgängen hochempfindlicher Horizontalpendel und den luftdruckbedingten Belastungsänderungen grösserer Gebiete festzustellen. Doch fehlte bisher eine deutliche Korrelation mit dem örtlichen Luftdruck.

Durch eine Verbesserung des Auswerteverfahrens wurde von Simon [5] eine gute Übereinstimmung zwischen den Neigungsgängen der Horizontalpendel der Erdgezeitenstation Tiefenort und dem örtlichen Luftdruck gefunden. In der vorliegenden Arbeit wird an einem Teil des Materials von [5] untersucht, ob die Störungen der Nullpunktsgänge tatsächlich auf Krustenbewegungen zurückgehen oder ob sie durch Einwirkungen der meteorologischen Elemente in anderer Weise erzeugt wurden. Zum Vergleich der Neigungsgänge mit dem Luftdruck wurden diese durch den Übergang zu 5-stundigen Differenzenquotienten [ms/5 h] von Ihren linearen Komponenten befreit. Die entsprechende Luftdruckkurve wurde durch Anwendung des verkürzten Percevschen Gangermittlungsverfahrens gewonnen, das Gangdifferenzen in 5-stündigen Abständen liefert. Hierzu wurden die auf ein Zehntel mbar genauen Beobachtungswerte der 20 km südlich von Tiefenort gelegenen Wetterwarte Kaltennordheim benutzt.

Die Ergebnisse sind in den Anlagen 1 - 3 für die Zeit vom Dezember 1960 bis Mai 1961 dargestellt. Die Gangdifferenzen wurden durch ausgezogene Linien, die Luftdruckdifferenzen durch Strichelung gekennzeichnet. S und L bedeuten SCHWEYDAR-und LETTAU-Pendel. Die auftretenden Unterbrechungen wurden durch Registrierausfälle bedingt. Wie aus den Anlagen zu ersehen ist, folgen alle Pendel dem Luftdruck Verhältnismässig gut.

Damit ist allerdings noch nicht erwiesen, dass es sich hierbei wirklich um Luftdruckeffekte handelt. Denn bekanntlich bestehen zwischen Luftdruck- und Temperaturänderungen enge Beziehungen [6]. Auf Grund der geringeren Dichte kommt es beispielsweise beim Einzug von wärmeren Luftmassen in das Beobachtungsgebiet bei gleichzeitigem Temperaturanstieg zu Druckabfall, so dass man nach Elimination der harmonischen Variationen eine merkliche Ähnlichkeit von Luftdruck-und Temperaturgängen erwarten kann.

^{*} Institut für theor. Physik u. Geophysik d. Bergakademie Freiberg.

Im oberen Teil der Anlage 7 wurden die Luftdruckdifferenzenkurven (ausgezogen) denen der Temperatur (gestrichelt) gegenübergestellt, wobei die letzteren an der Abszisse gespiegelt und mit einem Faktor multipliziert wurden. An Hand der Abweichungen beider voneinander lässt sich die Frage beantworten, durch welche der beiden meteorologischen Variablen der gefundene Effekt bewirkt wird bzw. welche von beiden überwiegt. Im Falle einer besseren Übereinstimmung der Neigungskurven mit der Temperatur hätte man es, da sich diese im Messraum nur geringfügig ändert, mit einer thermischen Verbiegung der Erdkruste zu tun.

In den Anlagen 4 - 6 werden die Differenzenkurven der Nullpunktsgänge (ausgezogen) mit den nach dem gleichen Rechenschema ermittelten Temperaturdifferenzen von Kaltennordheim (gestrichelt) verglichen. Die Temperaturdifferenzen wurden mit dem gleichen Faktor wie oben von -2,2 multipliziert.

Tabelle 1 bringt die Korrelationskoeffizienten der Luftdruck-, Temperatur- und Neigungsgangdifferenzenkurven.

Offenbar lässt sich die zeitweilige Übereinstimmung von Temperatur- und Pendelgängen nur durch die Ähnlichkeit beider mit dem Verhalten des Luftdrucks erklären. Das gilt freilich nur für die hier betrachteten kurzzeitigen Störungen.

Zur Untersuchung des direkten Einflusses von Druck und Temperatur auf die Horizontalpendel von Tiefenort wurden die folgende Beobachtungen herangezogen.

Die übertägigen Temperaturvariationen lassen sich innerhalb der Messkammer, die in einem vom Wetterstrom verhältnismässig dicht abgeschirmten Teile des Grubenfeldes liegt, nicht nachweisen. Die Ursache dafür ist, dass der Wetterstrom durch Wärmeaustausch mit dem anstehenden Gestein auf seinem kilometerlangen Wege durch die Grubenbaue bereits eine nahezu konstante Temperatur angenommen hat. Nach UHLIG [7] schwankt die Temperatur im Messraum um durchschnittlich 0,1° C, wobei jedoch Maximalwerte bis zu 0,5° C gemessen wurden. Durch die Umkleidung der Pendel mit Hartfaserplatten liess sich aber die Wirkung auch dieser Temperaturvariationen so stark herabsetzen, dass zumindest die kleineren Temperaturänderungen keine Störungen der Pendelregistrierungen mehr verursachten.

Dagegen übertragen sich die atmosphärischen Druckänderungen fast unverändert auf den untertägigen Luftdruck. Im unteren Teil von Anlage 7 sind die Luftdruckkurven von Kaltennordheim (gestrichelt) zusammen mit den Barogrammen aus der Messkammer aufgetragen. Wie man sieht, treten an den Wochenenden infolge der Abschaltungen des Hauptgrubenlüfters plätzliche Schwankungen des Luftdruckes innerhalb des Grubengebäudes auf, die zu typischen Störungen der Horizontalpendelaufzeichnungen führen (s. Abb. 1).

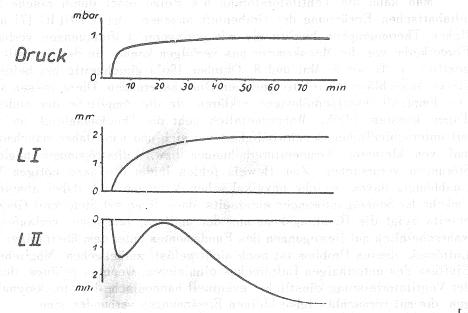


Abb. 1 Charakteristische Störungen infolge von Ventilatorabschaltungen an Wochenenden nach G. SEIFERT [8]

G. SEIFERT [8] hat nun gefunden, dass sich beim Pendel L: die sogenannten "Sonntagsstörungen" nach einem Eingriff anlässlich der Eichung und Neueinmessung im März 1961 eindeutig umkehren und somit instrumenteller Natur sind (s. Abb. 2).

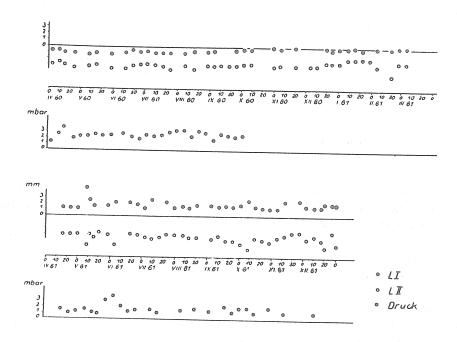


Abb. 2 Statistik der sogenannten "Sonntagsstörungen" in der Zeit vom April 1960 bis Dezember 1961 nach G SEIFERT 8

Wie die Anlagen 1 - 3 beweisen, wechseln dagegen die nach der Differenzenmethode eliminierten Luftdruckstörungen ihr Vorzeichen nicht, was wegen der Übereinstimmung von untertägigem und übertägigem Luftdruckgang eigentlich verlangt werden müsste.

Der für die Sonntagsstörungen berechnete Massstabsfaktor von 1,2 ± 0,5 ms/mbar zeigt starke statistische Schwankungen, die sich nicht allein durch Empfindlichkeitsänderungen erklären lassen. Dem gegenüber beträgt der aus den Ergebnissen der Jahre 1858 - 1961 für die anderen Luftdruckstörungen empirisch erschlossene Wert 0,7 ms/mbar. Die folgende Deutung der beiden Erscheinungen betrachtet diese Ähnlichkeit der Werte als zufällig.

Man kann die Ventilatorstörung als Folge einer durch rasche Druckerhöhung erzeugten adiabatischen Erwärmung der Grubenluft ansehen, zumal UHLIG [7] mit Hilfe eines empfindlichen Thermographen bereits die mit geringeren Luftstauungen verbundenen Bewegungen der Förderkörbe von der Messkammer aus verfolgen konnte. In der Statistik Abb. 2 findet man gelegentlich (z. B. am 8. Mai und 8. Oktober 1961) gleichzeitig bei beiden Pendeln ungewöhnlich starke Ausschläge bei relativ geringen Druckänderungen. Diese lassen sich nicht durch plötzliche Empfindlichkeitserhöhungen erklären, da die Amplitude der anderen Störungen an diesen Tagen konstant bleibt. Wahrscheinlich geht der Druckausgleich an den einzelnen Sonntagen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit vor sich und wird daher manchmal von grösseren, manchmal von kleineren Temperaturerhöhungen bzw. Luftströmungen begleitet, die entsprechende Störungen verursachen. Zum Beweis fehlen leider die dazu nötigen Temperaturfeinmessungen Unabhängig davon, welche physikalischen Vorgänge sich dabei abspielen, beweist jedoch die Umkehr der Sonntagsstörungen einerseits, dass diese mit Sicherheit Gerätestörungen sind. Andererseits zeigt die Richtungskonstanz der anderen, langsamer verlaufenden Störungen, dass sie wahrscheinlich auf Bewegungen des Fundamentes unter dem übertägigen o der dem untertägigen Luftdruck, dieses Problem ist noch nicht gelöst, zurückgehen. Möglicherweise liesse sich der Einfluss des untertägigen Luftdruckes eliminieren, wenn es gelänge, durch langsame Änderungen der Ventilatorleistung künstliche, eventuell harmonische Luftdrucksignale in der Grube zu erzeugen, die mit vernachlässigbar kleinen Erwärmungen verbunden sind.

Die Ergebnisse der Untersuchungen legen nahe, den Luftdruckeinfluss auf die Neigungsgänge der Horizontalpendel als eine Folge von Belastungsänderungen der Erdkruste aufzufassen, wobei jedoch noch nichts über die Art der dadurch bewirkten Deformationen ausgesagt ist. Es bleibt also noch die Frage, ob es sich um elastische Deformationen bzw. Bewegungen kleintektonischer Komplexe unter dem lokalen Luftdruck oder um Schwankungen ausgedehnter Schollen handelt.

Die Auswertung 4-jähriger Messungen an der Station Tiefenort (1958 - 1961) ergab unabhängig von der Pendelart eine konstante Neigungsrichtung. Bei Druckerhöhung schlugen die Neigungsmesser in südlicher bzw. in östlicher Richtung aus.

Für die anderen Erdgezeiten stationen des Institutes für theoretische Physik und Geophysik der Bergakademie Freiberg, Berggiesshübel [5] und neuerdings auch für Freiberg * erbrachte die Anwendung des obengenannten Verfahrens ebenfalls deutliche Beziehungen zwischen den Nullpunktsgängen der Klinometer und dem örtlichen Luftdruck. Im Gegensatz zu Tiefenort sind die Ausschläge bei Druckerhöhung an der Station Berggiesshübel nach Nordwesten und im 70 km davon entfernten Freiberg nach Südwesten gerichtet.

Es besteht demnach kein Hindernis, die Neigungsschwankungen als Schollenkippungen zu deuten. Dabei sind diese Schollen wegen der unterschiedlichen Neigungsrichtungen der Instrumente von Tiefenort, Berggiesshübel und Freiberg jedoch wesentlich kleiner als die von TOMA-SCHEK [3] für England angenommenen.

Den Anschluss an die von LETTAU [1,2] und TOMASCHEK [3] mit Hilfe der Interpretationsmethode von Lotschwankungen durch Belastungsänderungen auf Isoplethen gewonnenen Resultate vermag vielleicht die folgende Betrachtung zu geben.

Nach van BEBBER [10] bewegen sich die Tiefdruckgebiete vornehmlich auf sogenannten Wetterzugstrassen, die in Mitteleuropa in der Hauptsache westöstlich verlaufen (s. Abb. 3).

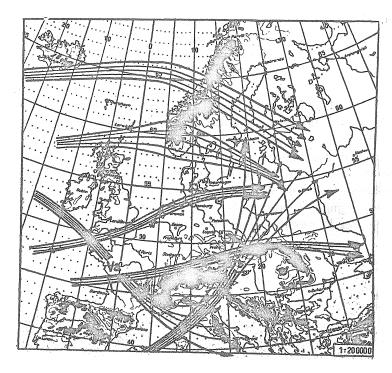


Abb. 3: Häufigste Zugstrassen bei Westwetterlagen nach SCHINZE und van BEBBER aus 10.

^{*} Nach einer mündlichen Mitteilung von M. Schneider.

Durch einen Vergleich der Luftdruckkurven einer Reihe von netzartig über Europa verteilten Stationen lässt sich zeigen [5], dass die Phasen der Luftdruckgänge von auf ein und demselben Meridian gelegenen Stationen annähernd gleich sind. Berechnet man daher die Belastungsänderungen auf einer sich nordsüdlich erstreckenden Isoplethe, so ist die Belastungskurve mit dem Verlauf des örtlichen Luftdruckes phasengleich und die Amplituden der Schwankungen sind je nach der Lage des Beobachtungspunktes und der Länge der Isoplethe grösser oder kleiner als die an der Station. Das bedeutet, dass man auch bei kleineren Schollen, die sich nur unter dem örtlichen Luftdruck neigen, eine Korrelation mit den Belastungsänderungen auf Nordsüdisoplethen selbst dann finden kann, wenn zwischen diesen Gebieten und der angenommenen Scholle kein Zusammenhang besteht.

Zur Erklärung der Lotschwankungen in der Westostrichtung genügt es, je nach ihrer Phasenverschiebung zum lokalen Luftdruckgang geeignete Gebiete östlich und westlich des Beobachtungsortes herauszusuchen, deren Luftdruckkurven sich zeitlich besser mit den Neigungsgängen in Einklang bringen lassen. Da für den betrachteten Zeitraum die Lotschwankungen den Luftdruckkurven durchschnittlich um einige Stunden vorauseilen *, käme nach [5] für Tiefenort das Gebiet von Nordfrankreich in Frage. Die Auswertung der Tiefenorter Registrierungen hat aber gezeigt, dass zu anderen Zeiten die Luftdruckkurven den Neigungsgängen vorauseilen können, so dass diese Phasenverschiebungen als Kriterium für Schollenneigungen nicht überbewertet werden durfen. Denn andererseits ist es nicht ausgeschlossen, dass die Schollen wesentlich kleiner sind, nämlich in der Grössenordnung kleintektonischer Strukturen. Die Frage kann nur durch Routinebeobachtungen an möglichst vielen Stellen entschieden werden, wobei man zweckmässigerweise in der Nähe bereits bekannter Messstationen beginnen sollte. So hat z. B. das Institut für theoretische Physik und Geophysik im Juli 1964 in Tiefenort etwa 300 m von der alten Messstelle entfernt eine neue Station eingerichtet. Auch in Freiberg registrierten 1963 - 1964 Horizontal- und Vertikalpendel an drei verschiedenen Punkten.

Von grosser Bedeutung wären Registrierungen der dritten Komponente dieser Krustenbewegungen mit Hilfe von Gravimetern in untertägigen Messkammern mit konstanter Temperatur, wie z. B. in Tiefenort. Denn ohne diese ist eine definitive Aussage über die Art der Bewegungen nicht möglich.

Die in [5] für eine Messdauer von 450 Tagen erhaltenen Ergebnissewidersprechen den von TOMASCHEK [3] für eine 7-tägige Lotschwankung in Winsford/England gefundenen, da sich die dort beobachteten Neigungsstörungen nicht mit dem örtlichen Luftdruck in Einklang bringen lassen. Für weitere Untersuchungen wäre eine Bearbeitung des gesamten Registriermaterials von Winsford/England, eventuell mit Hilfe der oben beschriebenen Methode, von Nutzen. Denn falls längere Beobachtungsreihen die Resultate von Winsford bestätigen, wäre dadurch der Beweis von Schollenbewegungen erbracht, der sich in Tiefenort, Berggiesshübel und Freiberg wegen der Übereinstimmung der Bewegungen mit den lokalen Luftdruckkurven nicht durchführen lässt.

^{*} Mit Ausnahme des Pendels L1. Inzwischen wurde aber durch Vertauschen der beiden LETTAU-Pendel nachgewiesen, dass die Phasenverzögerung dieses Gerätes gegenüber den anderen Pendeln instrumentell bedingt ist.

Bei der Kompliziertheit der Zugstrassenverhältnisse der Luftmassen über den britischen Inseln müsste aber noch überprüft werden, ob nicht in einem unweit vom Beobachtungsort gelegenen Gebiet die gleichen Belastungsverhältnisse wie auf der Isoplethe herrschen, die von TOMA-SCHEK zur Auswertung herangezogen wurde. Diese sich von Marseille nach Island hinziehende Gerade schneidet nämlich, wie Abb. 3 zeigt, die Zugstrassen fast senkrecht. Die örtlichen Abweichungen des Luftdruckes könnten unter Umständen auf Störungen durch die Va-Strasse zurückgehen. Damit würde das Einflussgebiet näher am Beobachtungsort liegen und eine kleinere Scholle wäre denkbar.

An Hand des Massstabfaktors von 0,7 ms/mbar lässt sich erkennen, dass der Gesamteffekt (40 mbar = 28 ms) gerade in der Grössenordnung der Gezeitendeformationen der Erdkruste liegt. Zu genauerem Studium ist daher der gleiche messtechnische Aufwand wie bei Erdgezeitenregistrierungen notwendig. Für eine blosse Richtungsbestimmung der Neigungen genügen dagegen kürzere Messperioden und auch die Auswertung mit Hilfe des Percev'schen Verfahrens ist weniger aufwendig.

Abschliessend möchte ich Herrn Professor Dr. W. Buchheim für die Anregung zu dieser Arbeit danken. Ebenso danke ich Herrn Meteorologen Steinke von der Wetterwarte Kaltennordheim für die Bereitstellung des Beobachtungsmaterials.

LITERATUR

1. LETTAU, H.

Lotschwankungen unter dem Einfluss von Gezeitenkräften und atmospärischen Kräften. Gerl. Beitr. Geophys. 51 (1937) S. 250 - 269

2. LETTAU, H.

Das Horizontalpendel.

Zeitschrift Geophysik 13 (1957) S. 25 ff.

3. TOMASCHEK, R.

Schwankungen tektonischer Schollen infolge barometrischer Belastungsänderungen Freib. Forsch. - II. C 60 (1959) S. 35-55.

4. WITKOWSKI, J.

Recherches sur les pendules doubles type Lettau faites à la station de latitude de l'Académie Polonaise des Sciences à Borowiec.

Quatrième Symp. Intern. sur les Marées Terrestres Bruxelles, 5-10 juin 1961, S. 186-189.

5. SIMON, D.

Analyse von Neigungsgängen bei Horizontaldoppelpendeln nach Lettau auf meteorologische Effekte hin.

Freib. Forsch.-II. C 194 (im Druck).

6. SCHNEIDER-CARIUS, K.

Die Grundschicht der Troposphäre.

Akad. Verlagsges. Geest und Portig, Leipzig 1953.

7. UHLIG, G.

Einfluss von Luftturbulenz und Lufttemperaturschwankungen auf Horizontalpendel.

Centre Intern. des Marées Terrestres Observ. R. de Belgique.

Bull. d'Inform. Nr. 15 (1959) S. 235-245.

8. SEIFERT, G.

Auswertung der Erdgezeitenregistrierungen mit Lettau-Doppelpendeln auf der Station Tiefenort auf kurzzeitige, nicht meteorologisch bedingte Störungen hin.

Unveröffentl. Diplomarbeit am Institut für theoretische Physik und Geophysik der Bergakademie Freiberg (1963).

9. BUCHHEIM, W. PALLAS, W. und SCHNEIDER, M.

Ausführlicher Abschlussbericht zum Forschungsauftrag "Krustenfeinbewegungen" 1956-1961. Unveröffentl. Forschungsbericht beim Institut für theoretische Physik und Geophysik der Bergakademie Freiberg, (1961) 60 Seiten.

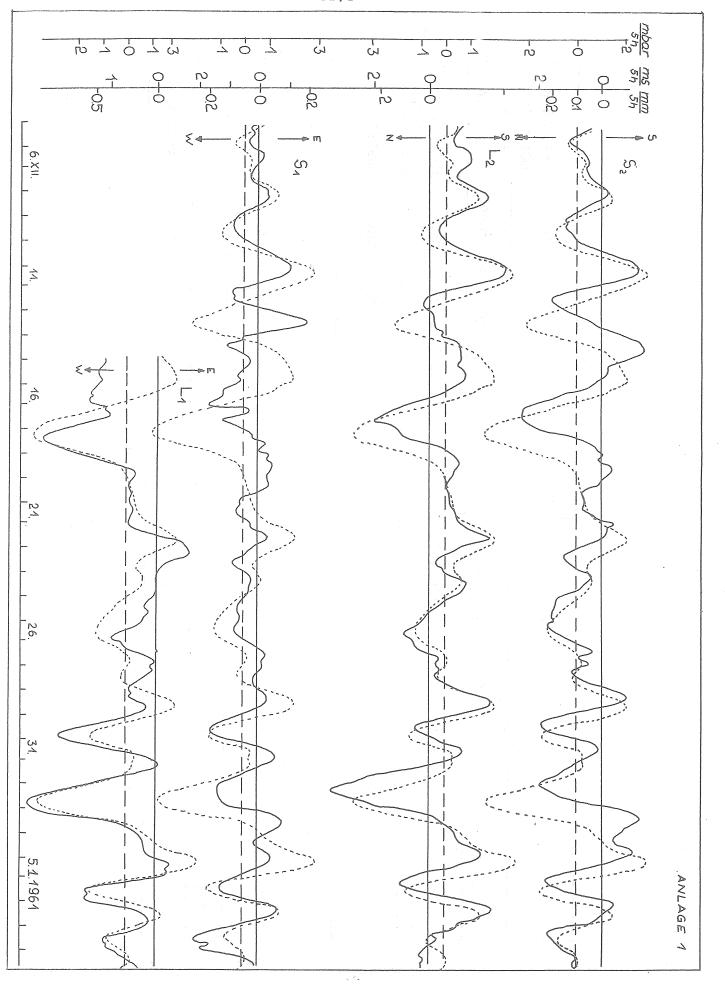
10. SCHERHAG, R.

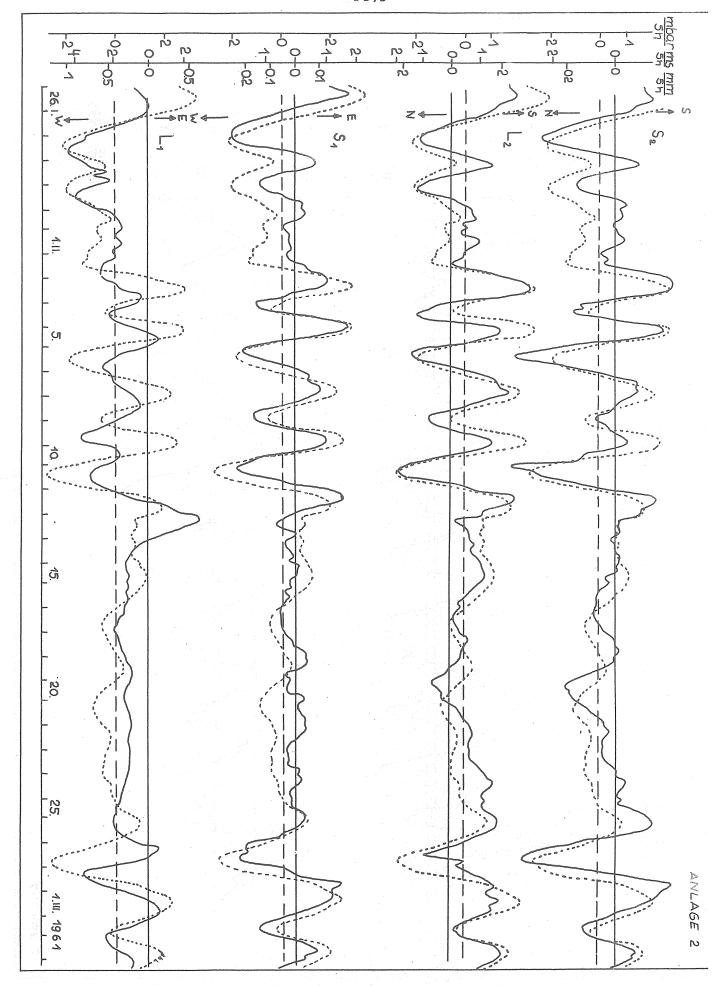
Wetteranalyse und Wetterprognose.

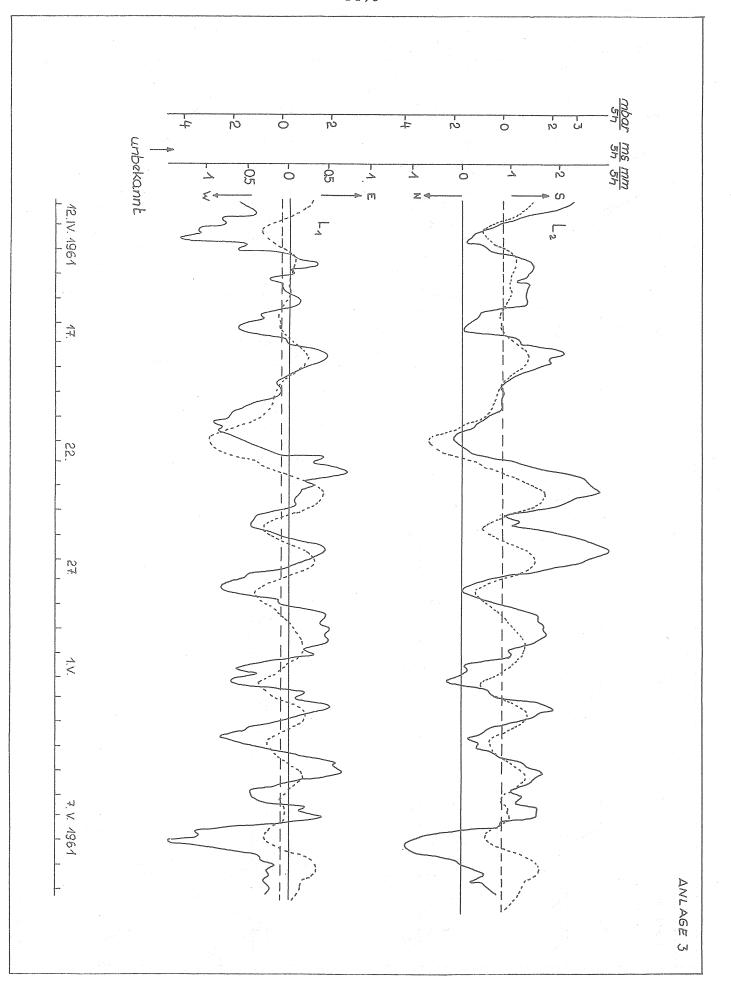
Springer-Verlag Berlin (1948).

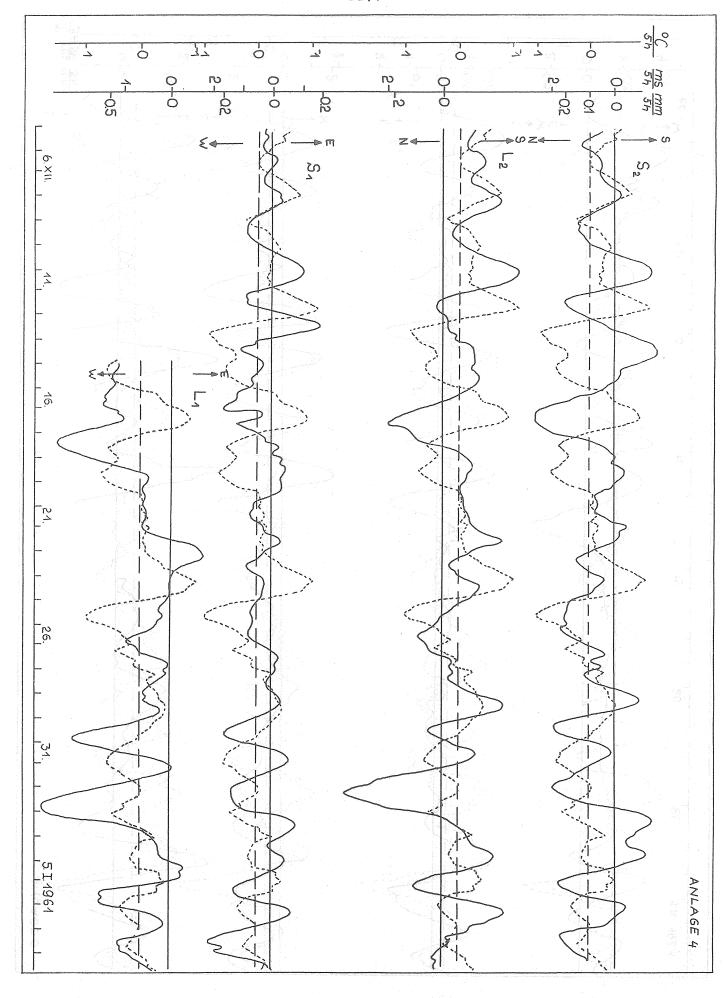
		<u> </u>			
für > 100 Meßwerte	Wittel-	11,4,61	26, 1, 61 5, 3, 61	77.12.60 17.12.60 19.1.61	Zeitraum
0,34	Temperatur-Druck	132	183	17 77 33 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17 17	Anzahl der Meßwerte
)ruck	0,42	0, 35	0,26	DT
0.70	Druck-Pendel	0.51 0.68	0.73 0.66 0.74	0,84	Kori
0.30	Temperatur-Pendel	0,31 0,41	0,32 0,22 0,34	0,13	Korrelationskoeffizienten
0.75	Pendel-Pendel	0.73	0.79 0.70 0.85	0,67	n Tyrs Sys Syrs Szr Szr

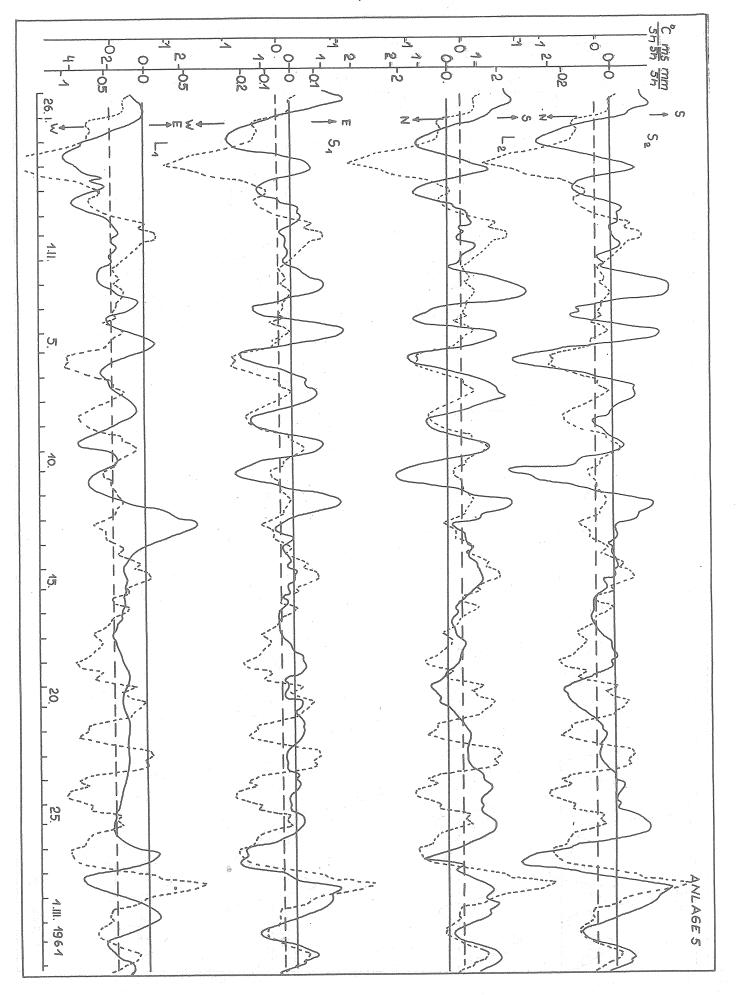
Tabelle 1

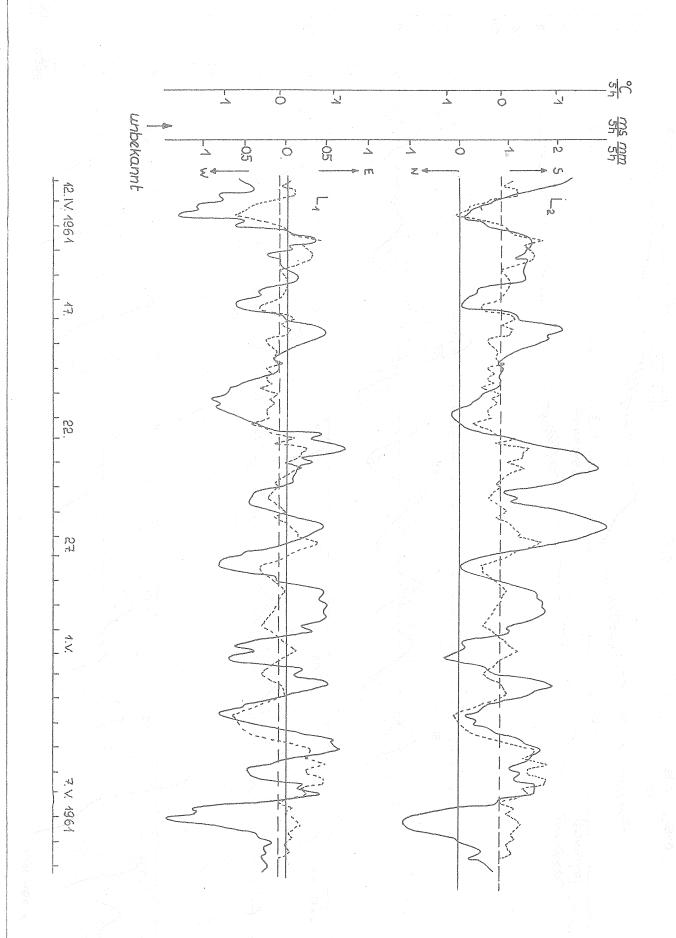




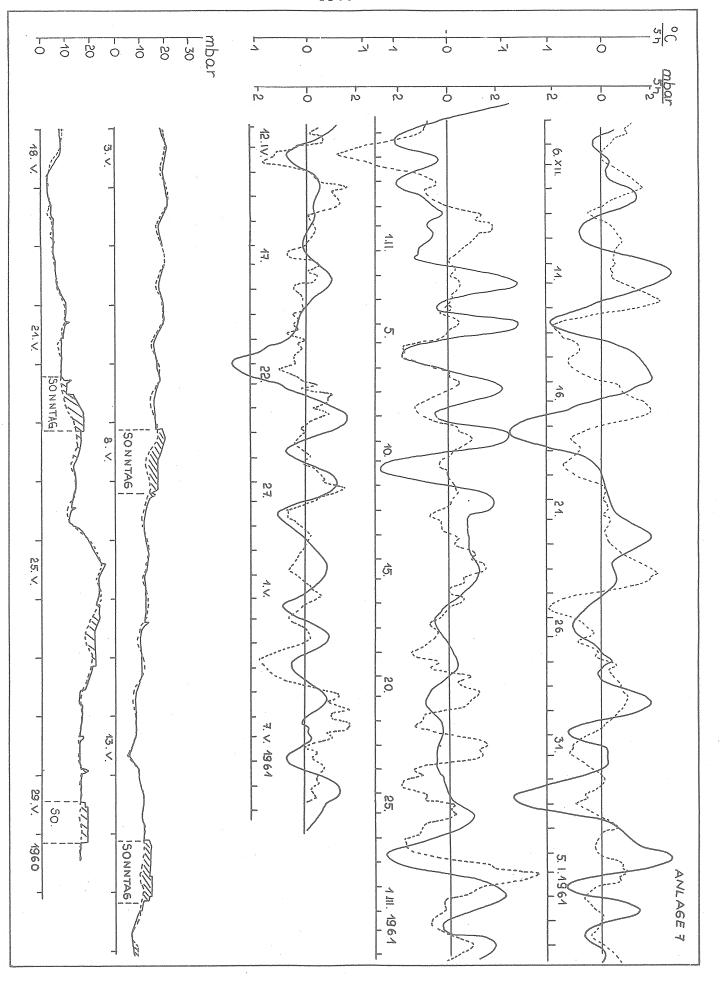








ANLAGE 6



ERFAHRUNGEN MIT DER NEUEN REGISTRIERANLAGE ZU DEN ASKANIA-GRAVIMETERN GS 11 UND GS 12.

von Manfred BONATZ

Institut für theoretische Geodäsie der Universität Bonn.

1. Vorbemerkung

Dem Institut für theoretische Geodäsie der Universität Bonn steht zur Erdgezeitenregistrierung seit Januar 1963 die neue Registrieranlage der Firma Askania, Berlin, zur Verfügung. Diese Anlage war seit diesem Zeitpunkt in Verbindung mit dem Askania-Gravimeter GS 11 Nr.116 dauernd in Betrieb. Über die in dem Zeitraum von über 2 Jahren gesammelten Erfahrungen mit der neuen Anlage soll hier berichtet werden.

2. Kurze Beschreibung der Registrieranlage.

Die Registrieranlage besteht im wesentlichen aus einem photoelektrischen Gleichspannungsmessverstärker (Abb. 1), der die von den Photozellen des Gravimeters erzeugte Spannung soweit verstärkt, dass sie von einem Kompensationsschreiber (Abb. 2) registriert werden kann. Dabei wird die am Verstärkerausgang auftretende Messspannung durch eine Gegenspannung mit Hilfe eines im Schreiber eingebauten Potentiometers auf Spannungsnull kompensiert. Die jeweilige Stellung des Potentiometerabgriffs liefert einen Analogwert der zu registrierenden Spannung.

Die Registrierbreite beträgt 250 mm, der Papiervorschub 7,5 mm/h. Zeitmarken werden stündlich von einer Schaltuhr ausgelöst.

Die Arbeitsweise der neuen Registrieranlage wird im einzelnen in [1] und [2] beschrieben.

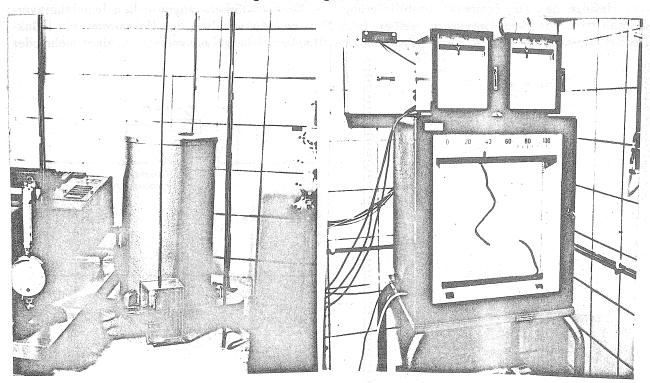


Abb. 1

Abb. 2

3. Die Betriebssicherheit.

Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Registrieranlage ist die Frage nach der Betriebssicherheit von entscheidender Bedeutung, da es ja bei der Erdgezeitenregistrierung wesentlich darauf ankommt, den Gezeitenverlauf über möglichst lange Zeiträume lückenlos zu erfassen. In dieser Hinsicht konnte die alte Registrieranlage (lichtmarkengalvanometer mit Nachlaufschreiber) nicht ganz befriedigen [3].

In dem genannten Zeitraum von über zwei Jahren traten an der neuen Registrieranlage nur zweimal geringfügige Störungen auf:

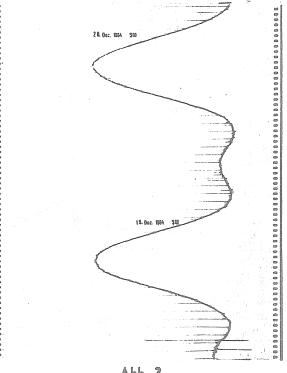
Einmal setzte der Antrieb für den Papiervorschub des Registrierschreibers aus. Der Schaden konnte durch leichtes Ölen des Antriebsuhrwerkes sofort behoben werden.

Ein andermal stellte sich der Schreibstift des Registrierschreibers an einer bestimmten Stelle der Registrierskala nicht mehr auf den Messwert ein ; er pendelte vielmehr ständig hin und her bis, infolge des Gezeiteneinflusses, ein um einige Millimeter veränderter Messwert erreicht war. Die Ursache hierfür lag in einer leichten Verschmutzung der Wendel des Registrierpotentiometers. Nach einer sorgfältigen Säuberung des Potentiometers war der Fehler beseitigt. Diese zweckmässig in regelmässigen Zeitabständen durchzuführende Säuberung gehört, laut Betriebsanleitung, zu den Wartungsarbeiten der Anlage; die genannte Störung lässt sich also bei entsprechender Pflege ohne Schwierigkeiten vermeiden. Ausserdem wurde die Registrierung durch das Pendeln des Schreibstiftes an bestimmten Stellen der Registrierskala kaum beeinträchtigt.

Darüber hinaus traten an der neuen Registrieranlage, einschliesslich der sehr genauen Schaltuhr (Schaltgenauigkeit besser als ± 1 sec), keine weiteren Störungen auf, so dass diese Anlage hinsichtlich ihrer Betriebssicherheit als ein echter Fortschritt angesehen werden kann.

4. Der Induktionseffekt im Messverstärker.

Infolge des zur Temperaturstabilisierung des Messverstärkers angewandten Impulsheizverfahrens tritt, wie beim Gravimeter selber, beim Ein- und Ausschalten des Heizstroms ein Induktionseffekt auf, der sich je nach Dämpfung des Messverstärkergalvanometers in einer mehr oder



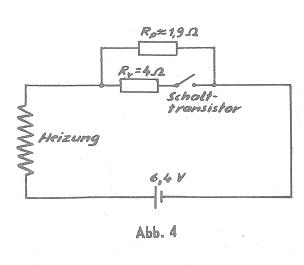


Abb. 3

weniger starken Verbreiterung der Registrierkurve zeigt. Dieser Induktionseffekt wurde durch Anwendung des Prinzips der Dauerheizung mit überlagerter Impulsheizung [4] weitgehend ausgeschaltet (Abb. 3). Bei einer Raumtemperatur von 22° C und einer Heizspannung von 6,4 V wurden folgende Widerstände verwendet (Abb. 4): Vorwiderstand $R_V = 4\Omega$, Parallelwiderstand zum Schalttransistor $R_{P} \approx 1.9\Omega$ (Regelwiderstand). Die dieser Widerstandskombination entsprechenden mittleren Schaltzeiten des Messverstärkerthermostaten betrugen: ein 4,5 min, aus 4,1 min.

5. Die Verstärkung der Registrieranlage.

Der Verstärkungsgrad der Anlage kann (bei konstantem Strom für die Beleuchtung der Photozellen des Messverstärkers und des Gravimeters) durch zwei Parallelwiderstände R_G und R_S (Abb. 5) am Verstärkereingang und Verstärkerausgang geregelt werden. Der Widerstand R_G am Verstärkereingang ist gleichzeitig Dämpfungswiederstand für das Galvanometer des Messverstärkers (und das Gravimetergalvanometer). Damit hat man die Möglichkeit, die den jeweiligen örtlichen Gegebenheiten (Mikroseismik) entsprechende optimale Dämpfung für das Messverstärkergalvanometer einzustellen, ohne dass auf den damit verbundenen Empfindlichkeitsverlust Rücksicht genommen werden muss: Der Empfindlichkeitsverlust kann durch Vergrösserung des Widerstandes R_S am Verstärkerausgang kompensiert werden. Der Verstärkungsspielraum des Messverstärkers ist so gross Abb. 6 und 7), dass selbst bei stärkster Bedämpfung des Galvanometers, wie sie etwa im Gebiete starker Bodenunruhe notwendig werden kann, immer eine Registrierung mit hoher Empfindlichkeit (etwa $2\mu Gal/mm$) möglich ist. Darin liegt ein weiterer Fortschritt der neuen Registrieranlage gegenüber der alten Anlage.

6. Die Linearität der Messwertanzeige

Die Linearität der Messwertanzeige wurde durch etwa 120 Versuchseichungen mit verschieden grossen Eichausschlägen, die über die gesamte Registrierbreite verteilt wurden, eingehend untersucht. Als Eichverfahren wurde das Verfahren der Eichung mittels vertikaler Labor-Eichstrecke angewandt. Das Verfahren sowie die Eichergebnisse sind in [5] beschrieben und nachgewiesen.

Es zeigte sich, dass bei einer Registrierempfindlichkeit von etwa 2 μ Gal/mm der Zusammenhang zwischen Schwereänderungen und den entsprechenden Änderungen der Messwertanzeige innerhalb des mittleren Registrierfehlers von \pm 2 bis \pm 3 μ Gal als linear angesehen werden kann. Die Untersuchungen wurden bei folgenden Bedingungen durchgeführt : Raumtemperatur 22° C, Strom für die Beleuchtung der Photozellen des Gravimeters (nach dem Einbau einer neuen Lampe) etwa 170 m A, Strom für die Beleuchtung der Photozellen des Messverstärkers etwa 145 m A, Parallelwiderstand R_G am Verstärkereingang 20 k Ω , Parallelwiderstand R_S am Verstärkerausgang 15 k Ω .

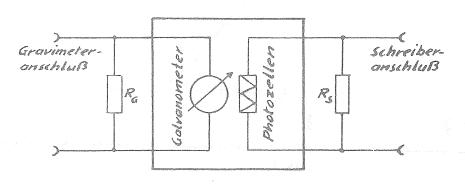
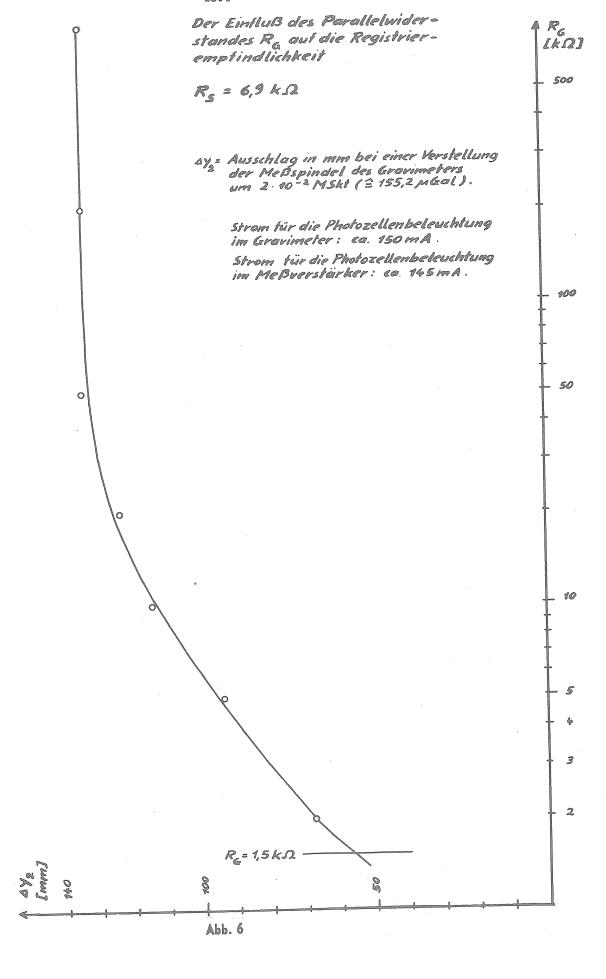
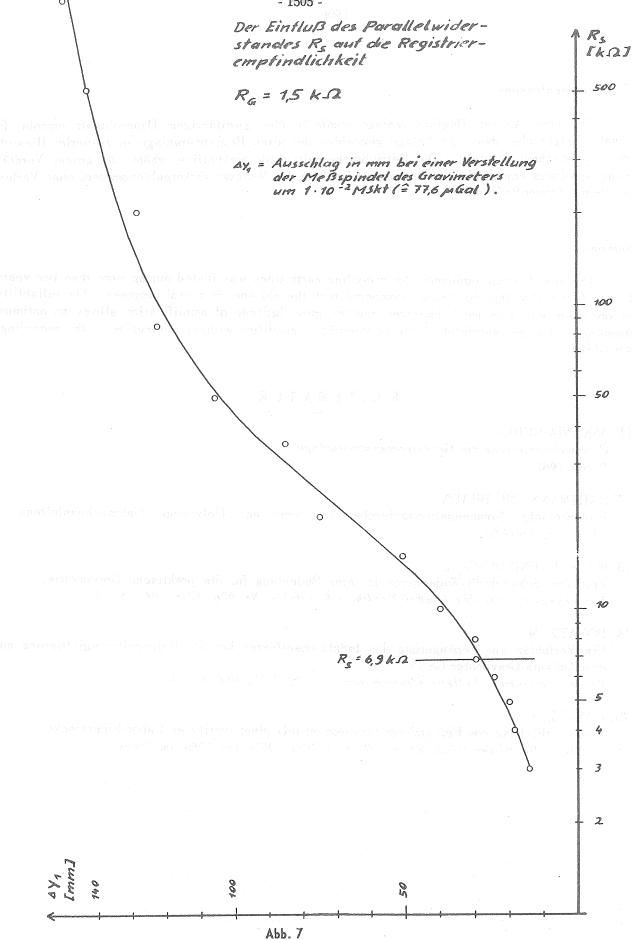


Abb. 5







7. Zusammenfassung.

Die neue Askania-Registrieranlage wurde in über zweijährigem Dauereinsatz erprobt. Es wurde festgestellt, dass die Anlage gegenüber der alten Registrieranlage in zweierlei Hinsicht einen Fortschritt darstellt: Die Betriebsicherheit wurde wesentlich erhöht, der grosse Verstärkungsspielraum ermöglicht eine optimale Dämpfung des Messverstärkergalvanometers ohne Verlust an Registrierempfindlichkeit.

Summary.

The new Askania-equipment for recording earth-tides was tested during more than two years. It was found, that this equipment, compared with the old one, is a real progress: The reliability of operation was very much improved and the great latitude of amplification allows an optimum damping of the galvanometer of the photoelektric amplifier without diminution of the recording-sensibility.

8. LITERATUR

- [1] ASKANIA-WERKE Gebrauchsanleitung zur Gezeitenregistrieranlage, Berlin 1962.
- [2] HARTMANN UND BRAUN
 Elektronische Kompensationsschreiber Linecomp und Polycomp, Gebrauchsanleitung,
 TR 13 3, Frankfurt.
- [3] WOLF, H. UND HEITZ, S. Zeitliche Schwerkraft-Änderungen in ihrer Bedeutung für die praktische Gravimetrie, Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 926, Köln 1961, S. 13.
- [4] BONATZ, M.
 Ein Verfahren zur Verringerung des Induktionseffektes bei der Erdgezeitenregistrierung mit dem Askania-Gravimeter GS 11,
 Marées Terrestres, Bulletin d'Informations, Nr 38, 1.11.1964, S. 1347.
- [5] BONATZ, M.
 Uber die Eichung von Registriergravimetern mittels einer vertikalen Labor-Eichstrecke, Veröff. d. Deutschen Geod. Komm., Reihe C Diss., München 1965, im Druck.

ZUR BESTIMMUNG DES GUNSTIGSTEN DAMPFUNGSWIDERSTANDES BEI DER ERDGEZEI-TENREGISTRIERUNG MIT DEM ASKANIA-GRAVIMETER GS 11 IN VERBINDUNG MIT LICHT-MARKENGALVANOMETER UND NACHLAUFSCHREIBER

von

Manfred BONATZ

Institut für theoretische Geodäsie der Universität Bonn.

Bei der Erdgezeitenregistrierung mit dem Askania-Gravimeter GS 11 (12) wird infolge des Induktionseffektes beim Schalten der Gravimeterthermostaten sowie infolge verschiedener äusserer Einflüsse (Mikroseismik) die Registrierkurve nicht als Linie sondern meist als ein etwa gleichmässig breites Band aufgezeichnet (Abb. 1).

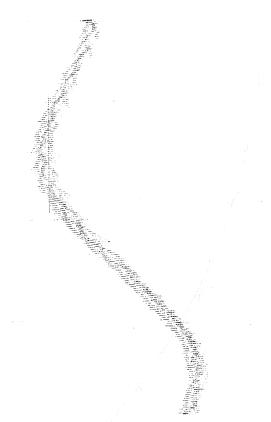
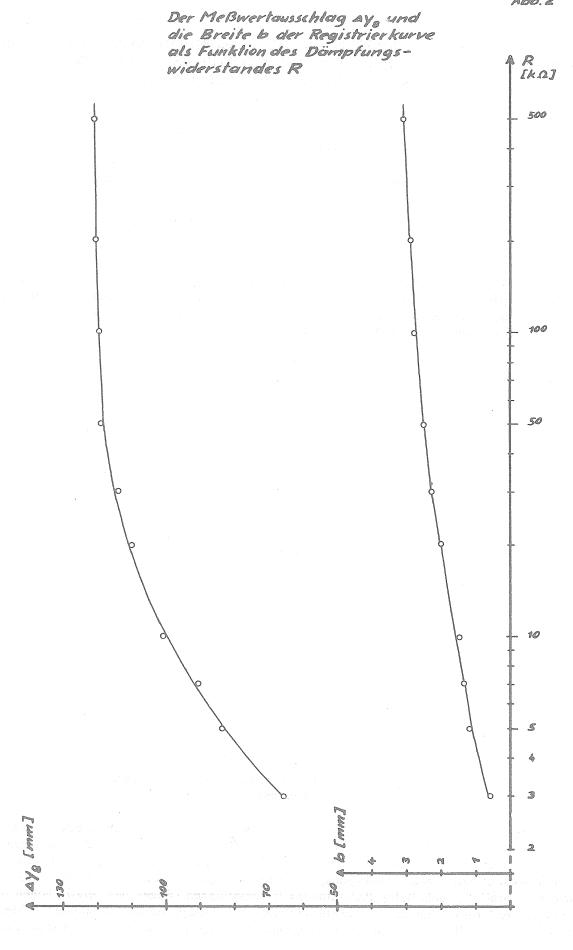
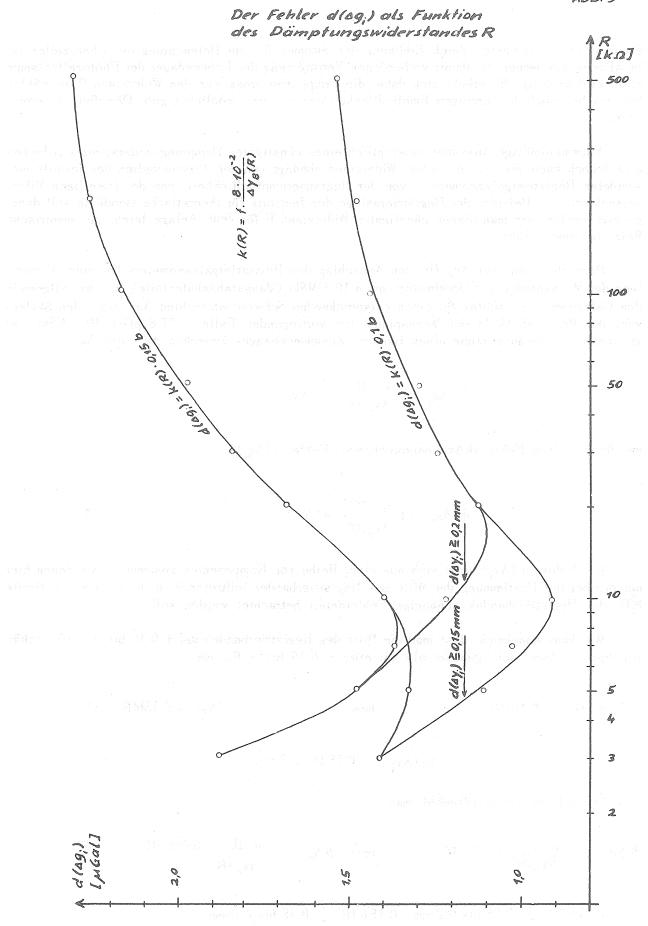


Abb. 1 : Registrierung ohne zusätzlichen Dämpfungswiderstand.

Sieht man einmal von der Möglichkeit der Verringerung des Induktionseffektes im Gravimeter durch Anwendung eines anderen Heizverfahrens (Dauerheizung mit überlagerter Impulsheizung) ab, so lassen sich die Auswirkungen dieser Einflüsse auf die Registrierkurve am einfachsten durch verschieden starke Bedämpfung des Registriergalvanometers mit Hilfe eines zum Galvanometer parallel geschalteten Widerstandes R beeinflussen. Wegen des relativ hohen Innenwiderstandes der Photozellen des Gravimeters ist jedoch mit einer starken Dämpfung (= kleiner Dämpfungswiderstand R) ein Verlust an Registrierempfindlichkeit verbunden. Eine Kompensation dieses





Empfindlichkeitsverlustes durch Erhöhung des Stromes für die Beleuchtung der Photozellen ist im allgemeinen wegen der damit verbundenen Verringerung der Lebensdauer der Photozellenlampe nicht zweckmässig. Es erhebt sich daher die Frage, wie gross man den Widerstand R zu wählen hat, um bei möglichst geringem Empfindlichkeitsverlust eine möglichst gute Dämpfung zu erreichen.

Allgemeingültige Aussagen hinsichtlich eines günstigsten Dämpfungswiderstandes R lassen sich jedoch kaum machen, da dieser Widerstand abhängt von den Eigenschaften des jeweils verwendeten Registriergalvanometers, von der Registrierempfindlichkeit, von der jeweiligen Mikroseismik etc. Am Beispiel der Registrieranlage des Instituts für theoretische Geodäsie soll daher gezeigt werden, wie man diesen günstigsten Widerstand R für jede Anlage leicht auf empirische Weize bestimmen kann

Bezeichnet man mit Δy_n (R) den Ausschlag des Registriergalvanometers bei einer Verstellung der Messspindel des Gravimeters um n.10⁻² MSkt (Massstabsskalenteile), mit Δy_i allgemein den Galvanometerausschlag für einen entsprechenden Schwereunterschied Δg_i , mit f den Skalenwert der Massstabsskala der Messspindel (im vorliegenden Falle = 77,6 μ Gal/10⁻² MSkt), so gilt unter der Voraussetzung eines linearen Zusammenhanges zwischen Δy_i und Δg_i

$$\Delta g_i = f \cdot \frac{n \cdot 10^{-2}}{\Delta y_n (R)} \cdot \Delta y_i$$
 (1)

und für den einem Fehler $d(\Delta y_i)$ entsprechenden Fehler $d(\Delta g_i)$

$$d (\Delta g_i) = f. \frac{n \cdot 10^{-2}}{\Delta y_n (R)} d (\Delta y_i)$$
 (2)

Der Fehler d (Δy_i) setzt sich aus einer Reihe von Komponenten zusammen, von denen hier nur der bei der Bestimmung der Mitte des Registrierbandes auftretende, d. h. nur von der Breite b(R) des Registrierbandes abhängige Fehleranteil betrachtet werden soll.

Man kann annehmen, dass man die Mitte des Registrierbandes auf \pm 0,1b bis \pm 0,15b schätzen kann, jedoch nicht genauer als auf etwa \pm 0,15 bis \pm 0,2 mm :

$$d(\Delta y_i) = 0.1b(R)$$
 bzw. $d(\Delta y_i) = 0.15b(R)$ (3)

$$(d(\Delta y_i) > 0.15 \text{ bis } 0.2 \text{ mm})$$

Durch Einsetzen in (2) erhält man

$$d(\Delta g_i) = f \cdot \frac{n \cdot 10^{-2}}{\Delta y_n(R)} \cdot 0, 1b(R) \qquad bzw. \quad d(\Delta g_i) = f \cdot \frac{n \cdot 10^{-2}}{\Delta y_n(R)} \cdot 0, 15b(R)$$
 (4)

$$(0,1b (R) \ge 0,15 \text{ bis } 0,2 \text{ mm}, 0,15b (R) \ge 0,15 \text{ bis } 0,2 \text{ mm})$$

Zur Ermittlung der Fehler $d(\Delta g_i)$ sind also der Messwertausschlag $\Delta y_n(R)$ und die zugehörige Breite b(R) des Registrierbandes als Funktion des Dämpfungswiderstandes R empirisch zu bestimmen. Den Ausschlag $\Delta y_n(R)$ wählt man aus Gründen der Fehlerfortpflanzung zweckmässig möglichst gross.

Für die genannte Registrieranlage zeigt Abb. 2 bei n = 8 (f = 77,6 μ Gal/10⁻² MSkt) den Einfluss des Widerstandes H auf den Ausschlag $\Delta y_8(R)$ und die Breite b(R). Mit den ermittelten Werten wurden die Fehler d(Δg_i) nach Gleichung (4) berechnet und in Abb. 3 graphisch dergestellt.

Man erkennt, dass der günstigste Dämpfungswiderstand (kleinster Fehler d(Δg_i)) je nach Voraussetzung 6, 8, 10 und 17 k Ω beträgt. Die Werte für die genaueste (0,1b \geq 0,15 mm) und die ungenaueste (0,15b \geq 0,2 mm) Auswertung liegen jedoch mit 8 und 10 k Ω dicht beieinander. Als Dämpfungswiderstand R wird man also zweckmässig einen Widerstand von etwa 10 k Ω wählen. Die diesem Widerstand entsprechende Registrierkurve zeigt Abb. 4

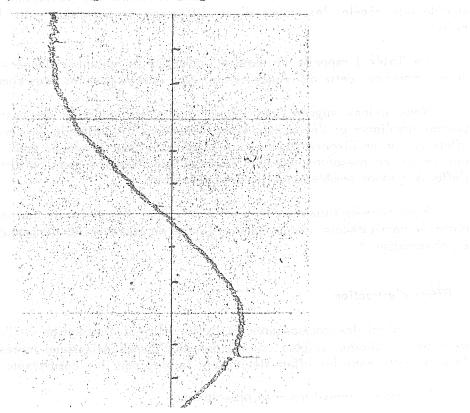


Abb. 4: Registrierung mit 10 kΩ-Dämpfungswiderstand.

SUR L'EFFET DE L'OCEAN ATLANTIQUE DANS LA DIFFERENCE DE PHASE DES ONDES M2 ET S2 CONSTATEE PAR LES STATIONS CLINOMETRIQUES D'EUROPE OCCIDENTALE

par

Paul MELCHIOR (*)

Lors du V^{ème} Symposium International sur les Marées Terrestres (Bruxelles, juin 1964), nous avons montré que l'analyse des enregistrements des déviations de la verticale en Europe Occidentale révèle l'existence d'une différence systématique entre les phases des ondes M₂ et S₂ [1]

La Table I rappelle ce résultat, complété de quelques données nouvelles. Il est curieux de remarquer que cette différence est de signe opposé pour les deux composantes.

Nous avions suggéré que l'étude des effets indirects des marées océaniques M₂ et S₂ pourrait expliquer ce déphasage. Il est cependant très difficile de mener à bien le calcul de ces effets car on ne dispose pas de cartes cotidales pour l'onde S₂ tandis que même pour l'onde M₂ ces cartes ne présentent quelque sécurité que dans les mers cotières. En outre, le calcul de l'effet de flexion semble actuellement impossible.

Nous nous en tiendrons donc ici à un calcul très sommaire qui montrera que l'interprétation proposée paraît exacte, car le signe et l'ordre de grandeur des déphasages trouvés, sont conformes à l'observation.

1. Effets d'attraction.

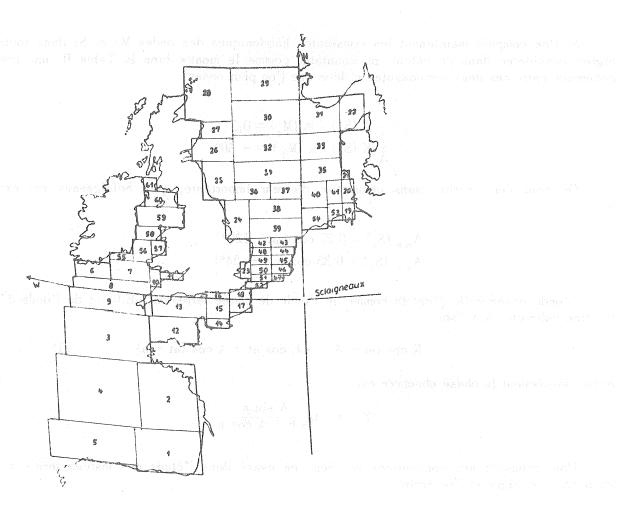
Le calcul des composantes de l'effet indirect d'attraction de l'onde M2 a été fait récemment par E. Groten [2] pour les régions de l'Océan Atlantique représentées par la figure 1. Audelà de cette zone les effets deviennent faibles pour les composantes horizontales.

E. Groten a trouvé les résultats suivants :

	$A_{NS}(M_2)$	$A_{EW}(M_2)$
Sclaigneaux Brézové Hory Freiberg	0,91 cos (at - 179°) 0,19 cos (at - 138°) 0,16 cos (at - 139°)	1,18 $\cos (at + 4^{\circ})$ 0,82 $\cos (at - 24^{\circ})$ 0,74 $\cos (at - 23^{\circ})$,

les amplitudes étant exprimées en mseca et les phases prises en sens opposé du sens adopté pour la représentation des marées terrestres.

^(*) Observatoire Royal de Belgique



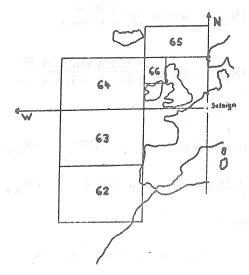


Fig.

Si l'on compare maintenant les constantes harmoniques des ondes M₂ et S₂ dans toute la région considérée dans ce calcul, on constate, comme le montre bien la Table II, une grande cohérence entre ces deux composantes si bien que l'on peut poser

$$\begin{cases} A (S_2) / A (M_2) = 0.3 \\ K (S_2) - K (M_2) = +50^{\circ} \end{cases}$$

On peut donc écrire, sans commettre d'erreur importante, qu'à Sclaigneaux par exemple

$$A_{NS}(S_2) = 0.27 \cos (\omega t - 129^{\circ})$$

 $A_{EW}(S_2) = 0.35 \cos (\omega t + 54^{\circ})$

L'onde observée(K, ξ) est la somme de l'onde de marée terrestre (γ E,0) et de l'onde d'attraction indirecte (A,a), soit :

$$K\cos(at + \xi) = \gamma E\cos at + A\cos(at + a)$$
 (1)

et par conséquent la phase observée est :

$$\xi = \operatorname{arc} \operatorname{tg}_{\gamma} \frac{\operatorname{A} \sin a}{\operatorname{E} + \operatorname{A} \cos a}$$

Pour repasser aux conventions de signe en usage dans l'étude des marées terrestres on changera ξ de signe et l'on écrira

$$\xi (M_2) = -\arctan \operatorname{tg} \frac{A \sin a}{\sqrt{E + A \cos a}}$$

$$\xi (S_2) = -\arctan \operatorname{tg} \frac{0.3 A \sin (a + 50^\circ)}{0.46 \sqrt{E + 0.3} A \cos (a + 50^\circ)}$$
(2)

Pour Sclaigneaux:

$$A_{NS} = 0.91 \text{ mseca}$$
 $a_{NS} = -179^{\circ}$ $\gamma E_{NS} = 7.70 \text{ mseca}$ $A_{EW} = 1.18 \text{ mseca}$ $a_{EW} = +4^{\circ}$ $\gamma E_{EW} = 10.00 \text{ mseca}$

On en déduit immédiatement

$$\xi_{\text{NS}} (\text{M}_2) = +6^{\circ} \quad \xi_{\text{NS}} (\text{S}_2) = +3^{\circ}36^{\circ}$$

$$\xi_{\text{EW}} (\text{M}_2) = -0^{\circ}25^{\circ} \quad \xi_{\text{EW}} (\text{S}_2) = -3^{\circ}25^{\circ}$$

et

$$\xi_{\text{NS}}(\text{S}_2) - \xi_{\text{NS}}(\text{M}_2) = +3^{\circ}30^{\circ}$$
 valeur observée : $+5^{\circ}$ $\xi_{\text{EW}}(\text{S}_2) - \xi_{\text{EW}}(\text{M}_2) = -3^{\circ}0^{\circ}$ valeur observée : -8°

Ce calcul donne donc pratiquement la moitié de l'effet observé.

II. Effet indirect total.

On peut essayer de tenir compte de l'effet indirect total si l'on admet qu'il y a proportionnalité entre les effets d'attraction et de flexion. Selon Nishimura

$$I = (1 + \nu (r) - \epsilon) A \tag{3}$$

$$\nu(\mathbf{r}) = \frac{12.6}{\mathbf{r} + 3} \quad , \qquad \epsilon = 0.5 \tag{4}$$

où r est exprimé en degrés.

Pour les régions considérées $3^{\circ} < r < 20^{\circ}$ et par conséquent 0,5 A < I < 2 A (5)

Si l'on adoptait $I \simeq 1.7 \text{ A}$ et i = a

il viendrait, pour Sclaigneaux:

$$\xi(S_2) = - \arctan \log \frac{0.3 \text{ I} \sin (i + 50^\circ)}{0.46 \text{ yE} + 0.3 \text{ I} \cos (i + 50^\circ)}$$

soit

$$\xi_{\rm NS} (\rm M_2) = + \, 0^{\circ} 15^{\circ} \qquad \qquad \xi_{\rm NS} (\rm S_2) = + \, 6^{\circ} 20^{\circ} \\ \xi_{\rm EW} (\rm M_2) = - \, 0^{\circ} 40^{\circ} \qquad \qquad \xi_{\rm EW} (\rm S_2) = - \, 5^{\circ} 36^{\circ}$$

ce qui donnera:

$$\xi_{\text{NS}} (S_2) - \xi_{\text{NS}} (M_2) = +6^{\circ} \qquad \text{valeur observ\'ee} : +5^{\circ}$$

$$\xi_{\text{EW}} (S_2) - \xi_{\text{EW}} (M_2) = -5^{\circ} \qquad \text{valeur observ\'ee} : -8^{\circ}.$$

On voit que l'on se trouve bien dans le domaine des valeurs observées et qu'une variation du rapport I/A dans le domaine (5) ne modifierait guère les valeurs conclues.

De même, on peut penser qu'un calcul détaillé et précis - s'il était possible - ne changerait pas les ordres de grandeur trouvés.

Application aux stations d'Europe Centrale

Les valeurs calculées par Groten pour Brézové Hory

$$A_{NS} = 0.19 \text{ mseca}$$
 $a_{NS} = -138^{\circ}$ $\gamma E_{NS} = 5.48$ $A_{EW} = 0.80 \text{ mseca}$ $a_{EW} = -24^{\circ}$ $\gamma E_{EW} = 7.50$

donnent:

$$\begin{split} \xi_{\text{NS}} \; (\text{M}_2) \; &= \; + \; 1^{\circ}25^{\circ} \qquad \qquad \xi_{\text{NS}} \; (\text{S}_2) \; = \; + \; 1^{\circ}18^{\circ} \qquad \qquad \xi_{\text{NS}} \; (\text{S}_2) \; - \; \xi_{\text{NS}} \; (\text{M}_2) \; = \; 0 \\ \xi_{\text{EW}} \; (\text{M}_2) \; &= \; + \; 2^{\circ}20^{\circ} \qquad \qquad \xi_{\text{EW}} \; (\text{S}_2) \; - \; - \; 1^{\circ}40^{\circ} \qquad \qquad \xi_{\text{EW}} \; (\text{S}_2) \; - \; \xi_{\text{EW}} \; (\text{M}_2) \; = \; - \; 4^{\circ} \end{split}$$

et pour I = 1,7 A, on obtiendrait :

$$\begin{aligned} \xi_{_{\mathrm{N}\,\mathrm{S}}} \; (\mathrm{M}_{_{2}}) &= +\, 2^{\circ}20^{\circ} & \xi_{_{\mathrm{N}\,\mathrm{S}}} \; (\mathrm{S}_{_{2}}) \; = +\, 2^{\circ}10^{\circ} & \xi_{_{\mathrm{N}\,\mathrm{S}}} \; (\mathrm{S}_{_{2}}) \; -\, \xi_{_{\mathrm{N}\,\mathrm{S}}} \; (\mathrm{M}_{_{2}}) = 0 \\ \xi_{_{\mathrm{E}\,\mathrm{W}}} \; (\mathrm{M}_{_{2}}) &= +\, 3^{\circ}35^{\circ} & \xi_{_{\mathrm{E}\,\mathrm{W}}} \; (\mathrm{S}_{_{2}}) \; = -\, 2^{\circ}40^{\circ} & \xi_{_{\mathrm{E}\,\mathrm{W}}} \; (\mathrm{S}_{_{2}}) \; -\, \xi_{_{\mathrm{E}\,\mathrm{W}}} \; (\mathrm{M}_{_{2}}) = -\, 6^{\circ} \end{aligned}$$

On constate qu'en Europe Centrale la différence de phase entre \mathbf{S}_2 et \mathbf{M}_2 s'évanouit pour la composante Nord-Sud tandis qu'elle ne se modifie guère en composante Est-Ouest.

T	а	b	Secure .	е	I

 $\xi(S_2) - \xi(M_2)$

	Stations	Composante NS	Composante EV
Belgique	Sclaigneaux I Sclaigneaux II Sclaigneaux III Dourbes I Dourbes II Kanne Remouchamps (Spa) Warmifontaine I Warmifontaine II	+ 4°07 (86) + 5°94 (30) - + 9°52 (28) + 3°34 (14) - 0°00 (6) + 2°88 (10) + 9°38 (27)	- 6°40 (63 - 10°61 (24 - 8°43 (24 - 6°07 (30 - 5°45 (28 - 1°70 (7) - 5°09 (6) - 4°61 (20 - 6°03 (1)
Allemagne	Tiefer Königstollen Tiefenort Freiberg Berggieshübel Berchtesgaden	+ 5°26 (12) + 6°34 (49) + 0°50 + 5°26 (3) - 3°80	- 0°16 (8 - 1°04 (5) - 0°40 - 1°04 (3) + 0°40 (1)
Tchécoslov	vaquie Brézové Hory	+ 0°02 (50)	- 0°15 (5
Autriche	Graz	- 2°22 (1)	- 4°16 (1

Table II

Constantes harmoniques des marées dans les mers bordant l'Europe Occidentale.

(M)	7	,	3. Pones									a de la companya de		alamatique de comita de la referencia de
K(S,) - K(M,)		200	0 0 0	n o	0 6	\$ \f	5		ľ	000	4 T	25	4 0 4 5 10 0	67
A(S)/A(M)	2,	0,361		300	0.369	(A)	0,317	0,295	7 GC 0	0,0,0,0 2,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,	0°338		0,241	, 50°, 0
K(S.)	2	22	3 Y C	30	270	(N)	2	æ	26	128	137	2	o 4 ⊗	SC CC
K (M.)	7	68	000	3 5	266	285	330	Ŋ	42	116	96	330	337	314
. A (S,)	9	& F	18	2	69	28		22	97	48	53	71	32	28
A(M,)		133		204	001	263	224	921	100	187	157 230	304	133	134
state-ophysic	France	St. Jean de Luz Gironde	La Rochelle	Brest	Cherbourg	Le Havre	Dunkerque	Belgique Ostende	Hollande Flessingue	Hansweert Ilmuiden	Grande Bretagne Hartlepool Hull	Dover	Greenock Edinburgh	<u>Irlande</u> Dublin

TABLE DES MATIERES

N° 31 15 février 1963	nn.
P.S. MATVEEV (Traduction) L'analyse harmonique de la série de 29 jours de marées terrestres	pp. 773 à 800
V.G. BALENKO et S.N. ZACHARTCHENKO (Traduction) Quelques problèmes concernant la comparaison des méthodes d'analyse harmonique des marées terrestres	801 à 819
R. LECOLAZET Le développement harmonique de la marée de déformation	820 à 828
G. JOBERT Programmes d'analyse pour les marées terrestres	829 à 832
N° 32 20 mai 1963	
V.G. BALENKO (Traduction) Contribution des ondes à longue période dans les résultats de l'analyse harmonique d'une série d'un mois d'observations de marées terrestres	835 à 842
V.G. BALENKO (Traduction) Sur la méthode d'analyse harmonique des marées terrestres de Doodson-Lennon	843 à 848
V.G. BALENKO (Traduction) Evaluation comparative de la qualité de l'élimination dans les ondes déterminées de l'influence des ondes perturbatrices pour les méthodes d'analyse harmonique des marées terrestres	849 à 858
V.G. BALENKO (Traduction) Contribution de la dérive dans R cos δ et R sin δ des ondes de marées terrestres déterminées	859 à 872
M. SCHNEIDER Zur Bestimmung des Azimuts bei Lotschwankungsmessungen	873 à 879
P. MELCHIOR et P. PAQUET Discussion des données contenues dans le catalogue général des résultats d'analy- ses harmoniques mensuelles de marées terrestres	880 à 894
P. MELCHIOR et P. PAQUET Analyse harmonique des observations de Schweydar à Freiberg, Sa (1911-1915) par la méthode Lecolazet	895 à 901

V.G. BALENKO (Traduction) Influence des méthodes d'analyse harmonique des marées terrestres sur les erreurs accidentelles des ordonnées de départ	902 à 907
INSTITUT DE MOSCOU DE GEODESIE Photographie aérienne et cartographie Graphiques des corrections pour les variations de marée de la force de pesanteur en 1963 - 1964	908 à 909
WITSKOWSKI, LACOSTE-ROMBERG, VERBAANDERT - MELCHIOR, BUCHHEIM, DOPP Catalogue général des résultats des analyses harmoniques mensuelles d'observations de marées terrestres	910 à 911
N° 33 20 septembre 1963	
N.N. PARIISKII (Traduction) Les marées terrestres et la structure interne de la Terre	913 à 940
P.S. MATVEEV (Traduction) Analyse harmonique des Marées Terrestres (Séries de 29 jours)	941 à 986
P. MELCHIOR Rapport sur les Marées Terrestres 1961 - 1963	987 à 1012
G. JOBERT Comparaison des résultats de l'analyse spectrale des marées terrestres avec les ré- sultats théoriques	1013 à 1016
R. BREIN Calibrating results with a registration performed during one year by help of the electromagnetic spring	1017 à 1019
A.P. VENEDIKOV Sur l'étalonnage des enregistreurs des gravimètres	1020 à 1028
R. TOMASCHEK und E. GROTEN Vorschlage zur einheitlichen Bezeichnung der Gezeitenquotienten	1029 à 1032
N° 34 30 novembre 1963	
Résolutions prises à l'Assemblée de Berkeley (août 1963)	1035
G. JOBERT Rapport sur l'activité de l'Institut de Physique du Globe de Paris dans le domaine des Marées Terrestres	1036 à 1040

्राच्या प्रकार के किया है जिल्ला के किया है जिल्ला के किया है के किया है जिल्ला के किया है के किया है जिल्ला ह	
K. RINNER Erster Bericht über die Erdgezeitenstation im Grazer Schlossberg (Osterreich)	1041 à 1042
N.N. PARIISKII Earth-tides studies in the U.S.S.R. in 1960-1963	
N.N. PARIISKII Resonance between earth-tides and the new diurnal Nutation of the Earth	1047 à 1054
P.S. MATVEEV L'étude des anomalies des inclinaisons de marée de la surface terrestre en Ukraine	1055 à 1059
J.S. DOBROKHOTOV The supposed screening effect to gravity and the observations in Kiev during the Solar eclipse February 15th 1961	1060 à 1061
N.A. POPOV	1062 à 1065
H.N. CLARKSON Tidal observations at Austin, Texas in 1960 and 1961	1066 à 1068
A. GRAF Das Vertikalpendel anstelle des Horizontalpendels für die Registrierung der Gezeiten U.V. kleinsten Neigungen	1069 à 1075
V.G. BALENKO et E.J. EVTOUCHENKO (Traduction) Sur la méthode de Pertsev d'analyse harmonique de séries de 50 jours d'observations de marées de la force de pesanteur	
P.S. MATVEEV et S.N. ZAKHARTCHENKO (Traduction) Valeurs de réduction pour le calcul des ondes de groupe de la marée terrestre en 1958 - 1967	1096 à 1103
Z.N. AKSENTIEVA (Traduction) Sur les marées du lac Baikal	1104 à 1117
Z.N. AKSENTIEVA (Traduction) Résultats d'une série de onze années d'observations (de 1930 à 1941) sur les oscillations de la verticale à Poltava	1118 à 1132
N° 35. 15 février 1964 setan film annable sages it els sages at le seminar de la confide de la confi	
P.S. MATVEEV, V.G. GOLOUBITSKII, E.Y. EVTOUCHENKO (Traduction) Sur la dépendance de la période propre en fonction de l'amplitude d'oscillation pour les pendules horizontaux à suspension Zöllner	1134 à 1141

P.S. MATVEEV <i>(Traduction)</i> Remarques au sujet du calcul de la moyenne de résultats d'analyses harmoniques des	
Marées Terrestres	1142 à 1149
P. MELCHIOR A propos de la répartition des analyses harmoniques mensuelles sur une longue série	
d'observations de Marées Terrestres	1150 à 1156
B.D. ZETLER The use of power spectrum analyse for Earth Tides	1157 à 1164
J. VERBAANDERT Quelques progrès réalisés dans la méthode d'étalonnage des pendules horizontaux	1165 à 1166
A.E. OSTROVSKII, Ja, PICHA, L. SKALSKI, L.J. MIRONOVA, N.G. WITMAN (Traduct.) Inclinaisons de marées d'après les observations avec le clinomètre photo-électrique à PRIBRAM (près de Prague)	1167 à 1179
P. MELCHIOR Sur la question de la dépendance de la période et de l'amplitude pour les pendules ho- rizontaux en quartz	1180 à 1182
N° 36 10 mai 1964	
A.B. BAKHROUSHIN <i>(Traduction)</i> Résultats des observations des inclinaisons de marées à la station de Kondara	1183 à 1197
You. S. DOBROCHOTOV (Traduction) Erreurs de détermination du coefficient d'étalonnage pendant l'enregistrement des ma- rées, dues à la dérive du gravimètre	1198 à 1204
M.V. IVANOVA (Traduction) Comparaison des différentes méthodes pour combler les lacunes dans les observations de marées terrestres	1205 à 1209
V.A. VOLKOV <i>(Traduction)</i> L'influence de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre enregistreur sur les résultats des observations de marées terrestres	1210 à 1222
A.P. VENEDIKOV Sur l'estimation de la précision des observations des marées terrestres	1223 à 1229
L. BRAGARD Construction et installation de clinomètres à la station de Kanne (Prov. de Limbourg)	1230 à 1239

N° 37 1 septembre 1964

N.N. PARIISKII (Traduction) Etude des variations de marées de la force de pesanteur en Asie Centrale	1242 à 1246
B.P. PERTSEV (Traduction) Détermination de δ et de $\Delta\phi$ relatifs aux ondes semi-diurnes d'après des observations de marées terrestres portant sur deux jours	1247 à 1251
Z.N. AKSENTIEVA (Traduction) Résultats d'une série de onze années d'observations sur la marée terrestre M2 à l'aide de pendules horizontaux à Poltava de 1930 à 1941	1252 à 1259
G. JOBERT Sur les filtres numériques utilisés dans l'analyse harmonique	1260 à 1273
M.T. CARROZZO Analysis and comparison of the various methods of harmonic analysis of the eart-tides	1274 à 1290
P. MELCHIOR Perturbation gravimétrique remarquable observée à Bruxelles lors du passage d'un front froid accompagné d'une variation exceptionnelle de la pression barométrique	1291 à 1295
N° 38 î novembre 1964	
N.N. PARIISKII, D.G. GRIDNIEV, S.N. BARSENKOV, You. K.SARITCHEVA, M.V.KRA-MER (Traduction) Variations de marées de la force de pesanteur à Tachkent	1298 à 1330
You.S. DOBROCHOTOV (Traduction) Observations réitératives des variations de marées de la force de pesanteur à Krasnaya Pakhra	1331 à 1336
B.P. PERTSEV (Traduction) Séparation des ondes de marées diurnes K ₁ et P ₁	1337 à 1341
M. BONATZ Untersuchungen eines systematischen Fehlers der Erdgezeitenregistriereinrichtung (Galvanometer mit Nachlaufschreiber) zum Askania-Gravimeter GS 11	1342 à 134 <i>6</i>
M. BONATZ Ein Verfahren zur Verringerung des Induktionseffektes bei der Erdgezeitenregistrierung mit dem Askania-Gravimeter GS 11	1347 à 1352
NOUVELLES	1353
NECROLOGIE: PROFESSOR E. NISHIMURA	1354 à 1355
Catalogue des données d'observations de Marées Terrestres figurant au 1 octobre 1964 dans la Bibliothèque du Centre International des Marées Terrestres	1356 à 1361
P. MELCHIOR Le nouveau système des Constantes Astronomiques Erratum	1362 1362

N° 39 1 avril 1965

G.Y. LEONTIEV (Traduction) Les charges atmosphériques et hydrologiques temporaires sur la surface de la Terre et leur influence sur le nivellement de haute précision	1365 à 1371
M.S. MOLODENSKII (Traduction) Influence de la viscosité sur la phase des marées terrestres	1372 à 1384
You S.D. DOBROCHOTOV, V.Y. LISSENKO (Traduction) Observations des variations de marées de la force de pesanteur à Kiev	1385 à 1398
G. MITTELSTRASS Eine Bemerkung zur direkten Eichung von Horizontalpendeln	1399 à 1401
R. MAAZ Zur Bestimmung der Shida'schen Zahl aus Extensometeraufzeichnungen	1402 à 1437
E. FEDOROV (Traduction) Sur la nature des variations bimensuelles de latitude	1438
E.I. EVTOUCHENKO(Traduction) L'onde bimensuelle dans les variations de latitude de la station de Ukiah	1438
A. Ia. ORLOV (Traduction) Sur les formules de la nutation en déclinaison	1439
E.I. EVTOUCHENKO (Traduction) L'onde lunaire semi-mensuelle dans les variations de latitude de la station de Carloforte de 1922 à 1934	1440
E.P. FEDOROV(Traduction) Détermination de l'amplitude du terme semi-mensuel de la nutation d'après les don- nées des observations de latitude	1440
E.P. FEDOROV et E.I. EVTOUCHENKO (Traduction) Variations lunaires semi-mensuelles de latitude d'après les observations de Carloforte et Ukiah de 1899 à 1934	1442
A. Ia ORLOV (Traduction) Correction du terme semi-mensuel de la nutation d'après les observations de la latitude à Poulkovo 1915-1928.	1442
E.I. EVTOUCHENKO (Traduction) L'onde lunaire semi-mensuelle dans les observations de latitude à la station de Mizusawa	1443

N° 40 15 juillet 1965

Iou.S.DOBROCHOTOV, B.P.BELIKOV, Ian CHOUE-DSE, Siou BIN-LIN (Traduction) Variations de marées de la force de pesanteur à Lantschou en 1959	1446 à 1454
A.K. IVANOVA (Traduction) Résultats des observations des déviations de la verticale à l'Observatoire Astronomique Engelhardt	1455 à 1485
D. SIMON Zum Nachweis luftdruckbedingter Krustenbewegungen mit Hilfe von Horizontalpendeln	1486 à 1500
M. BONATZ Erfahrungen mit der neuen Registrieranlage zu den Askania-Gravimetern GS 11 und GS 12 M. BONATZ	1501 à 1506
Zur Bestimmung des günstigsten Dämpfungswiderstandes bei der Erdgezeitenregistrierung mit dem Askania-Gravimeter GS 11 in Verbindung mit Lichtmarkengalvanometer und Nachlaufschreiber	1507 à 1511
P. MELCHIOR Sur l'effet de l'Océan Atlantique dans la différence de phase des ondes M ₂ et S ₂ constatée par les stations clinométriques d'Europe occidentale	1512 à 1518
Table des matières N° 31 à 40	1519 à 1525
Index alphabétique des auteurs	1526 à 1528

INDEX ALPHABETIQUE DES AUTEURS

		N°	pp.
Aksentieva	T T T	34 34 37	1104 - 1117 1118 - 1132 1252 - 1259
Bakhroushin	T	36	1183 - 1197
Balenko	T T T T T T	31 32 32 32 32 32 32 32 34	801 - 819 835 - 842 843 - 848 849 - 858 859 - 872 902 - 907 1076 - 1095
Barsenkov	To the second	38	1298 - 1330
Bin-Lin	T	40	1446 - 1454
Belikov	T 434 11 11 434 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11 11	40	1446 - 1454
Bonatz		38 38 40 40	1342 - 1346 1347 - 1352 1501 - 1506 1507 - 1511
Bragard		36	1230 - 1239
Brein		33	1017 - 1019
Buchheim		32	911
Carrozzo		37	1274 - 1290
Choue - Dse	T	40	1446 - 1454
Clarkson		34	1066 - 1068
Dobrokhotov	T T T	34 36 38 39 40	1060 - 1061 1198 - 1204 1331 - 1336 1385 - 1398 1446 - 1454
Dopp		32	911

 $[\]ensuremath{\mathrm{T}}$: traductions françaises d'articles parus en langue russe.

Evtouchenko	Т	34	1076 - 1095
	$-\sqrt{\mathbf{r}}$	35	1134 - 1141
	T	39	1438 - 1439
	T	39	1440
	T	39	1442
	7. T	39	1443
Fedorov	T	39	1438
	T	39	1440 - 1441
	T .	39	1442
Goloubitskii	T	35	1134 - 1141
		1986 - 19	i jakeen see
Graf		34	1069 - 1075
1. · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		0.0	
Gridniev	T	38	1298 - 1330
Cashan		າກໍ	1000 1000
Groten		33	1029 - 1032
Institut de Moscou	T	32	908 - 909
de Géodésie	> ‡	34	900 - 909
de Geodesie			
Ivanova	\mathbf{T}	36	1205 - 1209
	Ť	40	1455 - 1485
			2200
Jobert		31	829 - 832
		33	1013 - 1016
		34	1036 - 1040
		37	1260 - 1273
Kramer	T	38	1298 - 1330
en e		12.2	
Lacoste - Romberg		32	910
T 1		0.1	000 000
Lecolazet		31	820 - 828
Leontiev	T	39	1365 - 1371
reoutiev	4.0	39	1909 - 1911
Lissenko	T	39	1385 - 1398
LIBSCHRO		37	1000 - 1070
Maaz		39	1402 - 1437
Widaz			I TOS L'HOT
Matvéev	\mathbf{T}_{i_1}	31	773 - 780
	T	33	941 - 986
		34	1055 - 1059
	\mathbf{T}_{c}	34	1096 - 1103
	T	35	1134 - 1141
	T	35	1142 - 1149
Melchior		32	880 - 894
		32	895 - 901
		32	910
		32	911
		33 35	987 - 1012 1150 - 1156
		35	1180 - 1182
		37	1291 - 1295
		38	1353
		38	1356 - 1362
		40	1512 - 1518

Mironova	T	35	1167 - 1179
Mittelstrass		39	1399 - 1401
Molodenskii	T	39	1372 - 1384
Nakagawa		38	1354 - 1355
Orlov	T T	39 39	1439 1442 - 1443
Ostrovskii	T	35	1167 - 1179
Pâquet		32 32	880 - 89 <u>4</u> 895 - 901
Pariiskii	T T	33 34 34 37 38	913 1043 - 1046 1047 - 1054 1242 - 1246 1298 - 1330
Pertsev	T	37 38	1247 - 1251 1337 - 1341
Picha	T	35	1167 - 1179
Popov	T	34	1062 - 1065
Rinner		34	1041 - 1042
Saritcheva	T	38	1298 - 1330
Schneider		32	873 - 879
Simon		40	1486 - 1500
Skalski	T	35	1167 - 1179
Tomaschek		33	1029 - 1032
Venedikov		33 36	1020 - 1028 1223 - 1229
Verbaandert		32 32 35	910 911 1165 - 1166
Volkov	T	36	1210 - 1222
Witkowski		32	910
Witman	T	35	1167 - 1179
Zachartchenko	T	31 34	801 - 819 1096 - 1103
Zetler		35	1157 - 1164.

ERRATUM

Observatoire Royal de Belgique, Communication N° 236 Série géophysique, n° 69, Cinquième Symposium International sur les Marées Terrestres.

Article de L.B. SLICHTER, G.J.F. MACDONALD, M. CAPUTO, C.L. HAGER p. 129 Table 2 et Table 3 Colonnes 4 et 6

Lire: "Phase lead " au lieu de "Phase-Lag"

ow of beach

Personal Control of Specific Bengang College Control of the City.

Figure 1994 of the American Statement of Statement Statement Statement Statement Statement Statement Statement of the Statement of the Statement Stat

interestivation of the party of the first interesting and have the party of the par

The control of the second of the control of the con