

MAREES TERRESTRES

BULLETIN D'INFORMATIONS

N° 60

25 février 1971

Association Internationale de Géodésie

Commission Permanente des Marées Terrestres

**Editeur Prof. Paul MELCHIOR
Observatoire Royal de Belgique
3, Avenue Circulaire
Bruxelles 18**

TABLE DES MATIERES N° 60.

	P.
A.E. OSTROVSKII, L.I. MIRONOVA (<i>Traduction</i>) Inclinaisons de Marées de la surface de la Terre d'après les observations dans les puits voisins de Moscou	2923
D. FLACH und O. ROSENBACH Der Askania Bohrloch-Neigungsmesser (Gezeitenpendel) nach A. Graf auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe	2934
D. FLACH, O. ROSENBACH, H. WILHELM Unterzuchungen des Askania Bohrloch-Neigungsmessers (Gezeitenpendel) nach A. Graf auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe (Teil I)	2944
Z.N. AKSENTIEVA, P.S. KORBA, O.V. TCHOUPROUNOVA (<i>Traduction</i>) Les observations sur les inclinaisons de marées et les variations de la force de pesanteur à Simferopol	2955
O.V. TCHOUPROUNOVA (<i>Traduction</i>) Quelques particularités dans le mouvement des pendules horizontaux dans la station des marées terrestres "Simferopol"	2962
P.S. MATVEYEV, I.D. BOGDAN, G.M. LISSENKO (<i>Traduction</i>) Observations clinométriques à Vélikié Boudicha	2967
B.P. PERTSEV (<i>Traduction</i>) Sur l'influence de l'effet indirect sur les résultats des observations clinométri- ques	2974
M.S. MOLODENSKII (<i>Traduction</i>) Les marées dans la terre élastique en rotation avec un noyau liquide	2979
D.G. GRIDNIEV (<i>Traduction</i>) Enregistrement des variations de marées de l'accélération de la force de pesan- teur à Krasnaia Pakhra par le gravimètre statique en quartz à enregistrement photoélectrique	2988
V.A. VOLKOV and N.N. PARIISKII The effet of phase characteristics of Askania gravimeters upon measurements of phase lags in tidal observations - ERRATUM	2999

**INCLINAISONS DE MAREES DE LA SURFACE DE LA TERRE D'APRES LES OBSERVATIONS
DANS LES PUIITS VOISINS DE MOSCOU**

A.E. Ostrovskii, L.I. Mironova

Méthode de mesure des marées terrestres et des déformations lentes de la surface de la Terre.
Acad. Sc. URSS, Institut de Physique Terrestre - Moscou 1970 - pages 144 - 154.

**ПРИЛИВНЫЕ НАКЛОНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО
НАБЛЮДЕНИЯМ В ШУРФАХ ПОД МОСКВОЙ.**

А.Е. Островский, Л.И. Миронова.

Методика измерения земных приливов и
медленных деформаций земной поверхности.

А.Н. СССР. Инст. Физики Земли. Москва 1970 Стр. 144-154.

Les observations clinométriques sont naturellement effectuées dans des salles isothermiques ou dans des mines et des puits. Avec l'apparition des clinomètres avec enregistreur photoélectrique et télécommandé [1] il est devenu possible d'observer les inclinaisons dans les puits d'un diamètre de 1 à 1,5 m et d'une profondeur de 10 à 15 m. La mesure des amplitudes et des phases des marées dans ces salles réparties d'après le choix de l'observateur, ouvre des perspectives de réalisation de profils de la surface pour le tracé des fractures dans l'écorce terrestre d'après les valeurs anormales des amplitudes et des phases des inclinaisons de marées.

Nous donnons ici les résultats des mesures obtenues par les observations dans six puits en deux points voisins de Moscou : Monts Lénine et Khatoun. Les puits ont été percés dans des espèces sabloargileuses douces et aboutissaient dans des calcaires ou dans des sables. Pour la sécurité de la descente dans le puits et pour avoir une meilleure thermostatation on a partagé le puits en sections isolées de 2 m. Dans la seconde section en haut (fig. 1) on a installé l'enregistreur et dans la dernière, la plus basse on a installé deux clinomètres sur une base en béton d'un diamètre d'environ 1 m et d'une hauteur de 1 m et un thermographe.

Les observations dans la région de la station des monts Lénine s'effectuent depuis 1962. Les clinomètres ont d'abord été installés dans d'anciennes excavations rocheuses [2].

En janvier 1965 on a équipé trois puits (1, 2 et 3) [3]. La disposition des puits sur les lieux est indiquée à la figure 2. Les puits 1 et 2 ont été creusés dans des calcaires assez solides du Houiller à une distance d'environ 200 de la rive droite du fleuve Pakhra. La distance directe entre les puits 1 et 2 était de 20 m. La coupe verticale du puits est indiquée sur la figure 1. L'aménagement de tous les puits est le même, seule la profondeur est différente. Si le puits est plus profond il y a d'autant plus de cloisons horizontales (fig. 1). En section horizontale le puits a la forme d'un cercle d'un diamètre en haut de 160 cm, en bas de 120 cm. Le premier puits a une profondeur d'environ 10 m, le second d'environ 8 m.

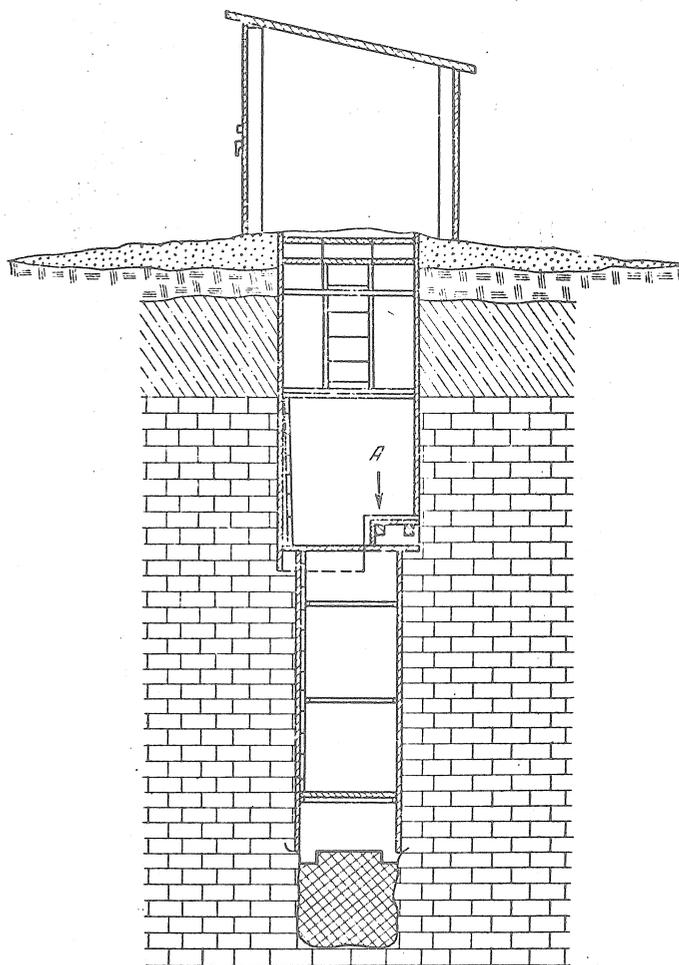


Fig. 1 : Coupe du puits pour le clinomètre

En septembre 1965, les puits 1 et 2 ont été remplis de béton sur une profondeur d'environ 1m (fig. 1). Sur le socle de chaque puits en béton, on a tracé les orientations NS avec une erreur de $\pm 0,5^\circ$ à l'aide d'une boussole magnétique en tenant compte de la déclinaison magnétique

dans les endroits d'observation. Le puits 3 a été équipé à une distance de 250 - 300 m de la rive gauche du fleuve Pakhra (fig. 2) à la hauteur d'à peu près 30 m au dessus du niveau de l'eau. Il traverse des argiles jurassiques compactes jusqu'à la profondeur d'environ 15 m. A cette profondeur le sable remplace l'argile c'est pourquoi on a rempli de béton la partie inférieure du puits à la profondeur d'environ 1,5 m.

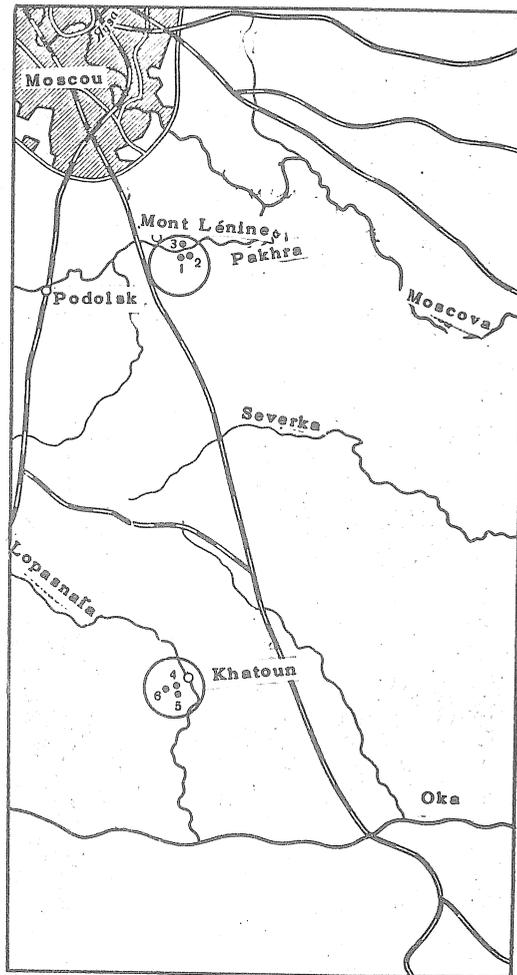


Fig. 2 - Schéma de répartition des puits.

Sur la partie supérieure lissée de la masse de béton on a tracé les lignes NS avec la même précision : $\pm 0,5^{\circ}$. La distance depuis les deux premiers puits jusqu'au puits 3 était de plus de 2 km ; le fleuve Pakhra les sépare.

En été 1965, on a encore creusé trois puits, 4, 5 et 6 dans la région du village Khatoun (fig. 2) qui se trouve à une distance de 100 km au sud de Moscou ou à la distance d'environ 60 km des puits 1, 2, 3.

Les puits 4, 5 et 6 sont creusés dans l'argile et aboutissent dans le calcaire. L'aménagement intérieur des puits est exactement le même que celui des puits 1, 2 et 3.

Table 1
Période des observations

N° du puits	N° de l'appareil	Composante	Période des observations	
1	46	EW	23 h.20.V	-0 h.20.VII 1966
	8	NS	23 h.23.V	-0 h.20.VII
1	46	EW	23 h.22.VII	-0 h.23.VIII
	8	NS		
1	46	EW	23 h.25.VIII	-0 h.10.XI
	8	NS		
2	4	EW	23.h.15.XI 1965	-0 h.17.XII 1965
	8	NS		
2	4	EW	23 h.21.XII	-0 h.3.III 1966
	8	NS		
2	8	EW	23 h.22.III 1966	-0 h.18.V
	46	NS		
3	24	EW	23 h.20.X 1965	-0 h.25.XI 1965
	24	EW	23 h.29.XII	-0 h.4.III 1966
	30	EW	23 h.3.1 1966	-0 h.4.III
4	54	NS	23 h.28.IX 1965	-0 h.22.II 1966
	17	EW	23 h.4.X	-0 h.22.II
5	23	NS	23 h.13.XI	-0 h.3.III
	46	EW	23 h.15.XI	-0 h.3.III
6	54	NS	23 h.1.IV 1966	-0 h.19.VII 1966
	17	EW		
6	17	NS	23 h.22.VII	-0 h.7.IX
	54	EW		
6	17	NS	23 h.26.IX	-0 h.20.XII
	54	EW	23 h.19.IX	-0 h.20.XII

Leur disposition est indiquée sur la figure 2. Les puits 4 et 5 ont été percés jusqu'à la profondeur d'environ 14 m mais le puits 6 jusqu'à la profondeur d'environ 15 m. Sur le fond de chaque puits est placé le socle en béton. Les clinomètres et les thermographes à résistance [4] sont placés sur le fond des mines mais on a exécuté l'enregistrement dans la partie supérieure. Sur la surface de la Terre au-dessus de chaque puits on a construit des cabines spéciales en planches avec un petit pont en béton pour préserver le puits de l'eau de pluie et de la neige. Pendant toute la période des observations les puits n'ont pas été remplis d'eaux souterraines.

L'analyse harmonique a été réalisée par le procédé de B.P. Pertsev [5] sur ordinateur électronique d'après le programme composé par M.V. Kramer. Le jour central de la série a été déplacé d'un jour. Pour l'analyse on a choisi les périodes d'observations données dans la table [1]. Les périodes n'ont pas d'interruptions dans l'enregistrement ; on a obtenu les valeurs γ et $\Delta\phi$ pour les cinq ondes principales de marées M_2 , S_2 , N_2 , O_1 et K_1 . Le signe moins pour la différence des phases désigne un retard.

On a obtenu ainsi un grand nombre de valeurs γ et $\Delta\phi$ (table 2). On trouve la moyenne arithmétique en fonction de toutes les valeurs pour les marées principales M_2 , S_2 , N_2 , O_1 et K_1 . S'il se trouvait dans le puits dans un seul azimut quelques clinomètres simultanément ou à différents moments, la moyenne arithmétique γ pour chaque onde serait prise en fonction de toutes les valeurs obtenues. Les valeurs de la différence des phases $\Delta\phi$ ont été également obtenues.

Table 2
Valeurs moyennes arithmétiques

N° du puits	N° de l'appareil	Nombre d'analyses	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1
E - W							
1	46	77	0,672	0,700	0,787	0,862	0,676
2	23	119	0,755	0,733	0,843	0,660	0,659
	55,8						
3	24,30	115	0,661	0,952	0,666	0,930	0,744
4	17	106	0,721	0,743	1,053	0,856	0,691
5	46	77	0,694	0,813	0,684	0,782	0,600
6	17,54	104	0,709	0,855	0,828	1,428	0,669
N - S							
1	8	74	0,781	0,835	0,792	1,084	0,844
2	46,4	112	0,589	0,625	0,550	0,691	0,414
	54						
3	57,66	74	0,690	0,659	0,595	1,135	0,866
4	54	112	0,692	0,652	0,990	0,604	1,070
5	23	93	0,600	0,545	0,858	0,654	1,248
6	54,17	121	0,663	0,774	0,914	1,027	0,796

Table 3.

Valeurs moyennes arithmétiques de la différence des phases $\Delta\phi$

N ^o du puits	N ^o de l'appareil	Nombre d' analyses	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁
E - W							
1	46	77	-7,0	-2,8	-9,1	-7,8	-7,3
2	23 55,8	119	-7,9	-5,1	-4,3	-12,1	-5,4
3	24,30	115	-5,0	-17,4	-9,6	+2,1	+11,6
4	17	106	-5,7	-0,2	-3,4	-7,2	-1,2
5	46	77	-1,7	-2,1	+4,4	-1,2	+3,4
6	17,54	104	-4,2	+4,7	-7,3	-2,8	-2,0
N - S							
1	8	74	-8,5	-7,8	-10,4	-21,2	-12,0
2	46,4 54	112	-4,8	-4,9	-3,8	-14,5	-3,9
3	57,66	74	-5,0	-2,2	-0,8	-3,9	-2,0
4	54	112	-0,7	-20,5	-3,4	-20,3	-22,1
5	23	93	-7,4	-4,5	-2,1	+13,8	-20,1
6	54,17	121	-2,7	-9,6	-10,8	-22,1	-4,3

Les résultats des analyses sont donnés dans les tables 2 à 6. Nous donnons dans la table 2 les valeurs moyennes γ pour cinq ondes. Malgré les courtes séries d'observations, la divergence de la valeur γ pour l'onde M₂ était petite - la plus grande valeur $\gamma_{M_2} = 0,781$ et la plus petite valeur $\gamma_{M_2} = 0,589$. Cette divergence est provoquée apparemment par les écarts de température, c'est ce qu'indiquent les valeurs exagérées γ pour les ondes diurnes ; ainsi, dans le puits 6 $\gamma_{K_1} = 1,428$. Les variations de température d'après les enregistrements du thermographe dans ce puits sont également les plus grandes.

La différence des phases $\Delta\phi$ pour tous les puits indique un retard. La dispersion sur $\Delta\phi$ est sensiblement plus grande que la dispersion sur γ . Le déphasage $\Delta\phi$ est donné dans la table 3. Le retard de phase pour les différents puits était différent : de -0,7 à -8,5°. La dispersion est particulièrement grande pour la composante NS. Cela indique qu'elle est provoquée par les écarts de température. Dans les ondes diurnes K₁ et O₁ la différence de phase a parfois une valeur positive.

Dans la table 4, la valeur γ est donnée avec une estimation de la précision de mesures. On a pris ici comme mesures indépendantes les séries d'un mois avec un écart de 15 jours. Il est simple de remarquer que l'erreur de mesures ne dépasse naturellement pas 2 %. Quant à la variation de la valeur γ d'un mois à l'autre elle est sensiblement plus grande que 2 %.

En continuant les séries d'observations on peut obtenir une plus grande précision de mesures et amener l'erreur quadratique moyenne jusqu'à 1 %. Jusqu'à présent on n'a pas obtenu la même valeur γ dans les puits situés l'un près de l'autre, on ne peut pas considérer la question de la précision de mesures des amplitudes et des phases des inclinaisons de marées comme décisive. Nous constatons par la table 2 que la valeur γ pour la composante EW pour le premier

puits est égale à 0,672, pour le second 0,721. L'écart en fonction de la moyenne pour cette composante pour les puits est de 2 %. On ne peut diminuer cette dispersion par l'augmentation du nombre d'observations. Le problème se ramène à l'amélioration de l'installation des clinomètres.

Table 4

Valeurs moyennes γ obtenues par des séries indépendantes et des erreurs quadratiques moyennes.

N ^o de l'appareil	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁
N - S Puits 1					
8	0,763 ±0,008	0,854 ±0,023	0,850 ±0,031	1,130 ±0,076	0,890 ±0,025
E - W					
46	0,680 ±0,009	0,668 ±0,016	0,754 ±0,018	0,868 ±0,009	0,670 ±0,023
E - W Puits 2					
23	0,771	0,752	1,01	0,614	0,680
55	0,820 ±0,008	0,732 ±0,019	0,863 ±0,087	0,558 ±0,027	0,620 ±0,014
8	0,713 ±0,013	0,723 ±0,010	0,703 ±0,078	0,738 ±0,024	0,668 ±0,020
N - S					
54	0,620 ±0,013	0,764 ±0,051	0,623 ±0,076	1,014 ±0,080	0,350 ±0,114
4	0,575 ±0,011	0,539 ±0,032	0,631 ±0,081	0,702 ±0,053	0,378 ±0,034
46	0,572 ±0,014	0,571 ±0,009	0,396 ±0,044	0,357 ±0,080	0,514 ±0,058
N - S Puits 3					
57	0,686 ±0,018	0,679 ±0,035	0,622 ±0,067	1,096 ±0,042	0,714 ±0,034
66	0,694 ±0,010	0,640 ±0,116	0,569 ±0,037	1,175 ±0,078	1,018 ±0,225
E - W					
24	0,665 ±0,014	0,938 ±0,018	0,712 ±0,141	0,926 ±0,078	0,807 ±0,099
30	0,684 ±0,008	0,981 ±0,050	0,574 ±0,098	0,938 ±0,100	0,619 ±0,026
N - S Puits 4					
54	0,669 ±0,021	0,653 ±0,023	1,037 ±0,104	0,588 ±0,103	1,039 ±0,118
E - W					
17	0,733 ±0,025	1,781 ±0,031	1,337 ±0,172	0,850 ±0,020	0,743 ±0,059

Table 4 (suite)

N ^o de l'appareil	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁
N - S Puits 5					
23	0,620 ±0,009	0,535 ±0,038	0,772 ±0,103	0,663 ±0,092	1,227 ±0,104
E - W					
46	0,715 ±0,020	0,813 ±0,033	0,635 ±0,055	0,781 ±0,033	0,600 ±0,034
N - S Puits 6					
54	0,675 ±0,016	0,652 ±0,011	0,903 ±0,059	1,003 ±0,059	0,827 ±0,061
17	0,673 ±0,023	0,838 ±0,032	0,829 ±0,068	0,988 ±0,090	0,746 ±0,135
E - W					
17	0,706 ±0,029	0,678 ±0,057	0,927 ±0,056	1,125 ±0,127	0,644 ±0,031
54	0,697 ±0,004	1,1 0,0	0,849 ±0,131	2,5 ±0,1	0,616 ±0,169
54	0,719 ±0,013	0,809 ±0,028	0,877 ±0,038	0,714 ±0,015	0,784 ±0,021

Si on considère chaque puits comme un point d'observation de même poids et si on prend la différence entre les puits comme l'erreur de mesures introduites par les conditions géologiques locales, alors les résultats seront tels qu'ils sont présentés dans la table 4.

Ici γ_{NS} est plus petit que γ_{EW} . Mais si on prend en considération les erreurs de mesures alors cette différence sort à peine des limites des erreurs. La valeur moyenne de γ pour tous les puits et pour les deux composantes NS et EW est donnée dans la table 6 avec une estimation de la précision : il est apparu que $\gamma = 0,685 \pm 0,011$.

En comparant la valeur avec les observations dans les excavations rocheuses dont les résultats sont donnés dans l'article de S.M. Fandiouchina [2] on constate que les amplitudes de l'onde semi-diurne principale M_2 dans la région de Moscou sont déterminées pour les puits avec une plus grande précision que par les observations dans les excavations rocheuses.

Table 5

Valeurs moyennes $\Delta\phi$ obtenues par des séries indépendantes et leurs erreurs quadratiques moyennes

N ^o de l'appareil	M ₂	S ₂	N ₂	K ₁	O ₁
N - S Puits 1					
8	-8,8 ±1,2	-6,2 ±1,9	-15,9 ±4,7	-16,8 ±2,1	-20,8 ±2,1
E - W					
46	-6,4 ±1,0	-5,6 ±1,9	-6,7 ±1,0	-12,3 ±0,2	-9,0 ±1,4
N - S Puits 2					
54	-4,6 ±0,1	-2,6 ±0,2	-1,0 ±0,2	-3,2 ±0,2	-0,9 ±0,4
4	-7,5 ±1,4	-2,0 ±0,8	-6,8 ±6,8	-11,6 ±1,5	±14,1 ±21,0
46	-2,4 ±1,2	-7,2 ±1,0	-3,5 ±8,9	-29,9 ±24,3	-7,0 ±9,0
E - W					
23	-6,9	-3,1	-1,8	-4,6	-3,6
55	-7,3 ±0,1	-3,0 ±0,1	-1,5 ±0,2	-4,2 ±0,2	-3,3 ±0,1
8	-8,6 ±0,5	-7,2 ±0,8	-6,8 ±2,6	-14,8 ±2,6	-17,5 ±1,6
N - S Puits 3					
57	-5,0 ±0,1	-2,3 ±0,1	-0,8 ±0,1	-4,1 ±0,7	-1,6 ±0,1
66	-5,1 ±0,1	-2,2 ±0,4	-0,8 ±0,1	-3,8 ±1,2	-2,3 ±0,5
E - W					
24	-5,0 ±1,8	-15,0 ±2,0	-9,4 ±15,5	+1,8 ±3,1	+7,5 ±4,0
30	-5,0 ±1,6	-21,1 ±0,9	-10,1 ±9,2	+2,7 ±4,8	+19,1 ±3,6
N - S Puits 4					
54	+1,1 ±1,4	-24,0 ±4,0	-10,4 ±45,1	-26,4 ±12,6	-22,0 ±12,6

Table 5 (suite)

N ^o de l'appareil	M ₁	S ₂	N ₃	K ₁	O ₁
E - W					
17	-5,7 ±5,1	-0,2 ±2,2	-3,4 ±10,9	-7,2 ±3,0	-12,0 ±2,0
N - S Puits 5					
23	-7,5 ±5,1	-6,2 ±5,8	-12,9 ±10,6	+10,9 ±5,2	-16,7 ±5,2
E - W					
46	-3,3 ±1,4	-1,1 ±3,4	+8,6 ±7,1	-2,3 ±2,9	+3,7 ±6,0
N - S Puits 6					
54	-2,5 ±1,2	-5,2 ±2,5	-1,0 ±4,7	2,8 ±2,9	3,3 ±3,0
17	-2,7 ±0,6	-9,3 ±4,8	-23,5 ±12,9	-31,5 ±3,4	-11,5 ±3,3
E - W					
17	-6,9 ±1,4	9,4 ±7,6	-5,1 ±10,8	10,3 ±1,0	-0,2 ±2,6
54	-5,1 ±4,7	+10,1 ±6,5	-15,2 ±12,4	-6,0 ±4,4	+8,4 ±2,3
54	-0,1 ±1,3	-6,1 ±1,2	-6,0 ±7,2	-11,9 ±3,0	+5,1 ±1,1

Table 6

Valeurs moyennes de γ pour les 6 puits

N ^o du puits	N - S	E - W	Moyenne
1	0,781	0,672	0,726
2	0,589	0,755	0,672
3	0,690	0,661	0,676
4	0,692	0,721	0,706
5	0,600	0,694	0,647
6	0,663	0,709	0,686
Moyenne	0,669±0,026	0,702±0,014	0,685±0,011
Erreur quadratique Moyenne % . .	≈4	≈2	1,6

BIBLIOGRAPHIE

1. A.E. OSTROVSKII
Clinomètre avec enregistreur photoélectrique
Publ. "Gravimétrie" N° 2 M, Edit. Ac. des Sc. d'URSS, 1961
 2. S.M. FANDIOUCHINA
Résultats des observations clinométriques effectuées dans la région de Moscou de 1962 à 1964
Acad. Sc. URSS, Institut de Physique Terrestre- Moscou 1970 pp. 144-154
 3. L.I. MIRONOVA
Inclinaisons de la surface de la Terre d'après les observations dans les puits près de la station des Monts Lénine.
Publ. "Marées terrestres et structure interne de la Terre". M. Edit. "Naouka" 1967
 4. A.E. OSTROVSKII
Thermographe à résistance pour les salles de mesures.
M. Edit. ITEIN. Ac. des Sc. d'URSS, 1956.
 5. B.P. PERTSEV
Analyse harmonique des marées élastiques.
Edit. Ac. des Sc. d'URSS Série géoph. 1959 N° 4
-

Der Askania Bohrloch-Neigungsmesser (Gezeitenpendel) nach
A. Graf auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe

von D. Flach und O. Rosenbach⁺⁾

I. Einleitung

Für die kontinuierliche Registrierung kleinster Neigungen der Erdkruste, verursacht z.B. durch die Erdzeiten, hat sich seit langem das Horizontalpendel in seinen verschiedenen Ausführungen bewährt. Es wird aus meßtechnischen Gründen üblicherweise in Spezialkammern untertage, insbesondere in Bergwerken aufgestellt. Damit ist die Auswahl des Ortes derartiger Registrierstationen von vornherein sehr stark eingeschränkt; außerdem können Gebirgsbewegungen im Bereich von Stollensystemen die Registrierungen erheblich stören.

Die Einschränkungen hinsichtlich der Auswahl des Registrierortes entfallen größtenteils mit der Möglichkeit der Verwendung von Bohrlöchern für die Installation geeigneter Neigungsmesser. Als ein in diesem Sinne geeignetes Meßgerät hat A. Graf (1958, 1963, 1964) ein Vertikalpendel vorgeschlagen und ein Versuchsmodell gebaut. - Über Versuche gleicher Zielrichtung berichtet M. Schneider (1962, 1964, 1965, 1966), die jedoch bisher nicht zum Bau eines Instrumentes geführt haben, das im Bohrloch installiert werden kann.

Ausgehend von dem Versuchsmodell von A. Graf (1964) haben die Askania-Werke, Berlin, ein Vertikalpendel mit einem einzigen Pendelkörper (Einstab-Pendel) konstruiert, dessen wesentliche Konstruktionsmerkmale H.-D. Jacoby (1966) beschreibt:

Die Askania-Werke haben zunächst eine Serie von 3 Bohrloch-Neigungsmessern gebaut und die Instrumente im Verlaufe des Jahres 1968 an das Institut für Geophysik der Technischen Universität Clausthal ausgeliefert. Das Institut für Geophysik prüft die Geräte auf seiner Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe mit folgendem Ziel:

⁺⁾ Dipl.-Geophys. Dieter Flach
Prof.Dr.-Ing. Otto Rosenbach

Institut für Geophysik
TU Clausthal

- (1) Vergleich der Instrumente untereinander;
- (2) Vorbereitung einer Planung von Forschungsvorhaben im Rahmen der Gemeinschaftsarbeiten der Institute für Geophysik in der Bundesrepublik.

Über die Ergebnisse der Testmessungen wird zu gegebener Zeit berichtet werden⁺).

Bei den Neigungsmessungen mit dem Gezeitenpendel handelt es sich um physikalische Messungen höchster Präzision über einen langen Zeitraum. Es erfordern daher Installation und Betrieb des Gezeitenpendels im Bohrloch eine adäquate technologische Sorgfalt.

Wie in dieser Hinsicht auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlhöhe vorgegangen wurde, wird in folgendem kurz berichtet.

II. Auswahl der Meß-Stelle

Prinzipiell kann eine Meß-Stelle an jedem Ort im Gelände eingerichtet werden, der für die schweren Bohrfahrzeuge zugänglich ist. Es kann also die Meß-Stelle insbesondere nach speziellen geophysikalischen und geologischen Gesichtspunkten ausgewählt werden, wie es die jeweilige Aufgabe erfordert.

Die Funktionsfähigkeit derartiger Meß-Stellen ist allerdings z.Z. lediglich für Bohrpunkte in festem Gestein als gesichert anzusehen; denn bisher liegen nur Erfahrungen mit der Test-Station Zellerfeld-Mühlhöhe vor, deren Bohrungen in Grauwacke stehen.

⁺) Ein erster Bericht über die Eichung des Gezeitenpendels und Ergebnisse der harmonischen Analyse wurde auf dem VIe Symposium International sur les Marées Terrestres in Strasbourg gegeben; s. "Flach-Rosenbach-Wilhelm",

Es liegen im Augenblick noch keine entsprechenden Erfahrungen für Bohrungen in Lockergestein vor. Die Standortfrage für Lockergestein wird nach Inbetriebnahme einer Meß-Stelle in Schleswig-Holstein beurteilt werden können, die das Institut für Geophysik der Universität Kiel in Zusammenarbeit mit dem Institut für Geophysik der Technischen Universität Clausthal auf Grund der bisherigen Ergebnisse an der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe im Herbst 1969 errichtet hat. Weiterhin kommen als Meß-Stellen für den Neigungsmesser natürlich auch die klassischen Aufstellungsorte für Horizontalpendel in Frage, wie z.B. Bergwerksstollen, Tiefkeller usw.

In jedem Falle muß der Aufstellungsort so ausgesucht und vorbereitet werden, daß ein stabiler Stand des Meßgerätes und eine hinreichende Temperaturkonstanz in seiner Umgebung gewährleistet sind. Außerdem ist dabei als zusätzliche Bedingung zu berücksichtigen, daß die Gehäuseachse des Neigungsmessers in ihrer Richtung um weniger als 3° von der Vertikalen abweicht.

Im folgenden wird kurz berichtet, wie die mit den skizzierten Forderungen verknüpften technologischen Fragen an der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe gelöst wurden, an der 3 Bohrungen vorhanden sind.

III. Die Bohrungen an der Test-Station

Die Bohrungen an der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe stehen in Grauwacke; ihre Anlage ist aus Abb. 1 und die nachstehende Aufstellung ersichtlich.

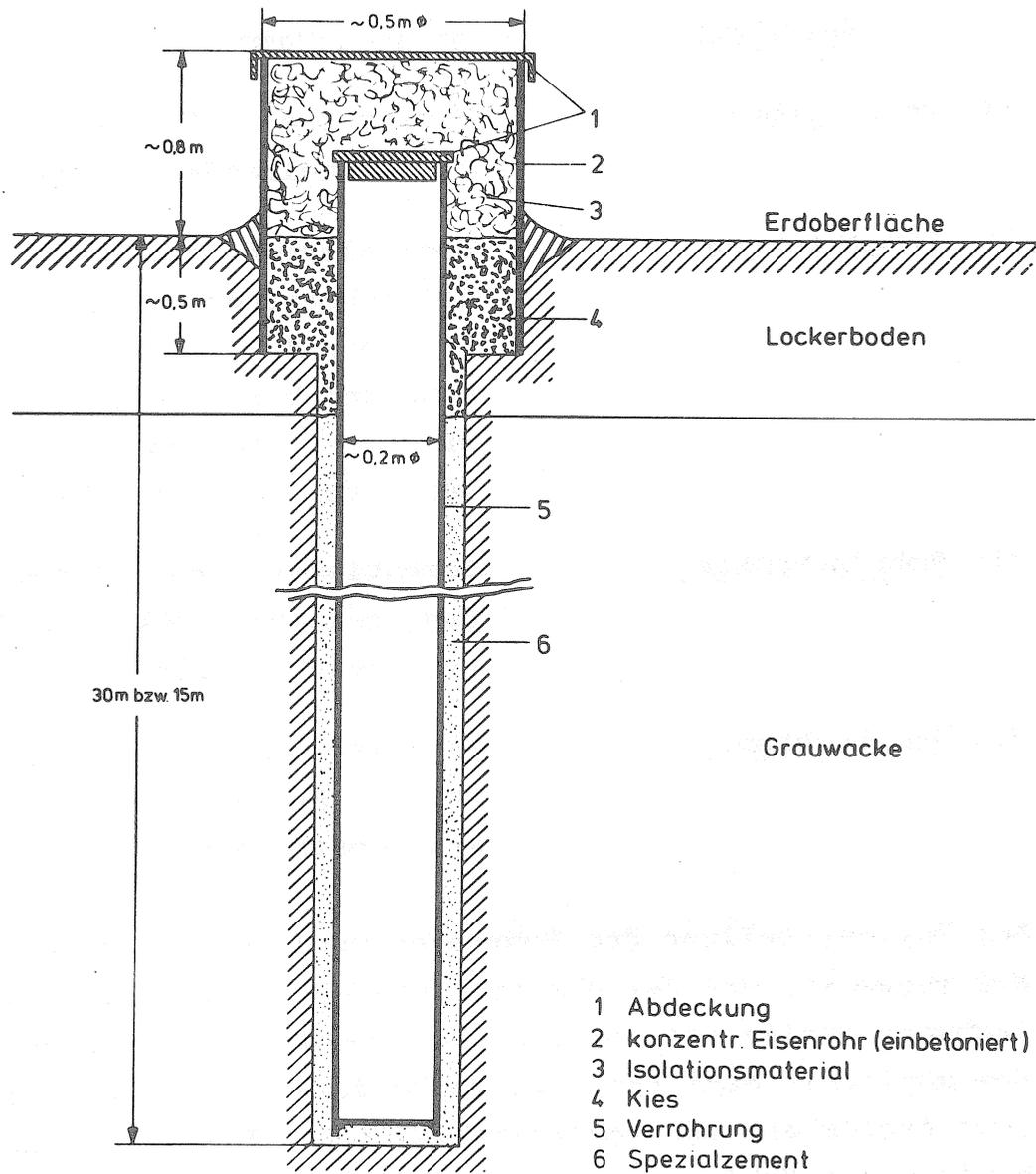


Abb. 1 Bohrloch auf der Teststation Zellerfeld-Mühlenhöhe

- (1) Anzahl: 3, gegenseitiger Abstand ca. 10 m
- (2) Tiefe: 2 x 30 m; 1 x 15 m
- (3) Bohrverfahren: Mission-Hammer, \varnothing 8"
- (4) Verrohrung: Eisenrohre, \varnothing 8"; je ca. 5 - 6 m lang, aneinander geschweißt
- (5) Zementierung: Spezialzement zur Abdichtung von Erdgasbohrungen. Einbringung mit Füllrohr \varnothing 3/4" zwischen Bohrlochwand und Verrohrung (große Kostenersparnis gegenüber Zementationsverfahren der Tiefbohrtechnik)
- (6) Bohrlochsohle: Zementierung, so daß feste Verbindung zwischen Gebirge und Verrohrung gewährleistet
- (7) Bohrlochkopf: Wärmeisolierung und Abdeckung gem. Abb. 1. Außenflächen der Abdeckung weiß gestrichen

Bei der Herstellung der Bohrungen wurde große Sorgfalt darauf verwandt, daß der Abstand zwischen Verrohrung und Bohrlochwand gering ist, so daß die Zementschicht zwischen beiden möglichst dünn ist. Bei Verwendung eines Zementes hoher Druckfestigkeit und Homogenität ist die Stabilität der Verbindung des Gebirges mit der Verrohrung erreichbar, die notwendig ist, um die Bohrung als Aufstellungsort für den Neigungsmesser zu benutzen.

IV. Installation des Neigungsmessers im Bohrloch

In das entsprechend Abschn. III vorbereitete Bohrloch wird eine Montagebüchse eingebracht, die zur Aufnahme des Neigungsmessers dient; s. Abb. 2. Ein- und Ausfahren des Neigungsmessers mit Hilfe einer Seilwinde bereiten keine Schwierigkeiten.

Die notwendige stabile Verbindung des Gehäuses des Neigungsmessers über die Verrohrung mit dem Gebirge wird folgendermaßen erreicht:

- (1) Das Gehäuse des Neigungsmessers ist mit der Montagebüchse über die unter hohem Andruck stehenden Spreizstifte und den Bodenzapfen fest verbunden.
- (2) Der schmale Raum zwischen Montagebüchse und Verrohrung ist mit dem Zement gemäß Abschn. III, (5) ausgefüllt.

Der Neigungsmesser setzt beim Einfahren nicht in einer vorher festgelegten Orientierung auf dem Bodenzapfen auf. Es ist daher bei mehrmaligem Einbringen und Fixieren des Gerätes gem. (1) das Meßpendel jeweils verschieden im Raum orientiert. Für die Auswertung der Registrierung muß naturgemäß die Orientierung des Pendels in bezug auf ein ortsfestes Koordinatensystem bekannt sein. Die Bestimmung der Orientierung geschieht mit Hilfe einer Strichplatte, Rosenbach, Jacoby (1968), die auf der Deckplatte des Instrumentengehäuses angebracht ist. Auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlhöhe kann die Strichplatte mit einem Theodoliten visuell angepeilt werden, da die Bohrlöcher trocken und ihre Achsen hinreichend geradlinig sind; damit ist die Einhängung der Orientierung in das geographische Koordinatensystem gegeben.

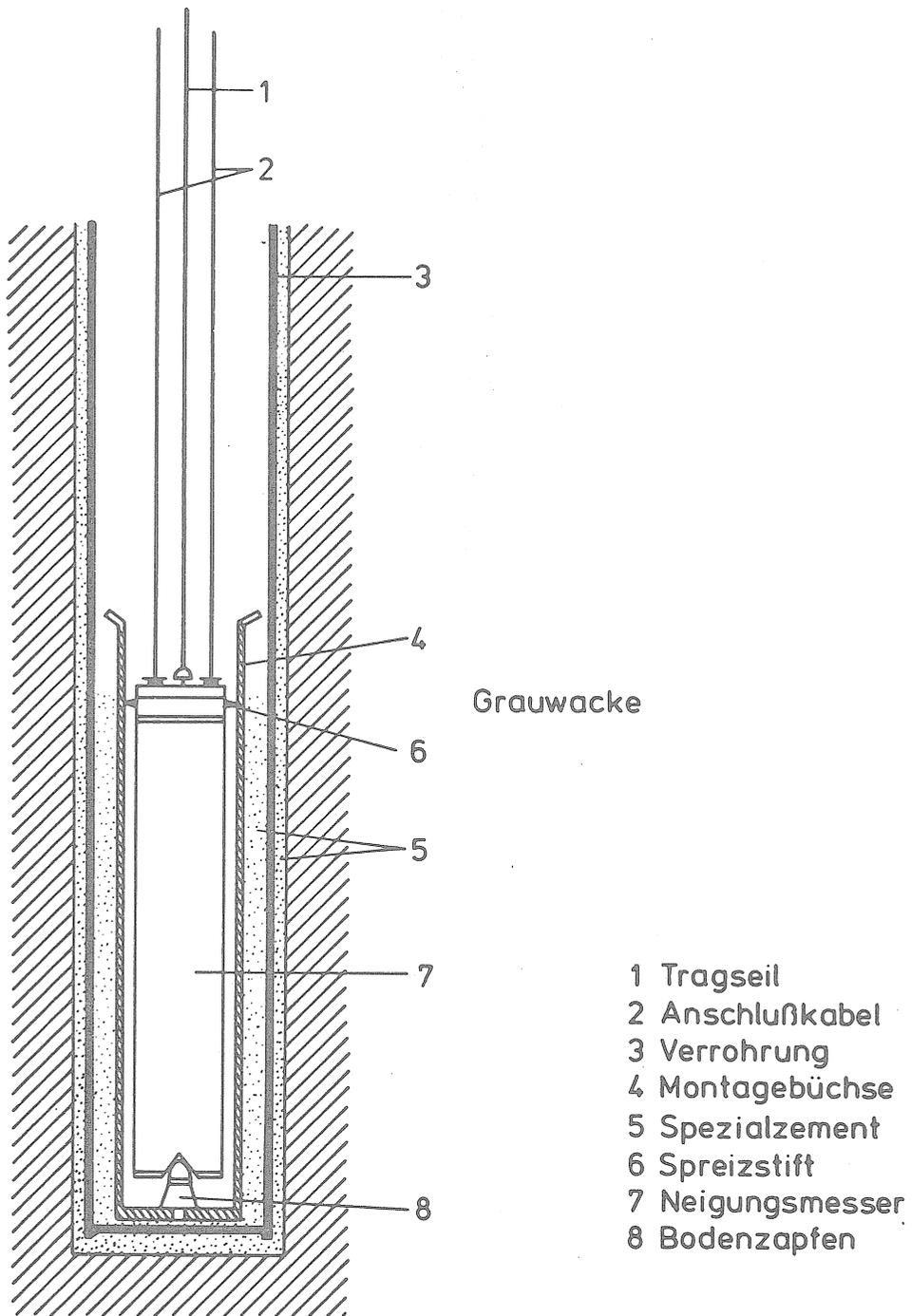


Abb. 2 Installation des Askania Neigungsmessers in einem Bohrloch

V. Bisherige Erfahrungen beim Betrieb der Test-Station

Die Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe ist seit ca. 1 1/2 Jahren - mit kurzen Unterbrechungen - in Betrieb. Die in diesem Zeitraum erzielten Ergebnisse haben die Funktionsfähigkeit des Askania-Neigungsmessers in Bohrlöchern nachgewiesen.

Ein erstes Registrierbeispiel ist in Rosenbach, Jacoby (1968) wiedergegeben. Weitere Beispiele werden im Zusammenhang mit der Bearbeitung von Registrierungen vorgelegt werden.

Die beschriebene Einrichtung und der Betrieb der Station haben sich bewährt, wesentliche Störungen sind nicht aufgetreten. - Technische Schwierigkeiten haben sich lediglich bei der Azimutbestimmung ergeben. Die Anpeilung der hierfür vorgesehenen Strichplatte (s. Abschn. IV) mit Hilfe des Theodoliten kann nur schwer mit der notwendigen Genauigkeit durchgeführt werden. Ein selbst gebauter Aufsatz mit einer von unten beleuchteten Aluminiumplatte mit Schlitzen erleichtert wesentlich die Peilung; diese Vorrichtung ermöglicht die Azimutbestimmung mit einer Genauigkeit besser als $1/2^{\circ}$, die für die Bearbeitung der Registrierergebnisse hinreichend ist.

Über die Analyse der ersten Registrierungen wird in der Arbeit Flach, Rosenbach, Wilhelm (1970) berichtet. Es laufen weitere Bearbeitungen der bisher gewonnenen Registrierdaten, insbesondere auch zur Beurteilung der instrumentellen Eigenschaften des Neigungsmessers; hierzu befinden sich spezielle Publikationen in Vorbereitung.

VI. Danksagung

Die Verfasser danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Bereitstellung der Mittel zur Beschaffung der Geräte sowie zum Betrieb der Test-Station.

Zu der Einrichtung und laufenden Betreuung der Station haben Herr Werkstattmeister A. Müller sowie die Herren H. Nemschemeier, K. Kaiser und G. Müller durch gewissenhafte Ausführung sämtlicher technischen Arbeiten wesentlich beigetragen, wofür die Verfasser ihnen besonderen Dank sagen.

Literatur

Graf, A.:

Bemerkung zur instrumentellen Ausrüstung einer Gezeitenstation. Obs. Roy. Belg. Comm. Nr. 142, Sér. Geophys. 47, 116 - 122, 1958.

Graf, A.:

Das Vertikalpendel anstelle des Horizontalpendels für die Registrierung der Gezeiten und von kleinsten Neigungen. B.I.M. 34, 1069 - 1072, 1963.

Graf, A.:

Erste Neigungsmessungen mit dem Vertikalpendel in einem 30 m - Bohrloch. Obs. Roy. Belg. Comm. Nr. 236, Sér. Geophys. 69, 249 - 254, 1964.

Jacoby, H.-D.:

Das neue Bohrloch - Gezeitenpendel nach Graf. Askania Warte 67, 12 - 17, 1966.

Rosenbach, O. und H.-D. Jacoby:

First Experiences with the Askania Borehole Tiltmeter (Earth Tide Pendulum). Problems of Recent Crustal Movements of the Earth. Moscow, 1969.

Schneider, M.:

Die Registrierung von Lotschwankungen mit Hilfe eines Vertikalpendels in Freiberg/Sa. Bergakademie 14, 569, 1962.

Schneider, M.:

Lotschwankungsmessungen mit Vertikalpendeln in Freiberg/Sa. Obs. Roy. Belg. Comm. Nr. 236, Sér. Geophys. 69, 262, 1964.

Schneider, M.:

Messung der Lotschwankungen mit Vertikalpendeln in Freiberg/Sa. Deutsche Geodät. Komm., Reihe C, Diss. 79, 1965.

Schneider, M.:

Ein Vertikal-Einstab-Pendel zur Messung der erdzeitenbedingten Lotschwankungen. Studia geoph. et geod. 10, 422 - 436, 1966.

Untersuchungen des Askania Bohrloch-Neigungsmessers (Gezeitenpendel) nach A. Graf auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe
(Teil I)

von D. Flach⁺), O. Rosenbach⁺), H. Wilhelm⁺⁺)

I. Einleitung

In der Publikation Flach - Rosenbach (1970) wurde über Installation und Betrieb des Gezeitenpendels mit Hinblick auf die damit verbundenen technologischen Fragen berichtet. In dieser Arbeit werden die ersten Prüfergebnisse mitgeteilt.

III. Lage der Station

- (1) Geographische Koordinaten: $\varphi_N = 51^\circ 49' 20''$
 $\lambda_E = 10^\circ 20' 30''$

- (2) Aufstellungsort der Pendel:

Gezeitenpendel	Tiefe des Bohrloches	Feste Grauwacke oberhalb Bohrlochsohle
P 1	13 m	ca. 5 m
P 2	30 m	ca. 20 m

- (3) Abstand der beiden Bohrlöcher: ca. 25 m

III. Registrierungen

- (1) Zeitintervall: 20. 6. 1968/0^h UT - 24. 7. 1968/7^h UT
- (2) Aufzeichnung: analog, anschließend Digitalisierung

⁺) Dipl.-Geophys. Dieter Flach
Prof.Dr.-Ing. Otto Rosenbach

Institut für Geophysik
TU Clausthal

⁺⁺) Dr.rer.nat. Helmut Wilhelm

Institut für Geophysik
Universität Göttingen

(3) Orientierung der Gezeitenpendel:

Gezeitenpendel	Komponente	Azimut gegen N
P 1	x	138,7°
	y	228,7°
P 2	x	233,2°
	y	143,2°

Die Azimute sind vermutlich auf ca. 1 - 2° ungenau; vgl. hierzu die technologischen Bemerkungen im Abschnitt V der Publikation Flach - Rosenbach (1970).

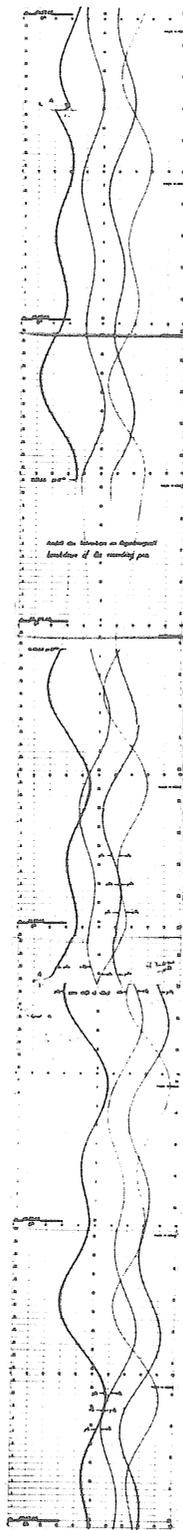
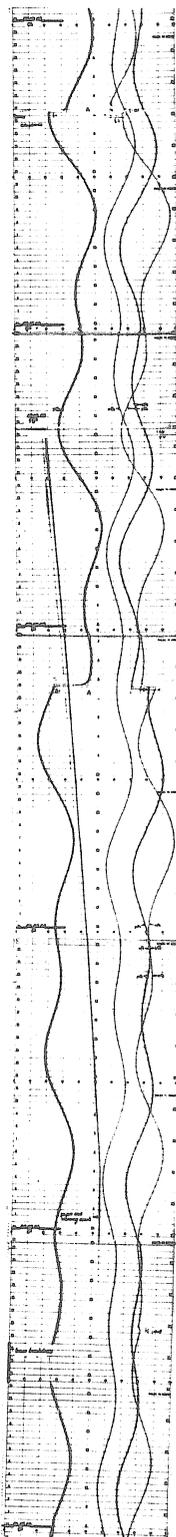
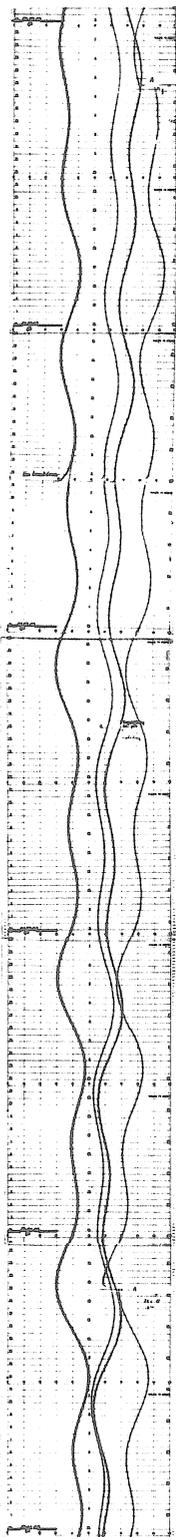
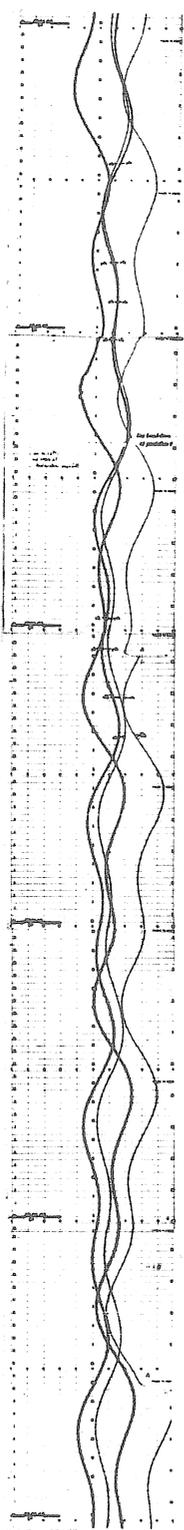
(4) Die Reproduktion der Registrierung beider Pendel ist in Abb. 1 a, b wiedergegeben.

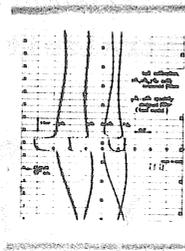
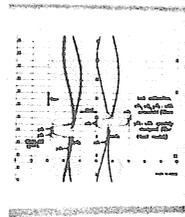
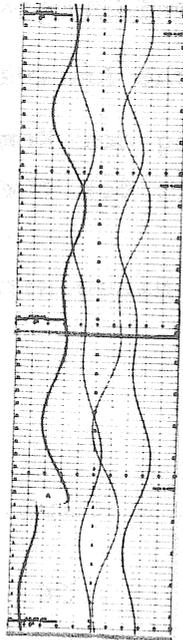
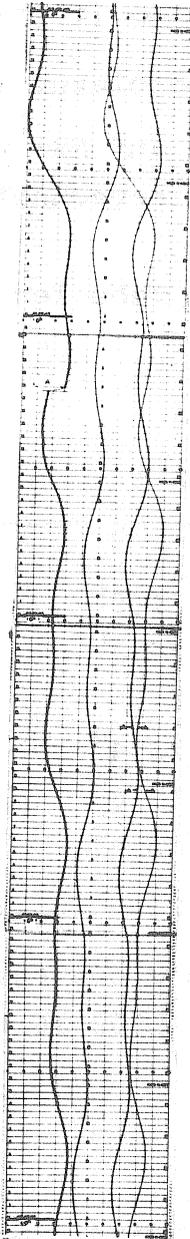
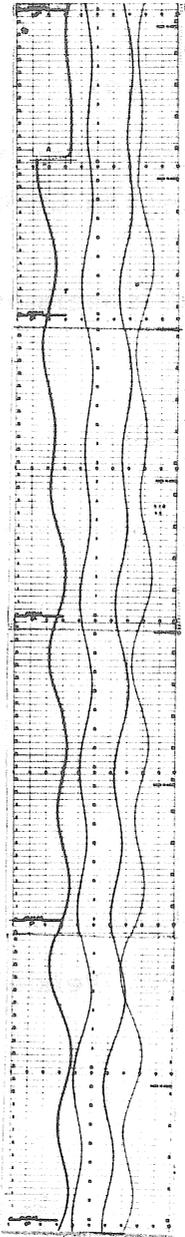
(5) Empfindlichkeit: Aus der Registrierung nach Abb. 1 a, b und der Kugelleichung (s. Abschn. VI) ergeben sich folgende Empfindlichkeiten:

Gezeitenpendel	Komponente	Empfindlichkeit msec/SkT
P 1	x	5.02
	y	5.27
P 2	x	7.12
	y	4.85

IV. Harmonische Analyse

Die analoge Registrierung der Abb. 1 a, b wurde digitalisiert, und die stündlichen Werte vom 20. Juni 1968 1 Uhr UT bis zum 21. Juli 1968 7 Uhr UT wurden in folgender Weise analysiert:





- (1) Gangeliminierung nach Pertsew (1957)
- (2) Harmonische Analyse nach Lecolazet (1958, 1959)
- (3) Umrechnung der Komponenten auf NS- und EW-Richtung und Vergleich mit den theoretisch berechneten Gezeiten, Lecolazet (1959)

Die Ergebnisse sind in den Tabellen 1 und 2 zusammengestellt.

Welle	NS		EW	
	γ	α	γ	α
K_1	1,06	$31,9^\circ$	0,80	$- 0,3^\circ$
O_1	1,01	$27,3^\circ$	0,69	$- 0,8^\circ$
M_2	0,70	$12,4^\circ$	0,80	$0,0^\circ$
S_2	0,71	$17,6^\circ$	0,74	$- 0,9^\circ$
N_2	0,83	$0,9^\circ$	0,88	$- 7,8^\circ$

Tab. 1: Amplitudenfaktoren γ und Phasen α für Pendel 1
Zentralzeit: 5. 7. 1968 16 Uhr UT

Welle	NS		EW	
	γ	α	γ	α
K_1	0,94	$25,4^\circ$	0,81	$4,7^\circ$
O_1	0,93	$23,9^\circ$	0,73	$6,8^\circ$
M_2	0,66	$- 2,3^\circ$	0,86	$- 3,3^\circ$
S_2	0,68	$6,7^\circ$	0,80	$- 3,3^\circ$
N_2	0,80	$- 19,9^\circ$	0,98	$- 10,0^\circ$

Tab. 2: Amplitudenfaktoren γ und Phasen α für Pendel 2
Zentralzeit: 5. 7. 1968 16 Uhr UT

V. Gemessene und theoretische Gezeiten

Zur Beurteilung der Registrierung sind in den Abb. 2 a und b die auf die NS- und EW-Richtung transformierten und nach Pertsew (1957) vom Gang befreiten gemessenen Gezeiten für den Zeitraum vom 20. Juni 19 Uhr UT bis zum 25. Juni 20 Uhr UT den mit 79 Partialwellen berechneten theoretischen Gezeiten gegenübergestellt. Dabei ist bei der NS-Komponente ein Ausschlag positiv in Richtung Süden, bei der EW-Komponente positiv in Richtung Westen.

In der Abb. 2 c sind die Differenzen der in den zugehörigen Abb. 2 a und 2 b dargestellten gemessenen Gezeiten aufgetragen. Mögliche Ursachen für die Unterschiede in den Registrierungen der beiden Pendel sind:

- (1) Geodynamische Unterschiede; erfaßt auf Grund der unterschiedlichen Aufstellungsorte, s. Abschn. II (2)
- (2) Instrumentelle Unterschiede.

Eine Entscheidung über die Anteile von (1) und (2) an den Unterschieden der Registrierung läßt sich mit dem hier diskutierten Material nicht treffen. Zur Klärung dieser Frage sind systematische Untersuchungen von Sumultanregistrierungen über einen längeren Zeitraum notwendig, die bereits im Gange sind.

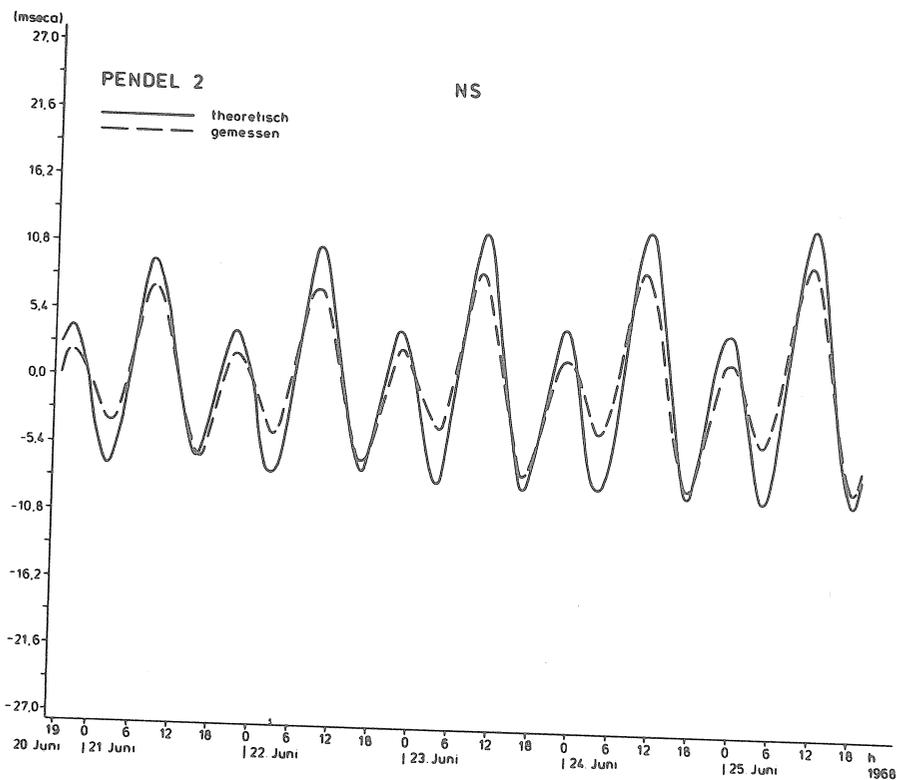
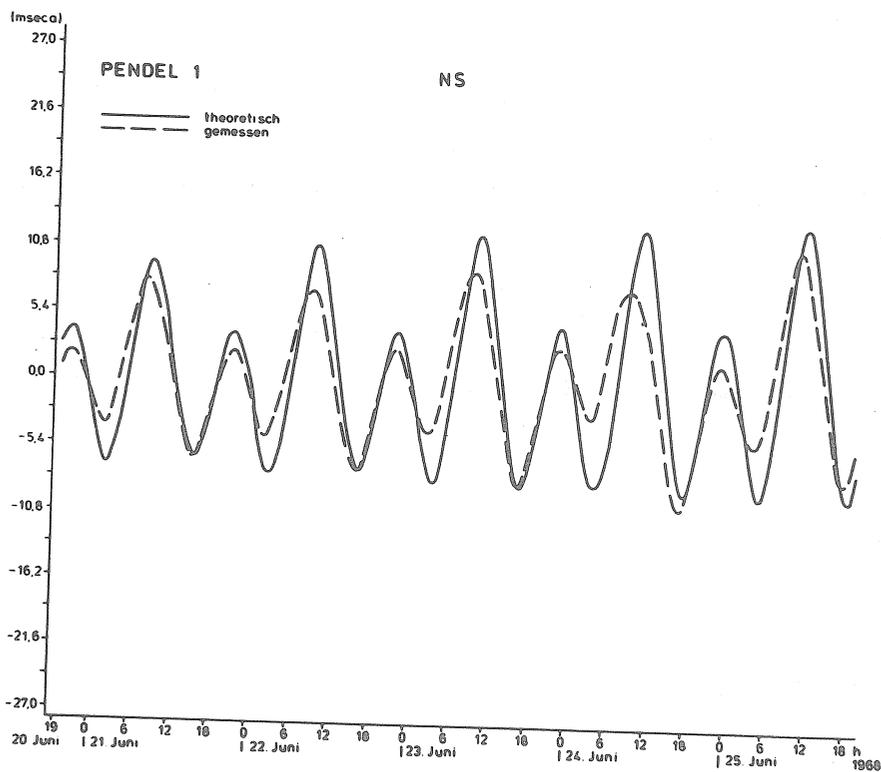


Abb. 2 a: Gemessene und theoretische Gezeiten,
NS-Komponente

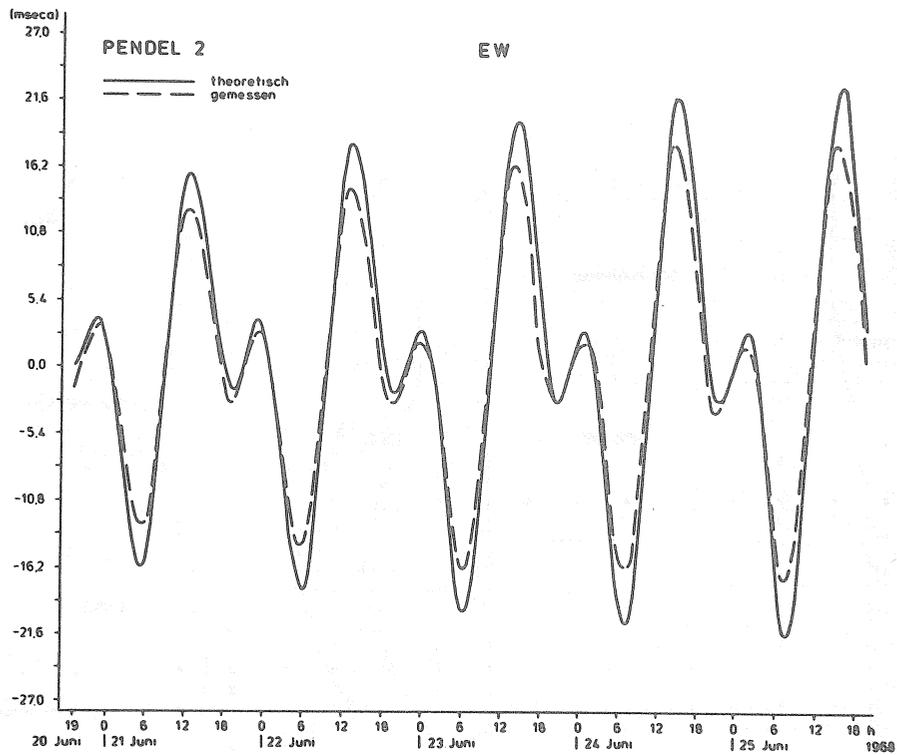
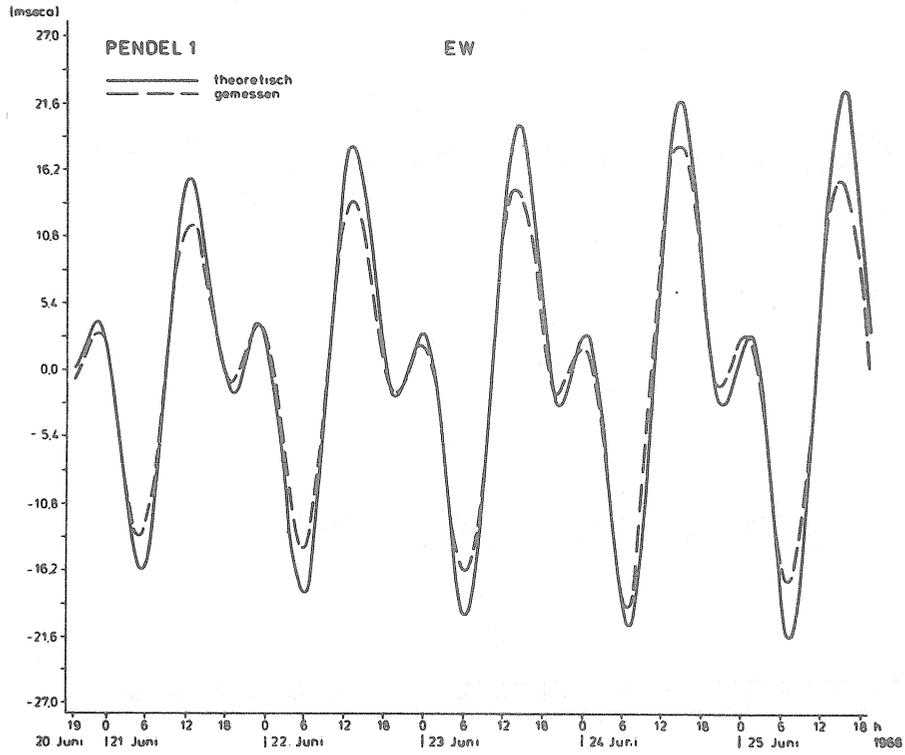


Abb. 2 b: Gemessene und theoretische Gezeiten,
EW-Komponente

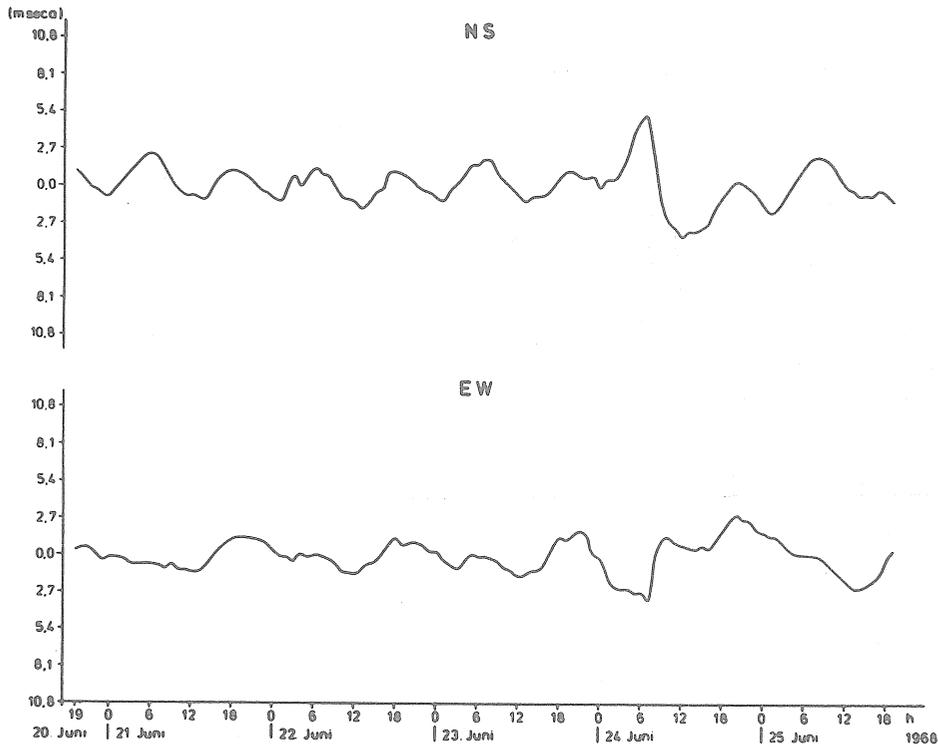


Abb. 2 c: Differenzen der gemessenen Gezeiten der Abb. 2 a und b

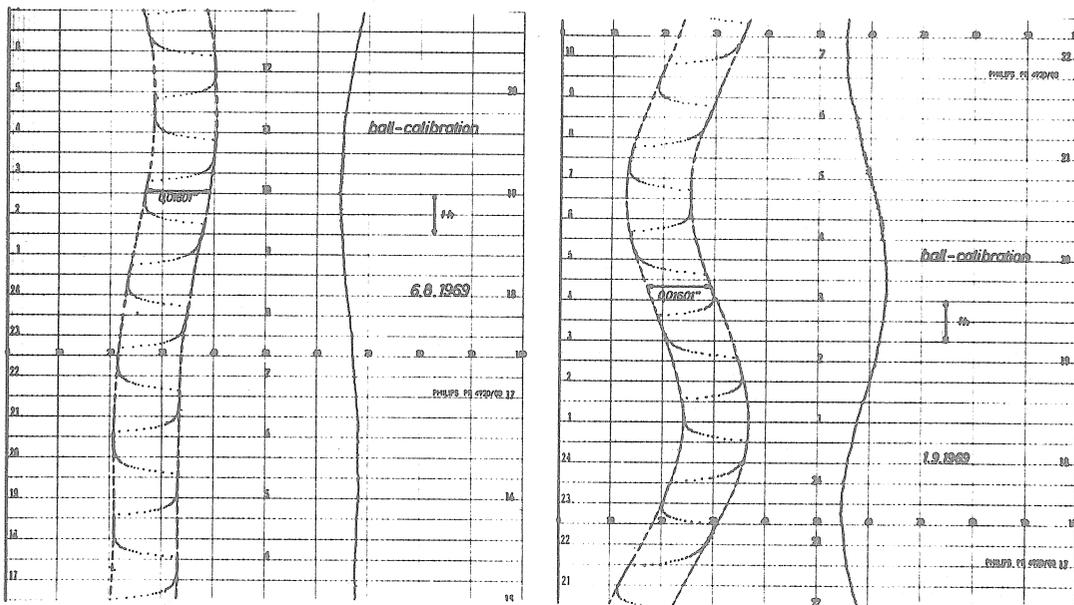


Abb. 3: Überprüfung der Kugeleichung (Meßbeispiele Pendel 2)

VI. Kugeleichung

Zur Überprüfung der internen Kugeleichung diente eine Serie von ca. 800 Verlagerungen der Eichkugel, die im Abstand von je 1^h durch automatische Steuerung der Eichvorrichtung erfolgten. Die Prüfung lief ohne Unterbrechung über nahezu 5 Wochen, so daß ein voller Mondzyklus erfaßt wurde. Ausschnitte aus den Registrierungen für Zeitspannen mit großen und kleinen Gezeitenamplituden zeigt die Abb. 3.

Die Bearbeitung der gesamten Aufnahmeserie liefert als erstes Ergebnis, daß der Eichwert mit einer Genauigkeit besser als 0,5 % reproduzierbar ist. Der Wert 0,5 % ist bedingt durch die Genauigkeit des verwendeten Analog-Registriergerätes. - Eine entsprechende Bearbeitung von Digital-Registrierungen größerer Genauigkeit, die mittlerweile vorliegen, wird eine bessere Beurteilung der Reproduzierbarkeit des Eichwertes ermöglichen.

VII. Genauigkeit der Registrierung

Bei Anwendung der Fehlerkombination von Lecolazet (1959) auf die Ausgangsdaten ist der mittlere Fehler der Einzelmessung kleiner als 0,2 msec. Damit ist die vom Herstellerwerk, Jacoby (1966), angegebene Winkelauflösung von 0,2 msec bei beiden Pendeln erreicht.

VIII. Weitere Untersuchungen

Der vorliegende Beitrag umfaßt die Ergebnisse der Bearbeitung einiger Registrierungen aus 1968 und 1969. - Es liegt aus diesem Zeitraum weiteres umfangreiches Registriermaterial vor, das seit Mai 1969 simultan als Analogaufzeichnung und direkte Digitalaufzeichnung gewonnen wird. Die Auswertung der Daten läuft z.Z. nach verschiedenen Gesichtspunkten, insbesondere hinsichtlich weiterer Überprüfung der Eigenschaften des Meßgerätes; hierüber wird in Kürze berichtet werden.

IX. Danksagung

Die Verfasser danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Bereitstellung der Mittel zum Betrieb der Teststation sowie zur Bearbeitung der Meßergebnisse.

Für die gewissenhafte Ausführung sämtlicher technischen Arbeiten im Zusammenhang mit den Testmessungen danken die Verfasser Herrn Werkstattmeister A. Müller sowie den Herren H. Hemschmeier, K. Kaiser und G. Müller.

Die Rechnungen wurden mit ALGOL-Programmen an der Rechenanlage IBM 7040 der AVA Göttingen durchgeführt, wofür die Verfasser zu Dank verpflichtet sind.

Literatur

Jacoby, H.-D.:

Das neue Bohrloch-Gezeitenpendel nach Graf. Askania-Warte 67, 12 - 17, 1966.

Lecolazet, R.:

La méthode, utiliséc à Strasbourg pour l'analyse hermonique de la marée gravimétrique. B.I.M., 10, 153 - 178, 1958.

Lecolazet, R.:

Le développement harmonique des déviations périodiques théoretiques de la verticale. B.I.M., 14, 211 - 225, 1959.

Lecolazet, R.:

Sur l'estimation des erreurs internes affectant les résultats d'une analyse harmonique mensuelle. B.I.M., 17, 269 - 278, 1959.

Melchior, P.:

Sur l'interprétation des courbes de dérivate des gravimètres. B.I.M., 17, 279 - 287, 1959.

Pertsev, B.:

On the calculation of the drift curve in observations of bodily tides. B.I.M., 5, 71 - 73, 1957.

LES OBSERVATIONS SUR LES INCLINAISONS DE MAREES ET LES VARIATIONS DE LA
FORCE DE PESANTEUR A SIMFEROPOL.

Z.N. Aksentieva, P.S. Korba, O.V. Tchouprounova

(Observ. Grav. de Poltava - Institut de Géophysique Ac. des Sc. Ukraine)

Geophysics and Astronomy, Informational Bulletin n° 11 pp. 169 - 175 Kiev 1967.

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ПРИЛИВНЫМИ НАКЛОНАМИ И
ВАРИАЦИЯМИ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В СИМФЕРОПОЛЕ.

З.Н. Аксентьева, П.С. Корба, О.В. Чупрунова.

Геофизика и Астрономия. Инф. Бюл. №11 Стр.
169 - 175 Киев 1967.

Nous donnons dans l'article les résultats des observations des marées terrestres à la station de marées terrestres de Simféropol effectuées à l'aide des pendules horizontaux Repsold-Levitskii et du gravimètre Askania GS-11 (N° 159) en 1964-1965. La réduction a été effectuée par la méthode d'analyse harmonique de P.S. Matveyev, calculée par séries d'un mois d'observations.

L'étude de la structure interne de la Terre s'effectue d'après les données séismiques et gravimétriques. Cependant ces derniers temps on fait également des observations de marées terrestres. On a montré par exemple dans les travaux [6, 7] que les observations de marées terrestres peuvent donner une information sur la composition du noyau de la Terre.

En outre, l'analyse de ces observations en beaucoup de points de la surface de la Terre permet de tirer certaines conclusions sur la relation des déformations de marées avec la structure de l'écorce et ses couches plus profondes.

Dans l'étude de la structure de l'écorce terrestre à l'aide des particularités des déformations de marées de sa surface on n'a fait que des tentatives préliminaires [8, 9] et c'est pourquoi il est utile d'effectuer dans une région des observations de marées terrestres et d'autres observations géophysiques. On a choisi une région de Crimée intéressante sous le rapport géo-tectonique, où a été créé un polygone géophysique spécial dans le but d'étudier le problème de la dépression de la Mer Noire.

Les observations des marées terrestres en Crimée ont été effectuées dans la station sismique "Simféropol" à l'aide du gravimètre GS-11 et des clinomètres du système Repsold-Levitskii. La description de l'endroit d'installation des appareils, la méthode de mesures et les premiers résultats des observations clinométriques et gravimétriques obtenus respectivement par la méthode des marées faibles et d'après des séries de trois jours sont publiés en [1, 3]. On donne dans le présent travail les résultats préliminaires de la réduction des observations des marées terrestres à la station "Simféropol" d'après des séries mensuelles.

VARIATIONS DE LA FORCE DE PESANTEUR

Pour déterminer le facteur $\delta = 1 - \frac{3}{2}k + h$ on a réduit les données obtenues dans la station "Simféropol" de janvier à juillet 1965 à l'aide du GS-11 N° 159. Le gravimètre a fonctionné avec thermostatisation et la lampe éclairant le photo-élément était alimentée par le réseau de courant alternatif en passant par le redresseur-stabilisateur semi-conducteur du constructeur. L'enregistrement était effectué par méthode photographique à l'aide d'un galvanomètre à miroir hautement sensible. L'étalonnage était effectué régulièrement tous les 7 à 10 jours ; avant le début et après chaque déplacement on a lu au micromètre 10 valeurs. Puisque les valeurs individuelles présentent une assez grande divergence, on a fait consécutivement plusieurs déplacements lors de chaque détermination. Les données ont été réduites avec un coefficient d'étalonnage constant moyenne de tous les déplacements effectués pendant une série mensuelle donnée. Les valeurs sont données dans la table 1 où l'on observe une certaine allure systématique dans la variation de ce coefficient malgré des divergences accidentelles.

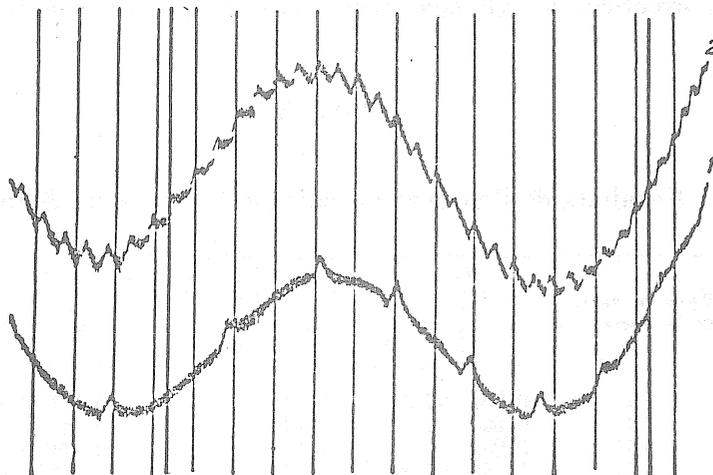
Table 1

Valeur de l'échelle d'enregistrement

Date	Dépl.mm	Echelle d'enreg. μgal/mm	Date	Dépl.mm	Echelle d'enreg. μgal/mm
14. XII 1964	83,0	3,60	26. III 1965 r.	63,0	4,06
19. XII	62,8	3,70		82,0	3,67
25. XII	64,0	3,80		53,5	3,98
28. XII	49,5	3,73	30. III	91,0	3,88
	139,0	3,77	17. IV	106,0	5,04*
9. I 1965	66,0	3,55		210,0	5,19*
17. I	58,4	3,67		86,0	5,11*
	85,1	3,63	28. IV	115,0	4,98*
22. I	64,0	3,62		155,0	4,89*
25. I	183,5	3,61	7. V	148,5	5,13*
	135,0	3,54		18,5	5,07*
	59,0	3,68	14. V	96,0	4,22
	133,0	3,50		136,5	4,14
	142,0	3,65		77,6	3,74
30. I	62,5	3,66	25. V	102,7	3,92
8. II	164,5	3,63		158,3	3,92
	133,0	3,68		82,0	3,92
	97,0	3,76	31. V	119,0	3,87
	98,0	3,64		128,0	4,06
14. II	67,0	3,71	7. VI	103,0	3,85
19. II	24,0	3,84		34,6	3,88
	116,0	3,78	15. VI	38,7	3,87
5. III	52,4	3,72		140,5	3,97
6. III	110,0	4,08	24. VI	71,8	4,04
	81,0	3,67		147,5	3,90
	157,0	3,80		137,5	3,88
13. III	93,0	3,75	7. VII	108,5	3,80
	159,0	3,86		125,0	3,71
	87,0	4,15	17. VII	97,5	8,71

* Les valeurs portant avec une astérisque sont obtenues avec une incandescence réduite de la lampe éclairant le photoélément de l'appareil.

De temps à autre sont apparus dans l'enregistrement des rejets d'environ 3 mm avec une fréquence d'apparition de quelques unités jusqu'à 3 à 4 dizaines par jour



Représentations de l'enregistrement du gravimètre avec rejets
 1 - avec des rejets de 1 à 3 h ;
 2 - avec un nombre maximum de rejets

Table 2

Résultats de l'analyse harmonique (ondes diurnes) pour 1965.

Date du début de la série	Q_1		\hat{Q}_1 $\hat{\sigma}_1$		K_1		M_1	
	δ	κ	δ	κ	δ	κ	δ	κ
17.I	0,949	-26,6	1,069	-2°,7	1,114	-7°,3	0,560	+23°,7
7.II	0,785	-11,1	1,055	-5,0	1,153	-12,0	2,314	+161,1
1.III	0,906	-15,4	1,192	+1,5	1,348	-3,9	1,366	+10,0
7.IV	1,159	-1,6	1,158	-2,6	1,192	+5,7	1,204	-14,6
6.V	1,229	-12,3	1,156	-1,3	1,208	+3,7	3,197	+25,9
2.VI	1,383	+6,6	1,154	+1,1	1,230	+3,6	2,004	+2,9
30.VI	1,296	-1,6	1,185	-0,7	1,188	+2,0	0,428	-30,6
Moyenne vectorielle	1,084	-7,5	1,138	-1,3	1,198	-1,1	1,527	+11,7
Erreur quadratique moyenne	$\pm 0,089$	$\pm 4,3$	$\pm 0,018$	$\pm 0,7$	$\pm 0,032$	$\pm 2,0$	$\pm 0,380$	$\pm 10,5$

L'apparition ou la disparition des rejets se produisait souvent après une intervention quelconque dans le travail de l'instrument. L'humidité élevée du local pendant cette période en était apparemment la cause. Ceci a été remarqué précédemment aussi dans d'autres stations [2].

L'analyse harmonique des observations a été effectuée par la méthode de trente jours de P.S. Matveyev [5]. Les résultats de l'analyse sont donnés dans les tables 2 et 3 ainsi que les

valeurs vectorielles moyennes du facteur δ et du retard de phase χ^* pour huit ondes de marée ; leurs erreurs sont calculées d'après les séries indépendantes. On a introduit dans le retard de phase une correction de 3,6 min. pour tenir compte de l'inertie du galvanomètre enregistreur [4] **

Table 3.

Résultats de l'analyse harmonique (ondes semi-diurnes) pour 1965.

Date du début de la série	N_2		M_2		S_2		μ_2	
	δ	χ	δ	χ	δ	χ	δ	χ
17.I	0,957	+2°,5	1,174	+1°,2	1,325	+9°9	1,787	-63°,1
7.II	0,860	+2,7	1,132	-0,3	1,362	+7,1	0,545	-46,7
1.III	0,968	+1,8	1,157	+0,8	1,300	+4,4	0,551	+45,3
7.IV	1,168	+9,8	1,173	+0,1	1,199	+1,7	1,644	-20,2
6.V	1,185	-3,9	1,160	-0,7	1,231	-2,1	0,278	+7,6
2.VI	1,288	+0,3	1,189	+1,1	1,417	-1,8	1,583	+8,0
30.VI	1,127	-1,0	1,187	+0,2	1,256	+0,1	1,770	+6,1
Moyenne vectorielle	1,076	+1,7	1,168	+0,4	1,295	+3,0	1,006	-17,8
Erreur quadrat. moyenne	$\pm 0,053$	$\pm 2,0$	$\pm 0,005$	$\pm 0,3$	$\pm 0,031$	$\pm 1,9$	-0,267	$\pm 15,2$
Pour des séries	—	—	$1,185 \pm 0,022$	$0,0 \pm 1,1$	—	—	—	—
de trois jours	—	—	$1,207 \pm 0,015$	$\pm 0,7$	—	—	—	—

A titre de comparaison nous donnons dans la table 3 les résultats publiés précédemment [3] par réduction pour des séries de trois jours ; on constate que les valeurs δ obtenues par les différentes méthodes convergent entre elles. Certaines augmentations de la valeur δ calculée pour des séries de trois jours en comparaison avec δ déterminée par des séries mensuelles d'après l'onde la plus sûre M_2 s'expliquent par la présence dans les observations de l'onde diurne déterminée par des influences météorologiques et par des variations de tension dans le réseau urbain.

* Le signe plus pour χ correspond à un retard de la marée observée par rapport à la marée théorique.

** Les paramètres du galvanomètre enregistreur sont : la constante de courant - $C_1 = 2,6 \cdot 10^{-11} \frac{\text{a}(\text{mm})}{\text{m}}$

la résistance interne - $R_g = 6,5 \text{ Kohm}$, la résistance critique extérieure - $R_k = 0,7 \text{ Mohm}$ et la période des oscillations propres - $T_o = 6,4 \text{ sec}$.

OBSERVATIONS CLINOMETRIQUES

Ces observations ont été effectuées à l'aide de pendules horizontaux Repsold Levitskii installés dans une salle spéciale [1]. Le pendule M enregistre "est-ouest" ($\alpha = 90^\circ$) et le pendule "I" - la composante "Nord-Sud" ($\alpha = 180^\circ$).

Table 4.

Résultats de l'analyse harmonique des observations clinométriques.

Date initiale	N_2		M_2		S_2	
	γ	α	γ	α	γ	α
Nord-Sud						
19. IX 1964	1,358	+25,2	0,849	+18,6	0,892	+8,6
27. X	1,017	+52,6	0,878	+13,5	0,806	+22,6
4. XII	0,698	-16,4	0,942	+15,8	1,496	-12,0
5.V 1965	1,031	+ 3,6	0,843	+20,2	0,773	+8,0
3. VIII	0,842	+ 0,6	0,810	+19,6	0,551	+17,9
Moyenne	0,989	+13,1	0,864	+17,5	0,904	+9,2
Erreur quadr. moy.	$\pm 0,110$	$\pm 9,9$	$\pm 0,022$	$\pm 1,3$	$\pm 0,158$	$\pm 3,6$
Série annuelle	—	—	0,777	+20,75	—	—
Erreur quadr. moy.	—	—	$\pm 0,005$	$\pm 0,5$	—	—
Est-Ouest						
18. IX 1964	0,684	+8,1	0,800	+11,6	0,650	+22,4
25. X	1,192	-2,6	0,842	+10,6	0,814	+10,0
24. XI	1,500	+4,8	0,790	+7,8	1,322	+8,5
24. I 1965	1,238	-14,2	0,737	+5,0	1,190	+8,4
16. VII	1,314	-8,1	0,854	+10,0	0,897	+41,0
Moyenne	1,186	-2,4	0,805	+9,0	0,975	+18,1
Erreur quadr. moy.	$\pm 0,136$	$\pm 4,5$	$\pm 0,121$	$\pm 1,2$	$\pm 0,123$	$\pm 2,0$
Série annuelle	—	—	0,850	+11,20	—	—
Erreur quadr. moy.	—	—	$\pm 0,007$	$\pm 0,5$	—	—

Nous donnerons dans cet article les résultats de l'analyse harmonique de cinq séries mensuelles séparées indépendantes d'observations clinométriques effectuées en 1964-1965.

L'analyse harmonique est effectuée sur ordinateur électronique d'après la méthode de P.S. Matveyev établie pour une série ininterrompue d'un mois d'observations [5].

Nous constatons par la table 4 que les ondes semi-diurnes sont chargées d'influences étrangères qui diminuent la précision de la détermination des ondes M_2 et S_2 et donnent un résultat peu sûr de la détermination de l'onde N_2 . En effet, si la précision de la détermination de l'amplitude de l'onde M_2 est de 2,5 %, elle atteint 13 à 18 % pour l'onde S_2 mais pour l'onde N_2 on a 12 % pour une valeur de γ nettement exagérée et de la valeur de l'erreur quadratique moyenne dans le calcul de χ

Table 5.

Amplitudes observées des ondes et leurs rapports

Date initiale	N_2	M_2	S_2	$\frac{N_2}{M_2}$	$\frac{S_2}{M_2}$
Nord-Sud					
19. IX 1964	0,00204	0,00672	0,00326	0,304	0,485
27. X	153	691	293	0,221	0,424
4. XII	105	737	546	0,142	0,741
5. V 1965	155	660	287	0,235	0,435
3. VIII	125	631	204	0,198	0,323
Moyenne . .	148	678	331	0,220	0,482
Est-Ouest					
18. IX 1942	0,00146	0,00902	0,00337	0,162	0,374
25. X	253	938	420	0,270	0,448
24. XI	321	876	682	0,366	0,779
24. I 1965	262	817	615	0,321	0,753
16. VII	275	940	472	0,293	0,502
Moyenne . .	251	895	505	0,280	0,571

Nous donnons dans la table 5 les résultats de la détermination des amplitudes observées des ondes de marées M_2 , S_2 , N_2 et les rapports caractéristiques des amplitudes des ondes $\frac{N_2}{M_2}$ et $\frac{S_2}{M_2}$ qui, selon la théorie statique des marées, ont respectivement une valeur de 0,193 et 0,465.

On note une grande divergence dans les amplitudes observées et dans les rapports caractéristiques et certains des rapports $\frac{N_2}{M_2}$ et $\frac{S_2}{M_2}$ sortent loin des limites prévues.

Nous avons donné dans la table 4 les valeurs de γ pour les composantes "nord-sud" et "est-ouest" pour l'onde M_2 obtenues par la réduction par la méthode des marées faibles d'un cycle d'un an d'observations clinométriques à Simféropol [1] comme un tout commun.

Si nous prenons la moyenne arithmétique des valeurs γ_n et γ_o et si nous la comparons avec une valeur analogue déterminée d'après les résultats des cinq séries mensuelles indépendantes examinées alors nous obtiendrons respectivement 0,814 et 0,834 qui convergent entre eux dans les limites de la précision de détermination de l'onde M_2 c'est-à-dire 2,5 %.

Cependant les valeurs γ_n et γ_e pour l'onde M_2 diffèrent sensiblement l'une de l'autre. On peut probablement expliquer cette différence par l'effet sur la marée terrestre de facteurs secondaires de différentes natures qu'on ne peut éliminer lors de la réduction des observations clinométriques par des séries aussi courtes qu'un mois.

En conclusion, les auteurs expriment leur reconnaissance au personnel de la Station Sismique de "Simféropol" pour son aide dans l'exécution des observations et aux collaborateurs de l'Observatoire gravimétrique de Poltava S.N. Korba, Y.A. Moussiaké, V.Y. Tokar pour leur aide lors de la réduction des données d'observations.

BIBLIOGRAPHIE

1. Z.N. AKSENTIEVA, O.V. TCHOUPROUNOVA
Marées Terrestres.
"Naoukova Doumka" K, 1966, 3 - 8.
2. You. S. DOBROKHOTOV, V.I. LISSENKO
Etude des marées terrestres.
3, 40-53 Edit. A. Sc. URSS, M., 1963.
3. P.S. KORBA
Marées terrestres.
"Naoukova Doumka" K, 1966, 27 - 33.
4. P.S. KORBA, I.O. DITCHKO
URSS, 1965, 8, 1035 - 1038.
5. P.S. MATVEYEV
Marées terrestres
"Naoukova Doumka" K, 1966, 51 - 79
6. M.S. MOLODENSKII et M.V. KRAMER
Marées terrestres et nutation de la Terre.
Edit. Ac. des Sc. URSS. 1961.
7. H. JEFFREYS, R. VICENTE
The Theory of Nutation on and the Variation of Latitude
Month. Not. R.A. S. 1957, 117, 142 - 161.
8. R. TOMASCHEK
Nature, 1954, 173, 143 - 145.
9. P.S. MATVEEV
Etude des anomalies des inclinaisons de marée de la surface terrestre en Ukraine
B.I.M., 1963, 34, 1055 - 1059.

QUELQUES PARTICULARITES DANS LE MOUVEMENT DES PENDULES HORIZONTALAUX
DANS LA STATION DES MAREES TERRESTRES "SIMFEROPOL"

O.V. Tchouprounova

(Observatoire Gravimétrique de Poltava de l'Institut de Géophysique de l'Ac. des Sc. d'Ukraine)

Géophysique et Astronomie Bull. d'Inf. p. 185.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ В ДВИЖЕНИИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ
МАЯТНИКОВ НА ЗЕМНОПРИЛИВНОЙ СТАНЦИИ "СИМФЕРОПОЛЬ".

О.В. Чупрунова.

Полтавск. гравиметр. обсерват. Инстит. геоф. АН УССР.

Геофизика и Астрономия Информ. Бюлл. стр.185.

Dans ce travail nous relevons des événements anormaux dans les enregistrements des pendules horizontaux à la station "Simféropol" avant certains tremblements de terre et calculons la vitesse du mouvement par jour dans le bloc sur lequel sont installés les appareils.

Le comité International du Manteau Supérieur de la Terre recommande instamment d'installer dans certains polygônes, en parallèle avec des recherches géophysiques diverses, des pendules horizontaux (dont la tâche principale est la mesure des marées terrestres) pour étudier les particularités locales. Il faut équiper des stations dans des régions de formations géologiques présentant un intérêt particulier et dans des zones séismiquement actives.

L'observatoire gravimétrique de Poltava de l'Ac. des Sc. d'Ukraine a organisé en 1963 dans le polygône géophysique de Crimée à Simféropol une de ces stations de marées terrestres équipée de pendules horizontaux Repsold-Levitskii avec une suspension de Zöllner.

La description de la station et les résultats de la première année d'observations sont donnés en [1].

Dans ce travail nous voulons noter certaines particularités intéressantes des enregistrements des appareils en relation, comme il nous semble, avec la mobilité des blocs et l'activité séismique de la région. Il n'y a pas encore aujourd'hui un système rigoureux d'analyse pour la

détermination précise de la vitesse de mouvement des blocs. C'est pourquoi chaque résultat obtenu à nouveau doit être soumis à une discussion détaillée.

Les travaux de beaucoup d'auteurs dans différents pays sont consacrés à l'analyse des enregistrements des pendules horizontaux dans le but de découvrir les phénomènes précédant les tremblements de terre. Des savants japonais, en particulier Sassa et Nithimura [6], se sont occupés principalement de ces questions. En Union Soviétique, V.F. Bontchkovskii a apporté dans ses travaux une grande attention à la prévision du phénomène des tremblements de terre par les observations clinométriques ; il a considéré que " la cassure dans la direction des inclinaisons constitue un évènement précédant l'apparition du tremblement de Terre " [2].

En Ukraine une série de travaux de O.Y. Yourkevitch [4, 5] est consacrée à la question théorique de la relation des inclinaisons de la surface de la Terre.

Bien que les enregistrements des pendules horizontaux dans le polygone de Crimée soient utilisés pour l'étude de la structure en blocs de l'écorce terrestre dans cette région, nous examinons les questions en relation avec le mouvement de l'écorce terrestre. L'apparition de signes précurseurs des tremblements de terre est tellement importante que nos recherches actuelles doivent être non seulement intéressantes mais seront aussi poursuivies dans l'avenir.

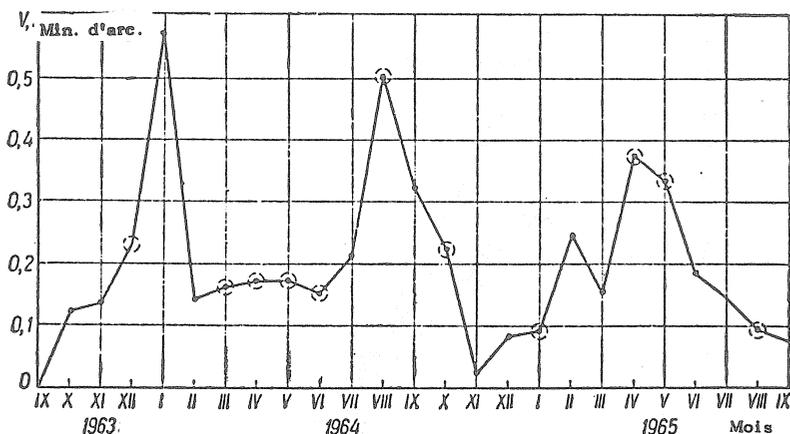


Fig. 1. Graphique des variations de la vitesse de mouvement du bloc par jour suivant les mois.

Année	Mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1963	—	—	—	—	—	—	—	—	0,005	0,115	0,130	0,231
1964	0,569	0,136	0,159	0,168	0,172	0,151	0,206	0,504	0,323	0,223	0,018	0,082
1965	0,090	0,235	0,149	0,367	0,329	0,183	0,136	0,090	0,070	—	—	—

L'enregistrement des pendules horizontaux, outre la partie périodique luni-solaire et celle due à d'autres influences provoquant des oscillations périodiques de l'écorce, a encore un mouvement non périodique (progressif) qui s'exprime par une dérive et un mouvement séculaire inséparables l'un de l'autre. Les causes du mouvement progressif sont peu claires mais il n'y a pas de doute qu'elles se décèlent dans le mouvement progressif du bloc sur lequel sont installés les appareils et ont partiellement un caractère instrumental. Quant aux causes du mouvement du bloc elles peuvent être en relation avec des processus profonds dans le manteau de la Terre et avoir également une origine tectonique et tectogénétique ou atmosphérique. C'est pourquoi l'examen et l'étude détaillée des mouvements non périodiques des pendules sont très actuels. Ils jettent une lumière sur certains problèmes géotectoniques et sont nettement plus efficaces que les méthodes géodésiques puisque les enregistrements des pendules horizontaux sont pratiquement ininterrompus dans le temps et donnent une carte relativement claire pour un laps de temps plus court.

Le mouvement progressif des pendules horizontaux présente dans chaque station une tendance caractéristique propre à la station donnée [4].

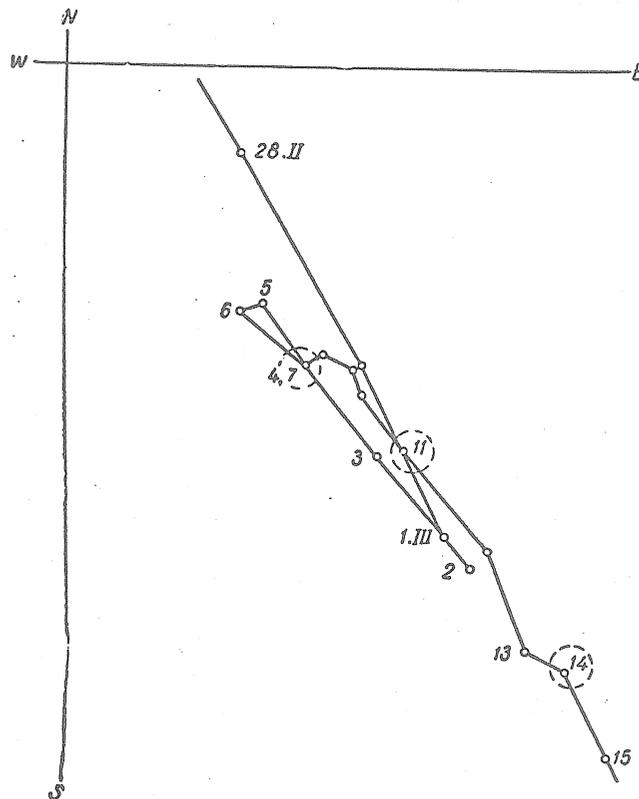


Fig. 2. Partie du diagramme vectoriel avec une variation du mouvement des pendules avant les tremblements de terre.

Il est intéressant que pour un certain temps avant les tremblements de terre séparés la direction de ce mouvement varie brusquement et que la vitesse de dérive des pendules change aussi.

Nous avons analysé les données des observations avec les pendules Repsold-Levitskii obtenues dans la station de marée terrestre "Simféropol" pendant deux ans - de septembre 1963 à septembre 1965. On a trouvé la vitesse moyenne de chaque pendule par jour suivant les mois du calendrier. On a calculé d'après les données obtenues, la vitesse moyenne du mouvement du bloc par jour. Les résultats sont donnés dans la table et sur le graphique (fig. 1). Les ordonnées sont entourées d'un cercle pour les mois pendant lesquels il y avait des tremblements de terre.

D'après les données de V.F. Bontchkovskii de 1957-1958 la vitesse de mouvement est de $4''$ par an à Simféropol. Nous avons obtenu en moyenne pour deux ans $0''194$ par jour. Quant aux données de géodésie elles donnent $0''010$ par an [3]. On ne peut expliquer ces grandes divergences que par l'hétérogénéité des observations et par la différence des époques.

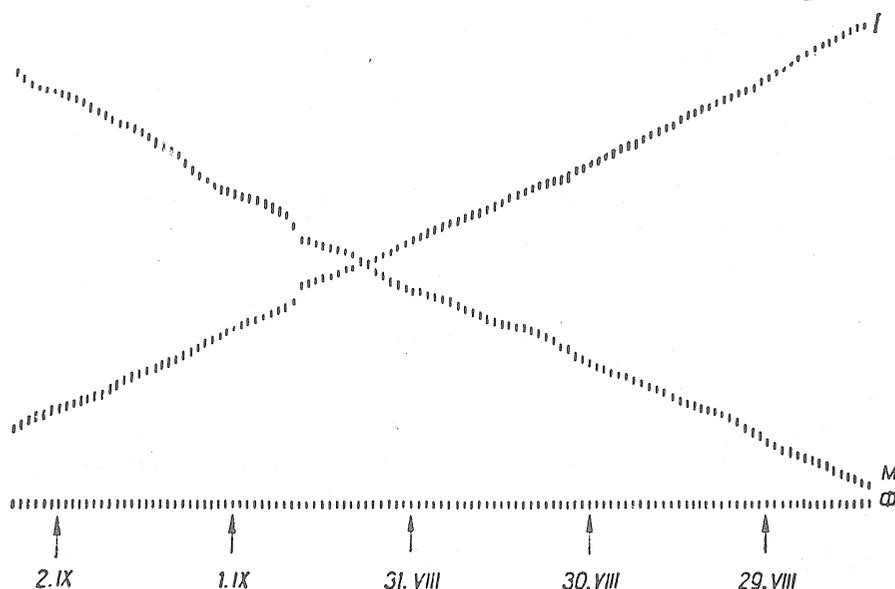


Fig. 3. Enregistrement des pendules à Simféropol (Pendules Repsold-Levitskii).
Mise en marche - premier contact - 28.VIII 1964 à 10 h.
arrêt - dernier contact - 2.IX à 6 h. plaque N° 73).

Un diagramme vectoriel a été construit d'après les valeurs moyennes journalières des ordonnées des pendules. La partie la plus caractéristique de ce diagramme est donnée sur la figure 2 - du 28 février au 15 mars 1964.

On y remarque que la marche des pendules change brusquement avant les tremblements de terre. Les jours où il y a eu des tremblements de terre sont entourés de cercles. Le noeud qui précède le tremblement de terre est bien exprimé.

Avant le tremblement de terre du Caucase du 4 mars, le 2 mars la marche des pendules avait déjà changé brusquement du côté opposé de 180° . Outre le mouvement formant noeud on rencontre parfois sur les diagrammes vectoriels et sur les enregistrements mêmes des pendules des sauts brusques qui d'après l'avis de A. Ya. Orlov et de certains autres savants, constituent dans des cas isolés des signes précurseurs des tremblements de terre.

Parfois ces sauts s'observent sur les enregistrements après les tremblements de terre. Le bloc sur lequel sont installés les instruments se comporte comme s'il retournait dans sa position initiale. Sur l'enregistrement que nous avons obtenu des deux pendules depuis le 1er septembre 1964 on remarque le saut caractéristique de ce type après le tremblement de terre de Crimée du 30 août (fig. 3).

On ne rencontre pas avant chaque tremblement de terre une variation dans le mouvement des pendules horizontaux. Cependant ces cas peu nombreux exigent un examen attentif et une étude approfondie de la physique même de ces tremblements de terre.

BIBLIOGRAPHIE.

1. Z.N. AKSENTIEVA et O.V. TCHOUPROUNOVA
Dans le livre : Marées terrestres
"Naoukova Doumka", K, 1966, 3-8.
2. V.F. BONTCHKOVSKII
Travaux de l'Institut de séismologie de l'Académie des Sciences d'URSS.
Edit. Ac. des Sc. URSS, M - L. 1940.
3. V.F. BONTCHKOVSKII
Livre : Mouvements actuels de l'écorce terrestre 2,
Edit. Ac. des Sc. d'Estonie Tartou, 1965, 55.
4. O.Y. YOURKEVITCH
Travaux de l'Institut des sciences géologiques de l'Académie des Sciences d'Ukraine
Série géophys. 2, Ed. Ac. des Sc. d'Ukraine, K, 1958, 69-78.
5. O.Y. YOURKEVITCH
Livre : Mouvements actuels de l'écorce terrestre 2,
Edit. Ac. des Sc. d'Estonie Tartou, 1965, 361.
6. SASSA and NICHIMURA
On phenomena forerunning earthquakes.
Trans. Amer. Geophys. Union, 32, 1, 1-6.

OBSERVATIONS CLINOMETRIQUES A VELIKIE BOUDICHA

P.S. Matveyev, I.D. Bogdan, G.M. Lissenko

(Observ. Grav. de Poltava. Institut de Géophysique de l'Académie des Sciences Ukraine).

НАКЛОНОМЕРНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ В ВЕЛИКИХ БУДИЩАХ.

П.С. Матвеев, И.Д. Богдан, Г.М. Лысенко.

Полтавская гравиметрическая обсерватория.

Института геофизики АН УССР.

Геофизика и Астрономия Информ. Бюлл. стр. 197

Nous donnons dans ce travail la description de la nouvelle station clinométrique "Vélikié Boudicha" située à 35 Km au nord-est de Poltava et les premiers résultats de l'analyse des observations pour 1965-1966 effectuées par deux complexes de clinomètres Ostrovskii installés en enregistrement parallèle dans une galerie d'une profondeur de 12,4 m.

Les observations des marées terrestres à l'aide de clinomètres mettent à la disposition des géophysiciens des données extrêmement précieuses pour étudier la structure interne de la Terre. Lorsque la répartition géographique des points d'observations est convenable, ces mêmes données peuvent être utilisées aussi pour l'étude de la structure de bloc de l'écorce terrestre. Dans le but d'accumuler des données expérimentales pour l'étude de la structure de l'écorce terrestre, l'Observatoire Gravimétrique de Poltava a commencé il y a quelques années des observations clinométriques suivant le profil Poltava-Kherson.

Les observations dans un puits, effectuées avec des clinomètres Ostrovskii à Darievka (Kherson) a montré que la variation de la température de la section inférieure de la galerie où se trouvent les appareils influence fortement l'enregistrement. C'est pourquoi lors de l'organisation de la nouvelle station à Vélikié Boudicha on a apporté une attention particulière à cet effet.

Vélikié Boudicha se trouve à 35 Km au nord-est de Poltava sur l'autoroute Poltava-Opochnia. On a choisi l'endroit de la station clinométrique à un kilomètre de cette autoroute à la limite ouest du village. La localité dans les alentours de la station a dans l'ensemble un caractère de plaine et ce n'est que la limite du village qui est coupée par quelques ravins sortant vers la vallée du cours d'eau Vorskla. Le plus proche de ces ravins commence à 300 m de la station.

Le bas niveau des eaux souterraines a permis d'aménager un puits d'une profondeur de 12,4 m dont l'aménagement est donné schématiquement à la fig. 1. Le puits a une forme cylindrique ; à l'intérieur il est garni de briques. Dans la partie allant de la surface jusqu'à la profondeur de 10 m le diamètre intérieur du puits est de 1,3 m et à la profondeur de 10 à 12,4 m il augmente jusqu'à 1,4 m. L'épaisseur des murs de brique dans la partie supérieure du puits est de 12 cm et dans la partie inférieure de 25 cm.

Le corps du puits est partagé par des dalles en béton armé en quatre sections verticales d'une hauteur de trois mètres. Dans chaque dalle il y a un orifice d'accès rectangulaire de (40 x 50 cm) qui se ferme par un couvercle en bois et deux orifices circulaires ($d = 10$ cm) pour la transmission de l'azimut sur le fond du puits. Les dalles pour l'isolation thermique sont couvertes d'une couche de verre.

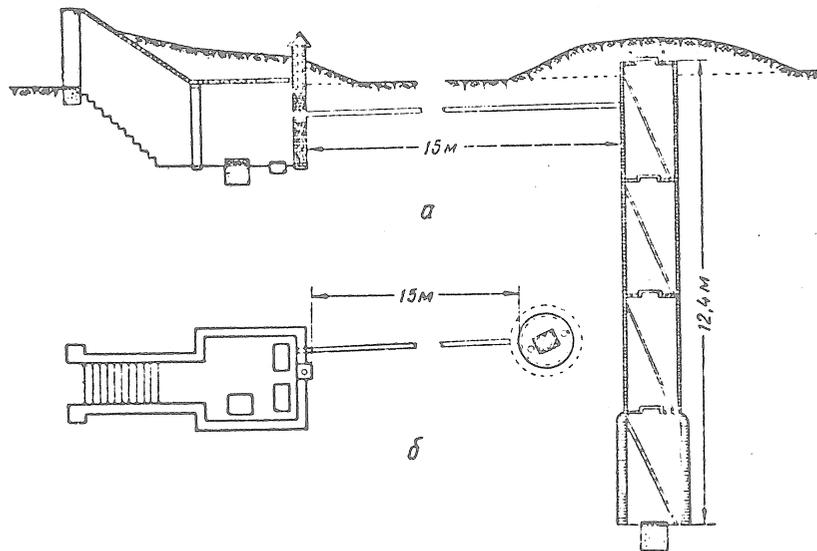


Fig. 1. Plan schématique de l'aménagement de la galerie clinométrique à V. Boudicha
a - coupe longitudinale, b - vue d'en haut

La descente dans le puits se fait à l'aide d'escaliers métalliques qui s'y trouvent constamment. Le pilier de brique sur lequel sont installés les appareils a les dimensions 75 x 75 x 15 cm et sa base faite de moellons de béton pénètre plus bas que le fond de la galerie de 70 cm. En haut le puits est couvert d'une couche de limaille et d'argile d'une épaisseur d'environ 40 cm.

La salle d'enregistrement est construite à une distance de 15 m du puits. C'est un local en sous-sol d'une dimension de 2,5 x 2,3 x 2,3 m. Les parois de la salle d'enregistrement sont en briques d'une épaisseur de 25 cm. A l'intérieur on a construit deux socles pour les enregistreurs et le pilier a une dimension de 75 x 75 x 50 cm. La salle d'enregistrement est séparée de la surface par un corridor et deux portes de bois.

Les travaux d'aménagement et d'équipement de la galerie et de la salle d'enregistrement ont été terminés en octobre 1965. Depuis le 11 novembre 1965 on a commencé des observations clinométriques régulières à l'aide de deux complexes de clinomètres Ostrovskii [1, 2] installés en enregistrement parallèle dans deux directions réciproquement perpendiculaires : N.S. (appareils 03 et 49) et E.W. (appareils 05 et 62). La détermination de l'azimut a été effectuée d'après l'étoile polaire par théodolite TT-5. La direction N.S. a été transmise sur le fond de la galerie à l'aide des verticales.

L'alimentation des spots des photo-éléments est assurée par des accumulateurs d'une capacité d'environ 1500 amp./heure, l'alimentation des enregistreurs depuis le réseau de courant alternatif par schéma en tampon mais les bobines des clinomètres et les thermographes par des batteries de chauffage. La sensibilité des clinomètres se maintient dans les limites de 400 à 600 mm./sec. d'arc. La température est enregistrée par le thermographe à résistance avec une sensibilité de 1000 mm/ degré.

La réduction initiale des données d'observations a été effectuée dans l'ordre suivant :

1. La mesure en double des ordonnées et des impulsions quadruples de la sensibilité à l'aide d'une palette en verre avec des divisions par 1 mm (les divergences entre les mesures de la première et de la deuxième mesure ont atteint pour les ordonnées $\pm 0,3$ mm, pour les impulsions de sensibilité $\pm 0,4$ mm). Pour la réduction on a pris les premières mesures.
2. La réduction des ordonnées en millisecondes d'arc pour laquelle on a trouvé la valeur de la sensibilité pour chaque heure par interpolation linéaire entre ses valeurs déterminées par les impulsions deux fois par jour.
3. La réduction des ordonnées à une base commune (la détermination des sauts et le comblement des lacunes sont effectués par des méthodes de combinaison [3]).

Pour obtenir des données préliminaires caractérisant dans la première approximation la marée terrestre à V.Boudicha, nous avons réduit à la main trois séries pour chaque appareil d'après le schéma de trois jours d'analyse harmonique [4]. Les résultats, (moyenne vectorielle) pour chacun des appareils sont donnés dans la table 1.

Table 1.

Appareil	Composante NS		Appareil	Composante EW	
	γ	α		γ	α
03	0,656	-8°,52	05	0,739	+2°,67
49	0,653	-5°,30	62	0,712	+2°,84
Moyenne vectorielle	0,654	-7°,04	Moyenne vector.	0,725	+2°,75

Comme nous le constaterons les appareils qui se trouvent en enregistrement parallèle donnent des valeurs γ et χ qui concordent bien entre elles. Et, bien que la sûreté des résultats donnés ne soit pas grande on ne peut s'empêcher de noter qu'ils indiquent de la même façon que les résultats analogues mais plus précis pour les autres stations du profil Poltava-Kherson l'anisotropie des propriétés élastiques de la Terre c'est-à-dire $\gamma_{NS} < \gamma_{EW}$.

Des valeurs plus sûres de γ et χ pour la station de V.Boudicha ont été obtenus après réduction des données pour la période du 12.XI.1965 au 11.11.1966. Pour chacun des quatre clinomètres on a préparé pour l'analyse sur ordinateur électronique trois séries de 30 jours. Ainsi la première série ($t_0 = 0^h$ UT 12.XI.1965) pour tous les appareils est indépendante mais la deuxième et la troisième séries ont une partie commune avec un certain recouvrement ne dépassant pas 9 jours. L'analyse harmonique a été effectuée d'après le schéma réalisé à l'Observatoire gravimétrique de Poltava de l'Académie des Sciences d'Ukraine [5]. Ce schéma permet de déterminer pour une série de 30 jours huit ondes principales de la marée terrestre.

Nous donnons dans la table 2 les valeurs moyennes vectorielles γ et χ pour chacun des appareils installés dans la station et aussi les moyennes pour les deux appareils placés parallèlement, séparément pour chaque onde pour les directions NS et EW. L'estimation de la précision des valeurs données n'a pas été faite puisque le nombre des séries réduites est relativement faible.

T a b l e 2

Onde	Composante NS			Composante EW		
	N° de l'app.	γ	χ	N° de l'app.	γ	χ
Q_1	03	1,302	-81°,76	05	0,884	+26°,94
	49	3,594	-103,14	62	0,914	+23,98
	Cp.	2,415	-97,50	Cp.	0,896	+25,73
O_1	03	0,382	-14,81	05	0,634	-3,40
	49	0,965	-36,81	62	0,539	+4,41
	Cp.	0,663	-30,63	Cp.	0,595	-0,58
K_1	03	0,757	-57,80	05	0,891	+0,29
	49	0,532	-36,16	62	0,783	+1,60
	Cp.	0,634	-48,89	Cp.	0,848	+0,78
M_1	03	3,158	-107,44	05	2,859	+10,20
	49	4,348	-146,79	62	1,932	+1,87
	Cp.	2,196	-157,09	Cp.	2,482	+7,62
N_2	03	0,475	+22,54	05	0,575	-11,94
	49	0,368	+12,49	62	0,602	-5,59
	Cp.	0,420	+18,16	Cp.	0,585	-9,33
M_2	03	0,648	+0,75	05	0,715	+4,79
	49	0,602	-4,36	62	0,729	+6,66
	Cp.	0,624	-1,71	Cp.	0,720	+5,55
S_2	03	0,628	+14,22	05	0,582	+4,88
	49	0,715	+3,84	62	0,675	+9,55
	Cp.	0,669	+8,69	Cp.	0,619	+6,92
μ_2	03	1,452	-7,36	05	0,193	+77,46
	49	1,442	+81,79	62	1,201	+23,66
	Cp.	1,031	+37,01	Cp.	0,557	+33,34

Remarque : 62 valeurs moyennes γ et χ sont déduites de deux séries par appareil.

La comparaison des valeurs γ et χ obtenues pour les deux appareils placés parallèlement présente le plus grand intérêt. Nous constatons par la table 2 qu'à l'exception des petites ondes M_1 et μ_2 pour les deux composantes et pour toutes les ondes diurnes pour les composantes N.S., les valeurs γ et χ concordent de façon satisfaisante pour les appareils placés parallèlement. La divergence des résultats observée pour les ondes diurnes pour la composante NS, s'explique par l'insignifiance des inclinaisons de marées dans cette direction dans les latitudes moyennes.

Pour l'onde semi-diurne principale M_2 les valeurs moyennes vectorielles γ et χ sont égales pour les deux appareils

$$\begin{aligned}\gamma_{NS} &= 0,624, & \kappa_{NS} &= -1^{\circ},72; \\ \gamma_{EW} &= 0,720, & \kappa_{EW} &= +5^{\circ},55.\end{aligned}$$

En comparant ces valeurs avec les résultats de la réduction moyennés donnés plus haut d'après le schéma d'analyse de trois jours on peut noter leur convergence réciproque. La tendance à l'inégalité $\gamma_{NS} < \gamma_{EW}$ apparaît ici même plus évidente que dans le cas d'analyse pour les séries de trois jours.

Pour vérifier la stabilité des valeurs γ et χ obtenues d'après le schéma d'analyse harmonique que nous avons utilisé [5] nous avons réduit une série de 44 jours d'observations pour l'appareil 05 (EW) avec un déplacement d'un jour. Cette variante de l'analyse a été entreprise parce que lors de la réduction analogue des données d'observations par la méthode de B.P. Pertsev on a découvert dans certaines stations d'Asie Centrale dans les valeurs γ et χ une périodicité de cinq à sept jours avec des amplitudes de quelques pour-cents (pour l'onde M_2) à 30 à 40 % (pour l'onde N_2). La nature de ces pulsations dans les valeurs γ et χ jusqu'à la fin n'est pas expliquée.

Pour s'affranchir des erreurs possibles dans le résultat final, certains auteurs effectuent l'analyse des données observées avec des déplacements de sept à huit jours et ils considèrent le résultat moyenné dans cet intervalle comme affranchi des erreurs provoquées par les variations périodiques mentionnées plus haut des valeurs γ et χ .

Les valeurs γ et χ que nous avons obtenues avec un déplacement régulier d'un jour pour les trois ondes semi-diurnes principales sont données sur les graphiques de la fig. 2.

On ne peut tirer des conclusions des données exposées sur la présence d'une périodicité analogue, propre aux résultats des observations à la station de "V. Boudicha" avec l'application du schéma de 30 jours d'analyse harmonique.

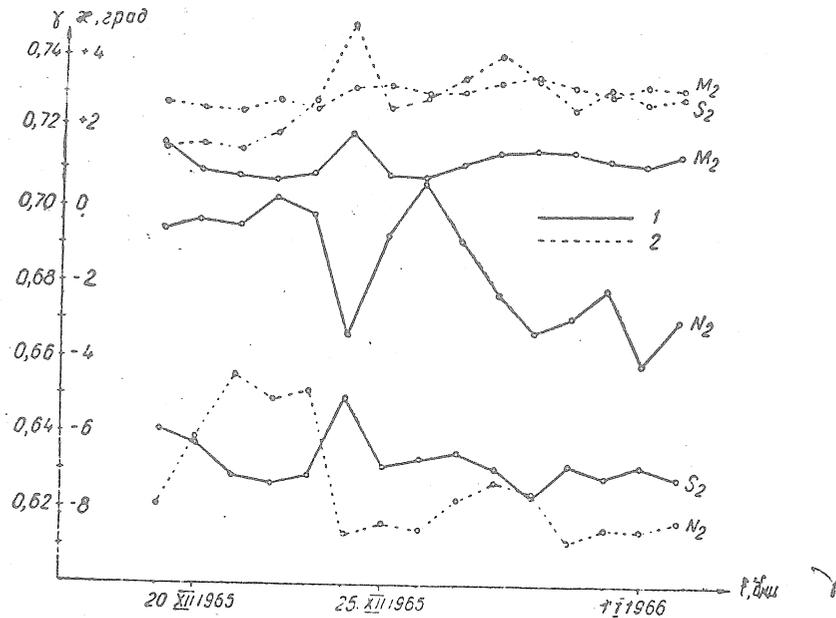


Fig. 2. Graphiques de la variation des valeurs γ et χ pour les ondes semi-diurnes avec un déplacement d'un jour de l'époque initiale de la série mensuelle réduite (observations à V. Boudicha depuis 0^h 19. XII. 1965 à 23^h 1. II. 1966)
 1 - graphiques γ ; 2 - graphiques χ .

En effet sur les courbes $\gamma (M_2)$ et $\chi (M_2)$ on peut noter une certaine tendance à une périodicité de 3 à 5 jours cependant l'amplitude de ces pulsations est dans les limites des erreurs. C'est pourquoi lors de la déduction des valeurs moyennes données dans la table 2 nous n'avons pas effectué les moyennes amortissantes d'après les résultats de déplacement.

Les observations à la station de "V. Boudicha" se poursuivent et il serait prématuré de tirer des conclusions définitives sur la base des résultats préliminaires donnés dans ce travail sur le caractère de la déformation de marée de la Terre dans cette station. Nous nous limiterons uniquement aux deux conclusions préliminaires.

1. Les observations clinométriques effectuées à l'aide des clinomètres photoélectriques Ostrovskii dans un puits d'une profondeur d'environ 12 m équipée de cette façon permettent d'obtenir des données de qualité pour la détermination de la marée terrestre.

2. Les premiers résultats de la détermination de l'onde semi-diurne principale M_2 de la marée terrestre à V. Boudicha confirment la tendance découverte précédemment à l'inégalité $\gamma_{NS} < \gamma_{EW}$ dans les stations du profil Poltava-Kherson.

En conclusion, les auteurs remercient E.A. Slavinskaïa, S.N. Korba et N.P. Kraviets pour leur aide dans la réalisation des nombreux calculs pour ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

1. A.E. OSTROVSKII
Bulletin du Conseil de séismologie, 1956, 6.
 2. A.E. OSTROVSKII
Dans le livre : Etude des marées terrestres, série "Résultats de l'A.G.I."
Edit. Ac. des Sc. URSS, 1961.
 3. P.S. MATVEYEV, I.D. BOGDAN
Dans le livre "Marées terrestres"
"Naoukova Doumka" K, 1966
 4. P.S. MATVEYEV
Dans le livre : Marées terrestres.
"Naoukova Doumka" K, 1966, 80 - 93.
 5. P.S. MATVEYEV
Dans le livre : Marées terrestres.
"Naoukova Doumka" K, 1966, 51 - 79.
-

SUR L'INFLUENCE DE L'EFFET INDIRECT SUR LES RESULTATS DES OBSERVATIONS
CLINOMETRIQUES

B.P. Pertsev

Symposium International sur les Mesures d'Inclinaisons - Leningrad 1968 pages 182 - 186.

О ВЛИЯНИИ КОСВЕННОГО ЭФФЕКТА НА РЕЗУЛЬТАТЫ
НАКЛОНОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ.

Б.П. Перцев.

Симпозиум по обмену опытом наклономерных наблюдений.
Ленинград 1968 Стр. 182-186.

L'influence des marées océaniques sur les marées terrestres a un caractère systématique et par conséquent aucune moyenne ne peut éliminer ces perturbations. L'unique voie d'affranchissement des observations de marées terrestres (et en particulier clinométriques) de l'effet indirect des marées océaniques, est d'estimer leur influence sur la base des cartes cotidales existantes. Malheureusement jusqu'à présent on n'a pas encore publié les cartes cotidales pour toutes les étendues océaniques. Les mers du bassin polaire sont particulièrement peu connues. Cependant, les cartes cotidales publiées ces dernières années en URSS de K.T. Bogdanov [1, 3], K.D. Tiron [2], A.V. Niekrassov [4] englobent une partie importante de l'océan mondial et permettent de faire une première estimation réelle de l'effet indirect des marées océaniques.

Pour calculer les corrections de l'effet indirect des zones éloignées, le globe terrestre a été partagé en 1680 sections d'égale surface. La surface de chaque secteur est de $5^\circ \times 5^\circ$. Pour chaque secteur on a relevé sur les cartes cotidales les valeurs moyennes des amplitudes H et des déphasages x et on a formé les valeurs $H \sin x$ et $H \cos x$. Les tables de ces valeurs ont servi de données de base pour le calcul des corrections de l'effet indirect dans les résultats de l'analyse des observations de marées gravimétriques et clinométriques.

Les corrections dans les observations clinométriques ont été calculées de la façon suivante. L'influence de chaque secteur a été calculée séparément pour les trois composantes de l'effet indirect. Pour cela, chaque secteur a été représenté par un disque homogène attirant se

trouvant sur la sphère terrestre et égal en surface au secteur. Comme on le sait, la densité σ de cette couche peut être représentée par une série de fonctions sphériques fondamentales

$$\sigma(\theta) = \sum_{n=0}^{\infty} K_n P_n(\theta)$$

où les coefficients K_n ne dépendent que du rayon du disque.

Ces coefficients ont été ensuite multipliés par les valeurs correspondantes

$$\gamma'_n = \frac{k'_n - h'_n}{2n + 1}$$

formant les coefficients d'une nouvelle série cherchée tenant compte de l'effet de déformation de la Terre sur les observations clinométriques. Les valeurs h'_n et k'_n ont été tirées du travail de Longman [5], où elles sont données jusqu'à l'ordre $n = 40$ inclus. Avec ces valeurs h'_n et k'_n les valeurs γ'_n sont bien approchées par la fonction

$$\gamma'_n = \frac{0,207}{\sqrt{n}}$$

Ces valeurs γ'_n ont été utilisées aussi dans les calculs pour représenter l'influence du disque avec une précision suffisante de l'ordre de la décomposition de n et il est arrivé d'aller jusque $n = 40$. Comme l'ont montré les calculs, l'influence de ces disques attirants sur des distances plus grandes $10^\circ - 15^\circ$ pour $n \geq 200$ ne dépend pratiquement pas de l'ordre de la décomposition de n . La première composante de l'effet indirect c'est-à-dire l'attraction des masses d'eau a été également calculée pour chaque secteur et ensuite totalisée pour la sphère.

On a calculé de cette façon pour la série de stations clinométriques les corrections de l'effet indirect. On a choisi les stations éloignées des océans. Pour ces stations c'est non seulement les corrections des zones lointaines mais aussi l'effet complet des marées océaniques.

Pour les points situés plus près que 15° des océans, les corrections calculées ne représentant pas l'effet indirect complet : il faut encore tenir compte de l'influence des zones proches. Et c'est particulièrement important pour les observations clinométriques où à la différence du cas gravimétrique, les zones voisines jouent un rôle plus important que les zones lointaines. Cependant la prise en considération des zones les plus proches exige une certaine modification de la méthode.

Les résultats des calculs pour certaines stations clinométriques pour l'onde lunaire principale semi-diurne M_2 pour les composantes NS et EW sont donnés dans la table 1. Nous donnons ici à titre d'exemple en tout six stations.

Table 1

Composante NS				
	Observées		Corrigées	
	γ	α	γ	α
1. Moscou	0,610	+ 2,6 ⁰	0,658	+ 1,4 ⁰
2. Poltava	0,642	- 0,6	0,675	+ 0,2
3. Kazan	0,661	- 2,0	0,694	- 3,1
4. Alma-Ata	0,716	- 0,5	0,731	- 3,3
5. Prague	0,664	- 3,0	0,691	+ 1,2
6. Tomsk	0,580	- 2,2	0,577	- 3,6
Moyenne	0,646 ± 0,019	- 0,95	0,671 ± 0,021	- 1,2

Composante EW				
	Observées		Corrigées	
	γ	α	γ	α
1. Moscou	0,720	+ 2,1 ⁰	0,747	+ 4,0 ⁰
2. Poltava	0,616	- 2,0	0,644	+ 1,2
3. Kazan	0,637	- 2,2	0,652	- 1,0
4. Alma-Ata	0,725	+ 9,4	0,741	+10,6
5. Prague	0,702	- 7,0	0,688	+ 2,9
6. Tomsk	0,460	+ 6,7	0,484	+ 8,9
Moyenne	0,643 ± 0,041	+ 1,2	0,659 ± 0,039	+ 4,4
(N - S)				
(E - W)	+0,003		+ 0,012	

De la table il s'ensuit que les corrections de l'effet indirect n'ont pas diminué la divergence des résultats obtenus dans les différentes stations. Il est probable que la cause en soit en partie l'approximation des estimations. Mais il est plus probable que l'influence des marées

océaniques ne soit pas la cause principale de cette divergence. Il convient de noter que lors du calcul des corrections nous n'avons pas pu prendre en considération l'influence d'une grande partie de l'océan glacial et de la mer Méditerranée dont la prise en considération peut changer jusqu'à un certain point les résultats, particulièrement dans la composante NS.

On a obtenu une carte analogue avec une valeur un peu moindre des corrections également pour l'onde principale diurne K_1 . Les résultats des calculs pour cinq stations clinométriques pour la composante EW sont donnés dans la table 2.

Table 2.

	Observées		Corrigées	
	γ	α	γ	α
1. Moscou	0,782	- 7,5 ⁰	0,784	- 6,8 ⁰
2. Poltava	0,584	+ 13,3	0,588	+ 14,4
3. Kazan	0,763	- 3,7	0,768	- 3,4
4. Alma-Ata	0,736	- 2,4	0,716	- 4,1
5. Prague	0,735	- 2,7	0,725	- 2,2
Moyenne	0,720 ± 0,035	- 0,6	0,716 ± 0,034	- 0,4

Tous les calculs montrent que l'influence de l'effet indirect des marées océaniques sur les résultats de l'analyse des observations clinométriques des marées est très sensible même pour les points éloignés des océans. Il s'ensuit que n'importe quelle interprétation géophysique des observations clinométriques des marées est impossible sans tenir compte préalablement de l'effet indirect des marées océaniques.

Inst. Phys. Terre
Ac. des Sc. URSS

BIBLIOGRAPHIE

1. K.T. BOGDANOV, V.A. MAGARIK
Solution numérique du problème de la propagation des ondes de marées semi-diurnes (M_2 et S_2) dans l'Océan mondial.
Données N° 6, Tome 172, 1967.
 2. K.D. TIRON, You. N. SERGEIEV, A.N. MITCHOURIN
Carte des marées des océans Pacifique, Atlantique et Indien.
Publ. L'GY. N° 24, publ. 4, 1957
 3. K.T. BOGDANOV
Marées des mers Austro-Asiatiques.
Trav. de l'Inst. d'Océanolog. Ac. des Sc. d'URSS, T. 66, 1963.
 4. A.V. NIEKRASSOV
Construction de la carte de marée de l'onde M_2 dans les mers de Norvège et du Groenland par la méthode de Hansen.
Trav. de L'GMY, Publ. 16, 1962
 5. I.M. LONGMAN
A Green's function for determining the deformation of the Earth under surface mass loads.
Journal of Geophysical Research vol. 68, N° 2. 1963.
-

LES MAREES DANS LA TERRE ELASTIQUE EN ROTATION AVEC UN NOYAU LIQUIDE

M.S. MOLODENSKII

Marées terrestres et structure interne de la Terre pp. 3 - 9 1967.

ПРИЛИВЫ В УПРУГОЙ ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ЗЕМЛЕ С ЖИДКИМ ЯДРОМ.

М.С. Молоденский.

Земные приливы и внутреннее строение Земли.

Стр. 3 - 9 1967.

La rotation de la Terre exerce une grande influence sur le caractère des marées diurnes dans le noyau liquide. Par ailleurs l'élasticité de l'enveloppe a une influence importante sur la période des oscillations propres (périodes voisines des oscillations diurnes et chandlériennes) et sur les nombres de Love si la période des oscillations forcées est proche de la période des oscillations propres [1]. C'est pourquoi il faut généraliser le procédé de recherche proposé dans l'article [1] au cas général de la marée dans un sphéroïde élastique en rotation ou dans la première approximation dans le globe en rotation avec un noyau liquide.

Dans l'article [1] les équations de départ sont composées dans l'hypothèse que les surfaces équipotentielles, d'égale densité ρ , de coefficients de Lamé μ, λ égaux coïncident et que les tensions initiales ont un caractère hydrostatique.

Les équations sont les suivantes :

$$\ddot{u} - 2\omega\dot{v} = F_u - \dot{\omega}y, \quad (1)$$

$$\ddot{v} + 2\omega\dot{u} = F_v + \dot{\omega}x, \quad (2)$$

$$\ddot{w} + \frac{2\sigma}{\omega} \dot{\varphi} = F_w, \quad (3)$$

$$\Delta V_i = 4\pi f \left(\rho\delta + \frac{\rho'}{11V'} \eta \right), \quad (4)$$

où u, v, w sont les composantes du déplacement (suivant les axes X, Y, Z) mais F_u par exemple est déterminé par l'expression :

$$F_u = \frac{\partial}{\partial x} \left(V_n + V_i + \frac{\sigma + \omega}{\omega} \varphi + \eta + \frac{\lambda}{\rho} \delta \right) + \left(\frac{\lambda \rho'}{\rho^2 W'} - 1 \right) \times \\ \times \delta \frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\mu}{\rho} \left(\Delta u + \frac{\partial \delta}{\partial x} \right) + \frac{\mu'}{W' \rho} \left(u' W' + \frac{\partial u}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial x} \frac{\partial W}{\partial z} \right), \quad (5)$$

$$\delta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}, \quad (6)$$

$$\eta = u \frac{\partial W}{\partial x} + v \frac{\partial W}{\partial y} + w \frac{\partial W}{\partial z}, \quad (7)$$

$$\bar{\omega} = \omega (\varepsilon \cos \sigma t \bar{i} + \varepsilon \sin \sigma t \bar{j} + \bar{k}), \quad \varphi = -\frac{1}{3} \varepsilon \omega^2 r^2 P_2^1(\mu) \cos(\sigma t - \Phi). \quad (8)$$

Le trait désigne la différenciation suivant la direction de la normale à la surface de niveau, le point au-dessus de la lettre désigne la différenciation par rapport au temps, V_n est le potentiel des forces extérieures, V_i est la variation de potentiel due à la déformation de la Terre, f est la constante d'attraction, r est la distance au centre.

Les équations (1) et (2) sont composés dans le système de coordonnées en rotation avec une vitesse angulaire ω (8).

En (1) et (2) les termes $-y\omega$ et $+x\omega$ sont obtenus par la formule (2) de l'article [1].

Dans la théorie des marées on a admis de décomposer le potentiel en termes harmoniques élémentaires du type suivant :

$$V_n = \chi r^n \frac{d^n P_n(\mu)}{d\mu^n} (1 - \mu^2)^{\frac{m}{2}} \cos(\sigma t - m\Phi), \quad (9)$$

où χ est une petite quantité (connue) μ est le sinus de la latitude, Φ est la longitude, n et m sont des nombres entiers ($m \leq n$).

Lors des calculs ultérieurs nous considérons la Terre comme un sphéroïde. La prise en considération de l'aplatissement est nécessaire pour les marées diurnes et la prise en considération de la viscosité dans les conditions des oscillations harmoniques est possible dans l'approximation suivante [2].

Dans la théorie statique des marées les déplacements, par exemple u , et la variation du potentiel V_i sont représentés par les expressions

$$u = \frac{\partial}{\partial x} (r^{-n} T_n V_n) + [r^{-n} H_n - (r^{-n} T_n)] \frac{r^{-n}}{r} = u_n, \\ V_i + V_n + \frac{\sigma + \omega}{\omega} \varphi = r^{-n} R_n V_n. \quad (10)$$

Alors les équations d'équilibre sont données sous la forme

$$F_u = -\frac{\partial(\psi_n V_n)}{\partial x} + \chi_n V_n x, \quad (11)$$

où ψ_n et χ_n sont fonctions de r uniquement. Pour $n \neq 0$ ces équations sont satisfaisantes si $\psi_n = \chi_n = 0$.

Pour $\omega \neq 0$ nous essayons de représenter la solution par des séries infinies

$$\begin{aligned} u &= \sum_0^{\infty} u_n, & \psi_u = \psi_v &= \sum_0^{\infty} \psi_n V_n = \psi, & v &= \sum_0^{\infty} v_n, & \chi_u = \chi_v &= \sum_0^{\infty} \chi_n V_n = \chi, \\ w &= \sum_0^{\infty} w_n, & \psi_w &= \sum_0^{\infty} (\psi_n + \Psi_n) V_n = \psi + \Psi, & \chi_w &= \sum_0^{\infty} (\chi_n + X_n) V_n = \chi + X, \end{aligned} \quad (12)$$

où $\psi_n, \chi_n, \psi_n, \chi_n$ sont des fonctions de r seul. Comme nous le savons (4) et (5) après substitution de (9), (10), (11) et égalisation des coefficients de $P_n^m(\mu)$ conduisant à la forme suivante :

$$\begin{aligned} \left\{ M' + \left(R + W'H + \frac{N}{\rho} + r^n \psi \right) \rho r^2 + 2\mu [rH - (n^2 + n - 1)T + r^2 H'] \right\}_n &= 0, \\ \left[\frac{N'}{\rho} + \frac{L}{r^2} - \frac{4W'}{r} H + \frac{n(n+1)}{r^2} W'T + (r^n \psi)' - r^{n+1} \chi + \right. \\ &\quad \left. + \frac{2\mu}{\rho} \left(\frac{2}{r} H' - \frac{2}{r^2} H + \frac{n(n+1)}{r^3} T \right) \right]_n = 0, \\ \left(T' + H - \frac{2}{r} T - \frac{M}{r^2 \mu} \right)_n &= 0, \quad (13) \\ \left\{ (\lambda + 2\mu) H' + \frac{2\lambda}{r} \left[H - \frac{n(n+1)}{2r} T \right] - N \right\}_n &= 0, \\ \left(R' - 4\pi f \rho H - \frac{L}{r^2} \right)_n &= 0, \\ [L' - n(n+1)(R - 4\pi f \rho T)]_n &= 0. \end{aligned}$$

Dans les six équations (13) entrent huit fonctions inconnues.

Nous obtiendrons encore deux équations par (1), (2) et (3) en exprimant δ et η aussi bien par ψ_n, χ_n que par H_n, T_n (10). Nous obtenons comme lors de la déduction de (22) et (23) du travail [1]

$$\begin{aligned} (\sigma^2 - 4\omega^2) \delta &= - \left(\frac{\partial F_u}{\partial x} + \frac{\partial F_v}{\partial y} + \frac{\partial F_w}{\partial z} \right) + \frac{2\omega}{\sigma^2} \left(\frac{\partial \dot{F}_v}{\partial x} - \frac{\partial \dot{F}_u}{\partial y} \right) + \\ &\quad + \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \frac{\partial F_w}{\partial z} + \frac{2}{\sigma\omega} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} + 4\omega\delta\omega, \quad (14) \end{aligned}$$

$$(\sigma^2 - 4\omega^2) \eta = - \left(\frac{\partial W}{\partial x} F_u + \frac{\partial W}{\partial y} F_v + \frac{\partial W}{\partial z} F_w \right) + \frac{2\omega}{\sigma^2} \left(\frac{\partial W}{\partial x} F_v - \frac{\partial W}{\partial y} F_u \right) + \\ + \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \frac{\partial W}{\partial z} F_w + \frac{2}{\sigma\omega} \frac{\partial W}{\partial z} \frac{\partial \Phi}{\partial z} + 2 \left(x \frac{\partial W}{\partial x} + y \frac{\partial W}{\partial y} \right) \omega \delta \omega.$$

En exprimant F_u, F_v, F_w par ψ_n, χ_n et en utilisant la formule

$$x \frac{\partial \psi_n}{\partial y} - y \frac{\partial \psi_n}{\partial x} = \frac{\partial \psi_n}{\partial \lambda} = - \frac{m}{\sigma} \dot{\psi}_n,$$

nous obtenons

$$(\sigma^2 - 4\omega^2) \delta = \Delta \psi - r \chi' - \left(\sigma + \frac{2\omega}{\sigma} m \right) \chi - \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - z \frac{\partial \chi}{\partial z} - \chi \right) + \\ + \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} - z \frac{\partial \chi}{\partial z} - \chi \right) + 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma\omega} \frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} - 4\omega \delta \omega, \quad (15)$$

$$\frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{W'} \eta = \psi' - r \chi - \frac{2\omega}{\sigma} m \frac{\psi}{r} - \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \left(\frac{z}{r} \frac{\partial \psi}{\partial z} - \frac{z^2}{r} \chi \right) + \\ + \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \left(\frac{z}{r} \frac{\partial \psi}{\partial z} - \frac{z^2}{r} \chi \right) + 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma\omega} \frac{z}{r} \frac{\partial \omega}{\partial z} - \frac{4r}{3} \omega \delta \omega + \frac{4}{3} r \rho_z \omega \delta \omega. \quad (16)$$

Par (6), (7) et (10) nous obtenons

$$\eta = W' \sum_0^{\infty} r^{-n} H_n V_n, \quad (17)$$

$$\delta = \sum_0^{\infty} r^{-n} \delta_n V_n.$$

Introduisons en (15) et (16) les séries (12). Après avoir égalisé les coefficients de $F_n^m(u)$ nous exprimerons H_n et δ_n en fonction de $\psi_n, \chi_n, \psi_{n+2}, \chi_{n+2}, \psi_{n-2}, \chi_{n-2}$ et leurs dérivées premières et secondes. Les dérivées secondes s'éliminent dans les différences

$$\delta_n - (r^{n+2} H_n)' r^{-n-2} \text{ et } \delta_n - (r^{-n+1} H_n)' r^{n-1}.$$

Ces différences sont les suivantes :

$$(\sigma^2 - 4\omega^2) [\delta_n - (r^{n+2} H_n)' r^{-n-2}] = -n(\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_n + \frac{n+\frac{1}{2}}{r} T_n \right) r^{-1} = \\ = - \left(n - \frac{2\omega}{\sigma} m \right) \left[(r^{2n+1} \psi_n)' r^{-2n-1} - r \chi_n \right] r^{n-1} + \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left[\left(z \frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_n r^{n+1} \right]' r^{-n-2} - \right. \\ \left. - \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right)_n \right\} + \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left(z \frac{\partial \chi}{\partial z} \right)_n - \left[(z^2 \chi)_n r^{n+1} \right]' r^{-n-2} \right\} - \\ - 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma\omega} \left\{ \left[\left(z \frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_n r^{n+1} \right]' r^{-n-2} - \left(\frac{\partial^2 \Phi}{\partial z^2} \right)_n \right\} - \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left[\left(z \frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_n r^{n+1} \right]' r^{-n-2} - \right. \\ \left. - \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right)_n \right\} - \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left(z \frac{\partial \chi}{\partial z} \right)_n - \left[(z^2 \chi)_n r^{n+1} \right]' r^{-n-2} \right\} + A_n, \quad (18)$$

$$\begin{aligned}
 & (\sigma^2 - 4\omega^2) [\delta_n - (r^{-n+1} H_n)' r^{n-1}] = (\sigma^2 - 4\omega^2) (n+1) \left(H_n - \frac{n}{r} T_n \right) r^{-1} = \\
 & = \left(n+1 + \frac{2\omega}{\sigma} m \right) (\psi'_n - r\chi_n) r^{n-1} + \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left[\left(z \frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_n r^{-n} \right]' r^{n-1} - \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right)_n \right\} + \\
 & + \frac{4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left(z \frac{\partial \chi}{\partial z} \right)_n - [(z^2 \chi)_n r^{-n}]' r^{n-1} \right\} - 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma \omega} \left\{ \left[\left(z \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)_n r^{-n} \right]' r^{n-1} - \right. \\
 & \quad \left. - \left(\frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right)_n \right\} - \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left[\left(z \frac{\partial \psi}{\partial z} \right)_n r^{-n} \right]' r^{n-1} - \left(\frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} \right)_n \right\} - \\
 & \quad - \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \left\{ \left(z \frac{\partial \chi}{\partial z} \right)_n - [(z^2 \chi)_n r^{-n}]' r^{n-1} \right\} + B_n. \quad (19)
 \end{aligned}$$

A_2 et B_0 seuls sont différents de zéro

$$A_2 = -\frac{20}{3} \omega \delta \omega,$$

$$B_0 = -\frac{4}{3} \omega \delta \omega.$$

Lors de la transformation des expressions (18) et (19) on a besoin des formules de récurrence

$$\begin{aligned}
 (2n+1)(\mu^2-1)P_n^m &= \left(\frac{(n+1)^2-m^2}{2n+3} + \frac{n^2-m^2}{2n-1} - 1 \right) P_n^m + \\
 &+ \frac{(n-m+1)(n-m+2)}{2n+2} P_{n+2}^m + \frac{(n+m)(n+m+1)}{2n-1} P_{n-2}^m, \\
 (2n+1)\mu P_n^m(\mu) &= (n-m+1)P_{n+1}^m(\mu) + (n+m)P_{n-1}^m(\mu), \\
 (2n+1)(\mu^2-1)P_n^m(\mu) &= -(n+1)(n+m)P_{n-1}^m(\mu) + \\
 &+ n(n-m+1)P_{n+1}^m(\mu). \quad (20)
 \end{aligned}$$

A l'aide de ces formules nous obtenons :

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial}{\partial z} \Sigma \psi_n r^n P_n^m(\mu) \cos(\sigma t - m\lambda) &= \cos(\sigma t - m\lambda) \Sigma \left[\frac{n-m}{2n-1} r^{n-1} \psi'_{n-1} + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{n+m+1}{2n+3} (r^{2n+3} \psi_{n+1})' r^{-n-2} \right] P_n^m(\mu), \\
 z^2 \Sigma \psi_n r^n P_n^m(\mu) \cos(\sigma t - m\lambda) &= \cos(\sigma t - m\lambda) \Sigma \left[\frac{(n-m)(n-m-1)}{(2n-1)(2n-3)} r^n \psi_{n-2} + \right. \\
 &+ \frac{(n-m+1)(n+m+1)}{(2n+3)(2n+1)} r^{n+2} \psi_n + \frac{(n-m)(n+m)}{(2n-1)(2n+1)} r^{n+2} \psi_n + \\
 &\quad \left. + \frac{(n+m+2)(n+m+1)}{(2n+3)(2n+5)} r^{n+4} \psi_{n+2} \right] P_n^m(\mu), \\
 z \frac{\partial}{\partial z} \Sigma \psi_n r^n P_n^m(\mu) \cos(\sigma t - m\lambda) &= \cos(\sigma t - m\lambda) \Sigma \left[\frac{(n-m)(n-m-1)}{(2n-1)(2n-3)} \times \right. \\
 \times r^{n-1} \psi'_{n-2} + \frac{(n-m+1)(n+m+1)}{(2n+1)(2n+3)} r^{n+1} \psi'_n + \frac{(n-m)(n+m)}{(2n-1)(2n+1)} r^{-n} (\psi_n r^{2n+1})' + \\
 &\quad \left. + \frac{(n+m+1)(n+m+2)}{(2n+3)(2n+5)} r^{-n-2} (r^{2n+5} \psi_{n+2})' \right] P_n^m(\mu), \\
 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \Sigma \psi_n r^n P_n^m(\mu) \cos(\sigma t - m\lambda) &= \cos(\sigma t - m\lambda) \Sigma \left\{ \frac{(n-m)(n-m-1)}{(2n-1)(2n-3)} \times \right. \\
 \times r^{n-1} \left(\frac{\psi'_{n-2}}{r} \right)' + \frac{(n-m+1)(n+m+1)}{(2n+1)(2n+3)} r^{-n-2} (r^{2n+3} \psi'_n)' + \\
 &+ \frac{(n-m)(n+m)}{(2n-1)(2n+1)} r^{n-1} [(r^{2n+1} \psi_n)' r^{-2n}]' + \\
 &\quad \left. + \frac{(n+m+1)(n+m+2)}{(2n+3)(2n+5)} r^{-n-2} [(\psi_{n+2} r^{2n+5})' r^{-1}]' \right\} P_n^m(\mu), \quad (21)
 \end{aligned}$$

$$\Delta [\psi_n r^n P_n^m(\mu) \cos(\sigma t - m\lambda)] = \cos(\sigma t - m\lambda) (\psi_n r^{2n+2})' r^{-n-3} P_n^m(\mu).$$

Les fonctions ψ et χ sont jusqu'à présent arbitraires. Nous les déterminerons à l'aide du système des coefficients arbitraires a_n, b_n, c_n, d_n, e_n de la façon suivante :

$$\begin{aligned} \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} [(\psi_n r^{2n+1})' r^{-2n-1} - r\chi_n] r^n &= \left(\frac{4\omega^2}{\sigma^2} + a_n\right) [(\psi_n r^{2n+1})' r^{-2n-1} - r\chi_n] r^n + \\ &+ c_n (\varphi_n r^{2n+1})' r^{-n-1} + d_n A_n r, \\ \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} (\psi_n' - r\chi_n) r^n &= \left(\frac{4\omega^2}{\sigma^2} + b_n\right) (\psi_n' - r\chi_n) r^n + e_n B_n r. \end{aligned} \quad (22)$$

En utilisant les formules (21) et (22) et en égalant à zéro les coefficients pour $P_{n+2}^m(\mu)$ et $P_n^m(\mu)$ au lieu de (18) et (19) nous obtenons :

$$\begin{aligned} (n+2)(\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right) &= \left(n+2 - \frac{2\omega}{\sigma} m + a_{n+2} \frac{(n+2)^2 - m^2}{2n+3} \right) \times \\ &\times [(\psi_{n+2} r^{2n+5})' r^{-2n-5} - r\chi_{n+2}] r^{n+2} + b_n \frac{(n-m+1)(n-m+2)}{(2n+1)(2n+3)} (2n+5) \times \\ &\times (\psi_n' - r\chi_n) r^n + \frac{(n+2)^2 - m^2}{2n+3} \left(C_{n+2} + 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \right) (\varphi_{n+2} r^{2n+5})' r^{-n-3} + \\ &+ d_{n+2} A_{n+2} \frac{(n+2)^2 - m^2}{2n+3} r + e_n B_n \frac{(n-m+1)(n-m+2)}{(2n+1)(2n+3)} (2n+5) r + B_n r, \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} (n+1)(\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_n - \frac{n}{r} T_n \right) &= \left(n+1 + \frac{2\omega}{\sigma} m + b_n \frac{(n+1)^2 - m^2}{2n+3} \right) \times \\ &\times (\psi_n' - r\chi_n) r^n + a_{n+2} \frac{(n+m+1)(n+m+2)}{(2n+3)(2n+5)} (2n+1) [(\psi_{n+2} r^{2n+5})' r^{-2n-5} - \\ &- r\chi_{n+2}] r^{n+2} + \frac{(n+m+1)(n+m+2)}{(2n+3)(2n+5)} (2n+1) \left(C_{n+2} + 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \right) \times \\ &\times (\varphi_{n+2} r^{2n+5})' r^{-n-3} + e_n B_n \frac{(n+1)^2 - m^2}{2n+3} r + \\ &+ d_{n+2} A_{n+2} \frac{(n+m+1)(n+m+2)}{(2n+3)(2n+5)} (2n+1) r. \end{aligned} \quad (24)$$

Par les trois équations (1), (2) et (3) nous obtenons (23) et (24). Nous obtiendrons la troisième équation par (3) à l'aide (21) et (22). Les facteurs pour $P_{n+1}^m(\mu)$ donnent l'équation

$$\begin{aligned} a_n &= -\frac{2\omega}{\sigma m} (n-1), \quad d_n = -\frac{2n+1}{n(n-1)+m^2}, \quad b_n = \frac{2\omega}{\sigma m} (n+2), \\ e_n &= \frac{2n+3}{(n+1)(n+2)+m^2}, \quad c_n = 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \left[\frac{n(n-1)\omega - \sigma}{m^2} - 1 \right]. \end{aligned}$$

L'équation (25) est la conséquence des équations (23) et (24) et pour $m \neq 0$

$$\begin{aligned} \frac{n+m+2}{2n+5} \left\{ (1 + a_{n+2}) [(r^{2n+5} \psi_{n+2})' r^{-2n-5} - r\chi_{n+2}] r^{n+2} + \right. \\ \left. + \left(C_{n+2} + 2 \frac{\sigma^2 - 4\omega^2}{\sigma^2} \right) (r^{2n+5} \varphi_{n+2})' r^{-n-3} + d_{n+2} A_{n+2} r - \right. \\ \left. - (\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right) \right\} + \frac{n-m+1}{2n+1} \left[(1 + b_n) (\psi_n' - r\chi_n) r^n + \right. \\ \left. + e_n B_n r - (\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_n - \frac{n}{r} T_n \right) \right] = 0. \end{aligned} \quad (25)$$

Pour $m = 0$ les coefficients a_n et b_n restent arbitraires et on peut introduire une condition complémentaire : la solution de l'ordre n indépendamment des autres ordres. Alors $a_n = b_n = 0$, $\phi_n = 0$ seulement pour $m = 1$ et $n = 2$.

C'est pourquoi

$$n (\varphi_{n+2} r^{2n+5})' = 0.$$

En outre, A_n et B_n sont différents de zéro seulement pour $m = 0$. C'est pourquoi par (23) et (24) nous obtenons pour $m \neq 0$

$$(\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right) = \left[1 - \frac{2\omega}{\sigma} \frac{(n+1)(n+2) + m^2}{m(2n+3)} \right] \times \quad (26)$$

$$\times \left[(r^{2n+5} \psi_{n+2})' r^{-2n-5} - r \chi_{n+2} \right] r^{n+2} + \frac{2\omega}{\sigma} \frac{(n-m+1)(n-m+2)(2n+5)}{(2n+1)(2n+3)m} (\psi_n' - r \chi_n) r^n.$$

$$(\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_n - \frac{n}{r} T_n \right) = \left[1 + \frac{2\omega}{\sigma} \frac{(n+1)(n+2) + m^2}{m(2n+3)} \right] (\psi_n' - r \chi_n) r^n -$$

$$- \frac{2\omega}{\sigma} \frac{(n+m+1)(n+m+2)(2n+1)}{(2n+3)(2n+5)m} \left[(r^{2n+5} \psi_{n+2})' r^{-2n-5} - r \chi_{n+2} \right] r^{n+2}, \quad (27)$$

при $m = 0$

$$(\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right) = \left[(r^{2n+5} \psi_{n+2})' r^{-2n-5} - r \chi_{n+2} \right] r^{n+2} +$$

$$+ \frac{2n+5}{2n+1} \frac{B_n r}{n+2} - \frac{A_{n+2} r}{n+1},$$

$$(\sigma^2 - 4\omega^2) \left(H_n - \frac{n}{r} T_n \right) = (\psi_n' - r \chi_n) r^n + \frac{B_n r}{n+2} - \frac{2n+1}{2n+5} \frac{A_{n+2} r}{n+1}. \quad (27)$$

Nous résolvons l'équation (26) par rapport aux fonctions entrant dans les seconds membres et nous obtenons

$$\frac{1}{\sigma^2} \left[(r^{2n+5} \psi_{n+2})' r^{-2n-5} - r \chi_{n+2} \right] r^{n+2} =$$

$$= (1 + p_n) \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right) + q_{-n-3} \left(H_n - \frac{n}{r} T_n \right),$$

$$\frac{1}{\sigma^2} (\psi_n' - r \chi_n) r^n = (1 - p_n) \left(H_n - \frac{n}{r} T_n \right) + q_n \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right), \quad (28)$$

où

$$p_n = \frac{2\omega}{\sigma} \frac{(n+1)(n+2) + m^2}{m(2n+3)},$$

$$q_n = \frac{2\omega}{\sigma} \frac{(n+m+1)(n+m+2)(2n+1)}{m(2n+3)(2n+5)}. \quad (29)$$

On peut maintenant éliminer des équations (13) les fonctions ψ_r et χ_n . Pour $m \neq 0$ nous obtiendrons :

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sigma^2} \psi_n r^n &= \left[1 + \frac{(n+1)p_{n-2} - np_n}{2n+1} \right] T_n + \frac{p_{n-2} + p_n}{2n+1} r H_n + \\ &+ \frac{q_{n-1}}{2n+1} \left(H_{n-2} - \frac{n-2}{r} T_{n-2} \right) - \frac{q_n}{2n+1} \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right), \\ \frac{1}{\sigma^2} [(r^n \psi_n)' - r^{n+1} \chi_n] &= \left[1 + \frac{np_{n-2} - (n+1)p_n}{2n+1} \right] H_n + \\ &+ \frac{n(n+1)(p_{n-2} + p_n)}{2n+1} \frac{T_n}{r} + \frac{nq_{n-1}}{2n+1} \frac{1}{r} \left(H_{n-2} - \frac{n-2}{r} T_{n-2} \right) + \\ &+ \frac{(n+1)q_n}{2n+1} \frac{1}{r} \left(H_{n+2} + \frac{n+3}{r} T_{n+2} \right). \end{aligned} \quad (30)$$

Pour $m = 0$, $q_n = 0$ dans les six équations (13) entrent six fonctions inconnues. Pour $m \neq 0$ entrent en outre H_{n+2} , H_{n-2} , T_{n+2} , T_{n-2} avec de petits facteurs. Les termes complémentaires provenant des marées des ordres $n-2$ et $n+2$ sont faibles si la fréquence σ est loin des fréquences des oscillations propres des ordres $n-2$ et $n+2$, ou si V_{n-2} et V_{n+2} ne renferment pas de fréquences voisines de σ .

Les conditions aux limites (continuité des déplacements, des tensions, du potentiel et de la dérivée du potentiel) ne dépendent pas de σ et ω .

Si $u = 0$, nous obtenons des équations (13)

$$\begin{aligned} \frac{1}{\rho} N + R + W'H &= -r^n \psi_n, \\ r^{n+1} \chi_n &= \left(\frac{\lambda + \frac{2}{3} \mu}{\rho} \frac{\rho'}{\rho} - W' \right) \left(H' + \frac{2}{r} H - \frac{n(n+1)}{r^2} T \right). \end{aligned} \quad (31)$$

On admet habituellement que la densité dépend uniquement de la compressibilité adiabatique. Alors

$$\begin{aligned} \chi_n &= 0, \\ R + r^n \psi &= [n(n+1)\rho T - (r^2 \rho H)'] \frac{W'}{r^2 \rho'}. \end{aligned} \quad (32)$$

Supposons que les marées de l'ordre $n-2$ et $n+2$ n'influencent pas la marée de l'ordre n . Alors $q_n = 0$ et pour $m \neq 0$ en fonction de (28) nous obtenons :

$$\begin{aligned} (2n+1)\sigma^2 H &= \frac{n}{1+p_{n-2}} (r^{2n+1} \psi)' r^{-n-1} + \frac{n+1}{1-p_n} r^{n+1} \psi', \\ (2n+1)\sigma^2 T &= \frac{1}{1+p_{n-2}} (r^{2n+1} \psi)' r^{-n} - \frac{1}{1-p_n} r^{n+1} \psi'. \end{aligned} \quad (33)$$

L'équation (32) amène à la forme suivante de l'équation de Poisson

$$(r^{n+1}R)'' - \frac{2n}{r}(r^{n+1}R)' = -\frac{4\pi\rho'}{W'}(r^{n+1}R + r^{2n+1}\psi). \quad (34)$$

A l'équation (32) on peut donner la forme suivante

$$(r^{n+2}\rho H)' - nr^{n+1}\rho\left(H + \frac{n+1}{r}T\right) = -\frac{r\rho'}{W'}(r^{n+1}R + r^{2n+1}\psi).$$

Après avoir exprimé H et T par ψ par les formules (33), nous obtiendrons :

$$\begin{aligned} &\left(\frac{n+1}{1-p_n} + \frac{n}{1+p_{n-2}}\right)\left[(r^{2n+1}\psi)'\frac{\rho}{r^{2n}}\right]' + \\ &+ (2n+1)\frac{\sigma^2\rho'}{W'r^{2n}}\left(r^{n+1}R + r^{2n+1}\psi - \frac{n+1}{1-p_n}\frac{W'}{\sigma^2}r^{2n}\psi\right) = 0. \end{aligned} \quad (35)$$

On détermine $r^{n+1}R$ et $r^{2n+1}\psi$ par les équations (34) et (35); ces fonctions sont limitées au centre de la sphère.

On obtient des solutions simples dans les cas suivants :

$$\begin{aligned} 1) \rho' &= 0, \quad r^{2n+1}\psi = C_1 r^{2n+1} + C_2; \\ 2) \sigma^2 &= \infty, \quad r^{2n+1}\psi = C_1 r^{2n+1} + C_2, \quad R = -r^n\psi; \\ 3) 1 + p_{n-2} &= 0, \quad r^{2n+1}\psi = C_1 \int \frac{1}{\rho} r^{2n} dr + C_2; \\ 4) 1 - p_n &= 0, \quad r^{2n+1}\psi = C_1 r^{2n+1} + C_2 r^{2n+1} \int \frac{1}{\rho} r^{-2n-2} dr. \end{aligned} \quad (36)$$

Avec les petites valeurs σ provenant de (35) nous obtenons une équation du 2^{ème} degré ne contenant que ψ .

$$\left(1 + \frac{n}{n+1} \frac{1-p_n}{1+p_{n-2}}\right)\left[(r^{2n+1}\psi)'\frac{\rho}{r^{2n}}\right]' - (2n+1)\rho'\psi = 0. \quad (37)$$

L'équation homogène qui a servi pour déterminer R (obtenu par (34)) constitue ici l'équation de Clairaut.

Pour $m = 0$, sur la base de (27) on peut admettre $p_n = 0$, remplacer σ^2 par $\sigma^2 - 4\omega^2$ et tenir compte des termes contenant A_2 et B_0 .

BIBLIOGRAPHIE

1. M.S. MOLODENSKII et M.V. KRAMER
Les marées terrestres et la nutation de la Terre
Edit. Ac. des Sc. 1961.
2. M.S. MOLODENSKII
Influence de la viscosité sur la phase des marées terrestres.
Edit. Ac. des Sc. URSS. Série Géophys. N° 10, 1963.

ENREGISTREMENT DES VARIATIONS DE MAREES DE L'ACCELERATION DE LA FORCE DE PESANTEUR A KRASNAIA PAKHRA PAR LE GRAVIMETRE STATIQUE EN QUARTZ A ENREGISTREMENT PHOTOELECTRIQUE

D.G. GRIDNIEV

РЕГИСТРАЦИЯ ПРИЛИВНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ УСКОРЕНИЯ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ В КРАСНОЙ ПАХРЕ СТАЦИОНАРНЫМ КВАРЦЕВЫМ ГРАВИМЕТРОМ С ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЗАПИСЬЮ ПОКАЗАНИЙ.

Д. Г. Гриднев.

Земные приливы и внутреннее строение Земли.

Инстит. Физик. Земли Шмидта А.Н. СССР.

Москва 1967 Стр. III-II8.

L'enregistrement des marées de la pesanteur à Krasnaïa Pakhra a été effectué dans une cave (55°28' lat. N, 37°19' long. E, H = 190 m, h = - 1,5 m) sur le territoire de l'Institut de magnétisme terrestre et de propagation des ondes radio de l'Académie des Sciences d'URSS (YMTPOR). La description détaillée de la station d'observations a été donnée précédemment [1].

Les variations journalières de la température dans la cave atteignent 1° C. L'humidité au cours de la période des observations se maintenait dans les limites de 75 à 80 %.

Les observations ont été effectuées à l'aide d'un modèle expérimental du gravimètre statique en quartz avec enregistrement photoélectrique [2].

Dans le circuit des photoéléments du gravimètre on a branché un galvanomètre à miroir du type M 21/2 N° 758353 avec les paramètres suivants :

Sensibilité en courant C_i , A/mm/m	0,78-2,7.10 ⁻⁹
Sensibilité en tension C_v , v/mm/m	0,71-2,5.10 ⁻⁸
Période des oscillations propres T, sec	21
Tension interne R_g , ohm	85-1000
Tension critique externe R_k , ohm	1500-40.000

Le shunt magnétique du galvanomètre en a été déduit. Le faisceau du miroir du galvanomètre se focalisait sur le tambour portant un papier photographique et placé dans une boîte. Le tambour tournait par un mécanisme horaire avec une vitesse de 11 mm/heure, accomplissant un tour par jour.

L'alimentation de la lampe qui éclaire le miroir du pendule du gravimètre (lampe des photo-éléments) était réalisée par 6 batteries "Devis". De celles-ci on a formé trois groupes de batteries reliées en parallèle ; dans chaque groupe il y a deux batteries reliées successivement. La capacité générale des batteries est de 1500 A/heure. La tension dans le réseau de la lampe était maintenue au niveau de $2,0 \pm 0,01$ volt à l'aide d'un voltmètre à miroir du type M-105 et du magasin de résistances P-33.

Vers le début des observations les batteries étaient en exploitation depuis 3 mois. Leur tension a été stabilisée - la chute de la tension pendant la période des observations ne dépassait pas 0,01 v par semaine. L'alimentation de la lampe qui éclaire le miroir des galvanomètres et le relais pour les marques horaires était réalisée par le réseau de courant alternatif de 220 v en passant par un transformateur abaissant et un redresseur en pont.

Le gravimètre était placé dans une salle avec une installation thermostatisante, composée de quatre groupes frigorifiques d'appareil à gaz "Cebeq" et d'éléments chauffants [2].

L'alimentation de l'installation de thermostatisation était réalisée par le réseau de courant alternatif de 220 v en passant par un stabilisateur de tension CH-500 et un auto-transformateur Ω ATP-1.

La température de thermostatisation de la salle était de $+ 3^{\circ}1$ C. La température à l'intérieur du gravimètre a varié linéairement dans les limites de $\pm 0^{\circ}01$ C par jour. L'enregistrement de la température à l'intérieur du gravimètre était réalisée à l'aide d'un thermographe à résistance. La sensibilité du thermographe était de 200 mm/degré.

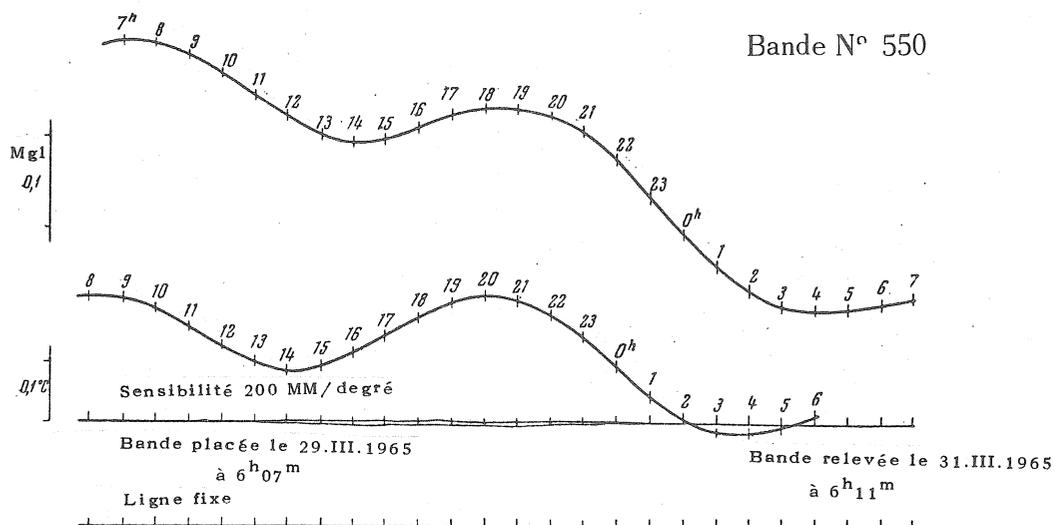


Fig. 1. Modèle d'enregistrement des variations de marées de l'accélération de la force de pesanteur par le gravimètre en quartz.

Les masses des galvanomètres du gravimètre et du thermographe ont été reliés à la terre, constituée d'une feuille de plomb enfuie à 4 m dans le sol près de la station gravimétrique de "Krasnaïa Pakhra".

L'étude de la non-linéarité de l'échelle du galvanomètre du gravimètre a indiqué que la correction de non-linéarité ne dépasse pas 0,4 mm. L'erreur du magasin de résistances P-33 qui a été utilisé dans le schéma d'étude de la non-linéarité, pouvait déformer les résultats des recherches de la même valeur et la correction de non-linéarité de l'échelle du galvanomètre n'a pas été introduite dans les ordonnées observées.

L'enregistrement ininterrompu des marées de la pesanteur a été réalisé pendant cinq mois. Pendant les deux premiers mois l'enregistrement a été effectué avec une faible sensibilité à la sortie de l'appareil (160 mm/mgal). Ensuite 88 jours ont été obtenus avec une sensibilité de 330 mm/mgal. Les observations avec une faible sensibilité de l'appareil n'ont pas été soumises à l'analyse harmonique.

Pendant l'enregistrement il y a eu une interruption depuis 23 heures le 3 mai jusque 5 heures le 4 mai 1965. Cette interruption a été interpolée par la méthode graphique [3].

La dérive du gravimètre avec une température de thermostatisation de + 3°1 C était en moyenne de 0,25 mgal/jour. Le signe de la dérive était tout le temps négatif. On a observé une certaine non-linéarité dans la dérive. On n'a pas réussi à établir la cause de la non-linéarité de la dérive. On peut supposer qu'elle est en relation avec les microséismes et les variations peu importantes de la température ($\pm 0^{\circ}01$ degré/jour) à l'intérieur de l'appareil.

Sur la figure 1 nous donnons un enregistrement portant sur deux jours où l'on voit clairement la dérive non-linéaire.

Avec la sensibilité et la dérive du gravimètre indiquées plus haut il a été nécessaire de corriger tous les deux jours l'enregistrement afin de maintenir le faisceau lumineux du galvanomètre sur l'enregistrement. La valeur de l'écart a été calculée par la méthode graphique [4].

L'appareil n'avait pas d'installation d'étalonnage. L'étalonnage de l'enregistreur a été effectué en se référant aux résultats obtenus précédemment pour Krasnaïa Pakhra à l'aide de quatre gravimètres de la firme Askania Werke GS-11 [5]. Les résultats de ces observations sont donnés dans la table 1.

On peut obtenir par la table 1 l'amplitude totale des cinq ondes de marées principales ΣH_{H_0} , égale à 127,13 μ gal. Cette valeur a servi d'étalon pour l'étalonnage de l'enregistreur du gravimètre en quartz.

On effectue à présent l'analyse harmonique des observations du 12 mars au 12 mai 1965. Les observations ont été réduites par la méthode de B.P.Pertsev [6] sur ordinateur électronique

M-20 d'après le programme composé par M.B. Kramer. S.N. Barsenkov a effectué la réduction.

Table 1.

Valeurs δ et $\Delta\phi$ pour Krasnaïa Pakhra (Gravimètres GS - 11)

Jour moyen des observations	Numéro du gravimètre	δ					$\Delta\phi$, degré					
		M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	
1959												
20.XII	124	1,186	1,237	1,092	1,133	1,186	-4,6	-4,8	-5,0	-0,7	-2,9	
1960												
18.I	124	1,177	1,083	1,322	1,010	1,057	-8,9	-4,9	-6,3	-1,0	-3,3	
24.IV	124	1,183	1,244	1,188	1,126	1,096	-5,4	-4,7	-0,8	-1,6	-2,2	
Moyenne par groupe		1,182	1,188	1,201	1,090	1,113	-6,3	-4,8	-4,0	-1,1	-2,8	
1958												
8.I	124	1,177	1,115	1,250	1,150	1,139	-8,2	-3,6	-11,2	-1,9	-3,8	
4.VI	134	1,084	1,207	1,054	1,079	1,123	-2,6	-2,0	-5,8	-1,7	-4,9	
8.VIII	134	1,209	1,289	1,124	1,171	1,161	-4,5	-4,8	-27,0	-3,2	-0,0	
17.VII	134	1,243	1,225	1,223	1,187	1,164	-6,2	-1,8	-7,1	-3,0	-2,2	
4.VI	126	1,167	1,130	1,149	1,112	1,147	-3,5	-6,6	-2,0	-3,0	+1,8	
1959												
20.I	135	1,264	1,124	1,567	1,236	1,223	-2,6	+1,0	+2,7	+0,7	+4,9	
Moyenne par groupe		1,190	1,182	1,160	1,156	1,160	-4,6	-3,0	-4,7	-2,0	-0,7	
Moyenne générale		1,188	1,184	1,175	1,134	1,144	-5,2	-3,6	-4,4	-1,7	-1,4	
Erreur quadratique moyenne (\pm)		0,017	0,024	0,031	0,022	0,016	0,7	0,8	1,5	0,4	1,0	

L'analyse harmonique a été effectuée pour les cinq ondes de marées principales. On a effectué en tout 31 analyses avec un déplacement du jour moyen d'un jour.

On a obtenu les retards de phases $\Delta\phi$ des ondes de marées observées en degrés et les valeurs $\bar{\delta} = \frac{A_H}{H_T}$ (A_H est l'amplitude observée de l'onde de marée en mm, H_T est l'amplitude théorique de l'onde de marée en μgal).

La réduction ultérieure des données s'est effectuée comme suit :

- 1) $A_o = H_T$ pour toutes les ondes ($H_{TM_2} = 24,24 \mu\text{gal}$, $H_{TS_2} = 11,31 \mu\text{gal}$, $H_{TN_2} = 4,64 \mu\text{gal}$, $H_{TK_1} = 40,89 \mu\text{gal}$, $H_{TO_1} = 29,04 \mu\text{gal}$ pour Krasnaïa Pakhra) ;
- 2) ΣA_o (les amplitudes totalisées des ondes en mm pour chaque analyse) ;
- 3) $K = \frac{\Sigma H_{Ho}}{\Sigma A_H} = \frac{127,13 \mu\text{gal}}{\Sigma A_H \text{ mm}}$ est le coefficient d'étalonnage de l'enregistrement pour chaque analyse.
- 4) $H_H = KA_H$ est l'amplitude observée de l'onde de marée (en μgal) ,
- 5) $\delta = \frac{H_H}{H_T}$

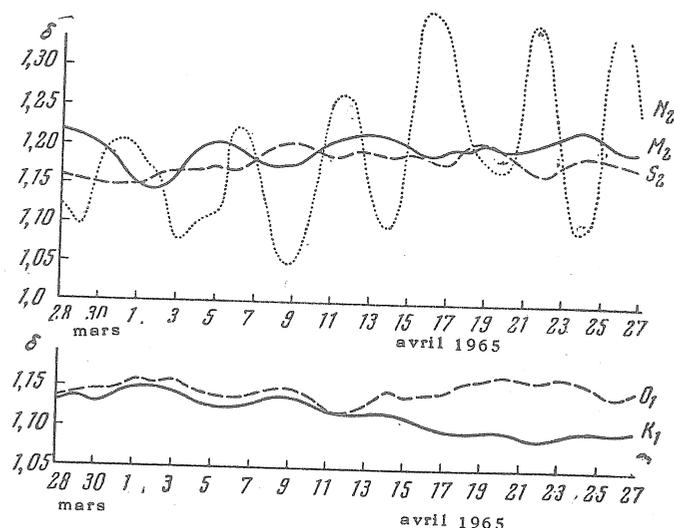


Fig. 2. Variations des valeurs δ pour les ondes M_2 , S_2 , N_2 , K_1 et O_1 avec un déplacement de l'époque moyenne de la série des observations d'un jour.

Les résultats de cette réduction sont donnés dans les tables 2, 3 et 6. La table 3 et la figure 2 montrent "la périodicité" de la variation de la valeur δ pour les ondes M_2 , S_2 , N_2 , K_1 , O_1 . Pour l'onde M_2 la "périodicité" est de l'ordre de six à huit jours pour l'onde N_2 de l'ordre de quatre à six jours. Pour les ondes S_2 , K_1 , O_1 "la périodicité" est observée moins nettement.

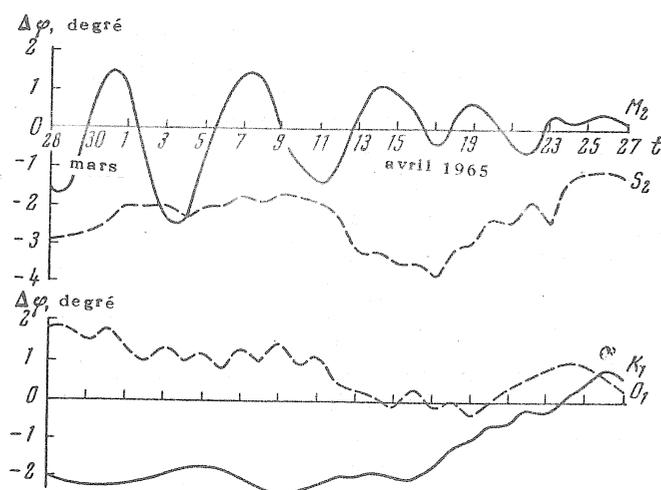


Fig. 3 - Variations des valeurs $\Delta\phi$ pour les ondes M_2 , S_2 , K_1 , O_1 avec un déplacement de l'époque moyenne de la série d'observations d'un jour.

Table 2

Jour moyen des observ. (1965)	A_H					ΣA_H	K
	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1		
Mars							
28	9,7410	4,3213	1,7218	15,2254	10,8621	41,8716	3,036
29	9,7178	4,3396	1,6839	15,4237	11,0362	42,1712	3,015
30	9,6984	4,3329	1,8277	15,4074	11,1136	42,3890	3,000
31	9,3954	4,2876	1,8481	15,4360	10,9858	41,9529	3,030
Avril							
1	9,1264	4,2729	1,8119	15,4401	11,0759	41,7272	3,047
2	9,0876	4,3136	1,7669	15,4360	10,9945	41,5986	3,056
3	9,2573	4,3385	1,6440	15,4360	11,0391	41,7749	3,043
4	9,6499	4,3894	1,7020	15,4033	11,0846	42,2292	3,010
5	9,7590	4,4324	1,7265	15,4074	11,1020	42,4273	2,996
6	9,7518	4,4279	1,9056	15,4319	11,0555	42,5727	2,986
7	9,5069	4,4516	1,8333	15,3624	11,0236	42,1778	3,014
8	9,3179	4,4482	1,6342	15,2970	10,9336	41,5409	3,069
9	9,2282	4,4211	1,5781	15,0966	10,8232	41,1472	3,090
10	9,3494	4,3951	1,6899	14,9985	10,7419	41,1748	3,088
11	9,5312	4,3758	1,8954	14,9412	10,6170	41,3606	3,074
12	9,5821	4,3985	1,9029	14,8717	10,6170	41,3722	3,073
13	9,5312	4,3634	1,7112	14,7899	10,6025	40,9982	3,101
14	9,4681	4,3283	1,6388	14,7081	10,7477	40,8810	3,110
15	8,3688	4,3442	1,8175	14,6836	10,6722	40,8863	3,109
16	9,3130	4,3340	2,0676	14,5855	10,7826	41,0827	3,094
17	9,3978	4,3691	2,0031	14,5282	10,7796	41,0778	3,095
18	9,3978	4,4188	1,8453	14,5568	10,9307	41,1494	3,090
19	9,5190	4,4494	1,7804	14,5691	10,9916	41,3095	3,078
20	9,3978	4,4052	1,7530	14,5773	11,0265	41,1598	3,089
21	9,5166	4,3532	1,9906	14,5773	11,0933	41,5310	3,061
22	9,6015	4,3227	2,0578	14,5609	11,0817	41,6245	3,054
23	9,6015	4,3442	1,7938	14,5119	11,0178	41,2692	3,081
24	9,6651	4,3238	1,6277	14,4219	10,8698	40,8083	3,115
25	9,4584	4,3216	1,6467	14,3974	10,7564	40,7805	3,117
26	9,3736	4,3035	2,0323	14,4464	10,6896	40,8654	3,111
27	9,3397	4,2639	1,8509	14,4178	10,7274	40,5997	3,131

L'écart maximum par rapport à la valeur moyenne δ pour l'onde M_2 est de 2,6 %, S_2 - 2,7 %, N_2 - 15,5 %, K_1 - 3,0 % et O_1 - 1,7 % ce qui ne dépasse pas les variations dans les valeurs δ obtenues à l'aide des gravimètres GS - 11 [7,9].

Table 3.

Jour moyen des observ. (1965)	H_H					δ				
	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1
Mars										
28	29,57	13,12	5,23	46,22	32,98	1,220	1,160	1,127	1,130	1,136
29	29,30	13,08	5,08	46,50	33,18	1,209	1,156	1,095	1,137	1,143
30	29,40	13,00	5,48	46,22	33,34	1,200	1,150	1,181	1,130	1,148
31	28,47	12,99	5,60	46,77	33,29	1,175	1,149	1,207	1,144	1,147
Avril										
1	27,81	13,02	5,52	47,05	33,75	1,147	1,151	1,190	1,151	1,162
2	27,77	13,18	5,40	47,17	33,60	1,146	1,165	1,164	1,154	1,157
3	28,17	13,20	5,00	46,97	33,77	1,162	1,167	1,078	1,149	1,163
4	29,05	13,21	5,12	46,36	33,36	1,198	1,168	1,104	1,134	1,149
5	29,24	13,28	5,17	46,16	33,26	1,206	1,174	1,114	1,129	1,145
6	29,12	13,22	5,69	46,98	33,01	1,201	1,169	1,226	1,127	1,137
7	28,65	13,42	5,53	46,30	33,23	1,182	1,187	1,192	1,132	1,144
8	28,51	13,61	5,00	46,53	33,46	1,176	1,203	1,078	1,138	1,152
9	28,52	13,66	4,88	46,65	33,44	1,177	1,207	1,052	1,141	1,152
10	28,87	13,57	5,22	46,32	33,17	1,191	1,200	1,125	1,133	1,142
11	29,30	13,45	5,83	45,93	32,64	1,209	1,189	1,257	1,125	1,124
12	29,45	13,52	5,85	45,70	32,63	1,215	1,195	1,261	1,118	1,124
13	29,56	13,53	5,31	45,86	32,88	1,220	1,196	1,144	1,122	1,132
14	29,45	13,46	5,10	45,74	33,43	1,215	1,190	1,099	1,119	1,151
15	29,13	13,51	5,65	45,65	33,18	1,202	1,195	1,218	1,116	1,143
16	28,81	13,41	6,40	45,13	33,36	1,189	1,186	1,379	1,104	1,149
17	29,09	13,37	6,20	44,96	33,36	1,200	1,182	1,337	1,100	1,149
18	29,04	13,65	5,70	44,98	33,78	1,198	1,207	1,220	1,100	1,163
19	29,30	13,70	5,48	44,84	33,83	1,209	1,209	1,181	1,097	1,165
20	29,03	13,61	5,42	45,03	34,06	1,198	1,203	1,168	1,101	1,171
21	29,13	13,33	6,09	44,62	33,96	1,202	1,179	1,313	1,091	1,169
22	29,32	13,20	6,28	44,47	33,84	1,210	1,167	1,353	1,088	1,165
23	29,58	13,38	5,53	44,71	33,95	1,220	1,183	1,192	1,093	1,169
24	29,80	13,47	5,07	44,92	33,86	1,229	1,191	1,093	1,099	1,166
25	29,48	13,47	5,76	44,88	33,53	1,216	1,191	1,242	1,098	1,155
26	29,16	13,40	6,32	44,94	33,26	1,203	1,185	1,362	1,099	1,145
27	29,24	13,35	5,80	45,14	33,59	1,206	1,180	1,250	1,104	1,157
Moyenne de 31 séries						1,198	1,182	1,194	1,120	1,151
						$\pm 0,003$	$\pm 0,003$	$\pm 0,016$	$\pm 0,004$	$\pm 0,002$
Moyenne de deux séries indépendantes (jours moyens 28.III et 27.IV 1965)*						1,213	1,170	1,188	1,117	1,146
						$\pm 0,007$	$\pm 0,010$	$\pm 0,061$	$\pm 0,013$	$\pm 0,010$

* Les erreurs sont conventionnelles comme les écarts des deux déterminations en fonction de la moyenne.

Pour Krasnaïa Pakhra, les erreurs dans la détermination des valeurs δ par l'appareil en quartz sont un peu plus petites que pour les gravimètres GS-11, ce qu'on constate par la table 4. Pour la comparaison on a pris pour chaque appareil deux séries mensuelles indépendantes.

Les valeurs moyennes de δ de 31 séries, obtenues par les observations avec le gravimètre en quartz (table 3) sont voisines des valeurs moyennes δ obtenues précédemment par les observations avec les gravimètres GS-11 à Krasnaïa Pakhra (table 1).

Il convient de noter que pour Krasnaïa aussi bien par les observations avec les gravimètres GS-11 que par les observations avec le gravimètre en quartz, le facteur δ des ondes semi-diurnes est sensiblement plus grand que celui des ondes diurnes. Si l'on adopte des poids proportionnels à H_H on obtient la table 5.

Les valeurs $\Delta\phi$ obtenues par les observations avec le gravimètre en quartz sont sensiblement plus petites que les valeurs obtenues par les observations avec le gravimètre GS-11 (table 1-6).

Cela peut apparemment s'expliquer par la différence dans le retard instrumental pour les gravimètres GS-11 et celui en quartz. Le retard instrumental du galvanomètre appliqué à la sortie du gravimètre GS-11 est, d'après V.A. Volkov [10] de l'ordre de $-3^{\circ}6$ pour les ondes semi-diurnes et $-1^{\circ}8$ pour les ondes diurnes.

Table 4

Valeur δ pour Krasnaïa Pakhra pour des séries de deux mois d'observations par différents gravimètres

Jour moyen des observations	Gravimètre	δ				
		M_2	S_2	N_2	K_1	O_1
4.VI & 8.VII 1958 *	N° 134	$1,446 \pm 0,062$	$1,248 \pm 0,041$	$1,089 \pm 0,035$	$1,125 \pm 0,046$	$1,442 \pm 0,019$
20.XII 1959 & 18.I 1960 *	N° 124	$1,182 \pm 0,004$	$1,160 \pm 0,077$	$1,297 \pm 0,115$	$1,072 \pm 0,062$	$1,122 \pm 0,064$
28.III & 27.IV 1965 *	à quartz	$1,213 \pm 0,007$	$1,170 \pm 0,010$	$1,188 \pm 0,061$	$1,117 \pm 0,013$	$1,446 \pm 0,010$

* Voir au bas de la table 3

Table 5

Valeurs moyennes δ pour Krasnaïa Pakhra

Type de moyenne	Gravimètre	
	GS-11	à quartz
$\delta (M_2, S_2, N_2)$	$1,185 \pm 0,003$	$1,193 \pm 0,004$
$\delta (K_1, O_1)$	$1,138 \pm 0,035$	$1,132 \pm 0,015$
$\delta (M_2, S_2)$	$1,187 \pm 0,003$	$1,193 \pm 0,007$
$\delta (M_2, S_2, O_1)$	$1,165 \pm 0,015$	$1,175 \pm 0,012$

Table 6

Valeur $\Delta\phi$ pour Krasnaïa Pakhra (gravimètre en quartz)

Jour moyen des observ. (1965)	$\Delta\phi$, degré					Jour moyen des observ. (1965)	$\Delta\phi$, degré				
	M_2	S_2	N_2	K_1	O_1		M_2	S_2	N_2	K_1	O_1
Mars						14	1,1	-3,2	5,7	-1,9	0,1
28	-1,5	-2,9	3,1	-2,0	1,8	15	0,8	-3,5	0,7	-2,0	-0,2
29	-1,5	-2,8	3,4	-2,2	1,8	16	0,4	-3,5	6,7	-2,0	0,3
30	0,1	-2,7	0,7	-2,2	1,5	17	-0,4	-3,8	11,3	-1,8	-0,2
31	1,4	-2,5	3,7	-2,3	1,8	18	0,3	-3,2	10,7	-1,2	0,0
Avril						19	0,7	-2,9	6,7	-1,1	-0,4
						20	0,3	-2,3	0,4	-0,6	0,0
1	1,1	-2,0	9,3	-2,2	1,3	21	-0,4	-2,4	-0,8	-0,6	0,3
2	-0,8	-2,0	12,3	-2,1	1,0	22	-0,6	-1,9	6,5	-0,2	0,5
3	-2,3	-2,0	8,5	-2,0	1,3	23	0,4	-2,3	12,2	-0,3	0,8
4	-2,4	-2,3	8,3	-1,8	1,0	24	0,2	-1,3	-0,5	+0,1	1,0
5	-0,9	-2,0	4,6	-1,8	1,2	25	0,3	-1,1	-6,0	0,4	0,9
6	0,6	-2,0	9,6	-1,8	0,8	26	0,4	-1,0	-0,5	0,8	0,7
7	1,4	-1,8	13,8	-2,1	1,3	27	0,2	-1,2	10,4	0,6	0,2
8	1,3	-1,9	12,2	-2,3	1,0						
9	-0,2	-1,7	9,0	-2,5	1,5	Moyenne de 31 séries	-0,1 $\pm 0,2$	-2,3 $\pm 0,1$	6,6 $\pm 0,9$	-1,5 $\pm 0,2$	0,8 $\pm 0,1$
10	-0,9	-1,8	3,6	-2,4	0,9	moyenne de 2 séries indépend.	-0,65 $\pm 0,85$	-2,05 $\pm 0,85$	6,75 $\pm 3,65$	-0,70 $\pm 1,30$	1,0 $\pm 0,80$
11	-1,4	-1,9	6,5	-2,2	1,1	(jours moyens 28-III et 27-IV-65*)					
12	-1,0	-2,3	15,8	-2,0	0,4						
13	0,2	-3,2	15,4	-2,0	0,2						

* Voir au bas de la table 4.

Table 7

Valeurs moyennes $\Delta\phi$ pour Krasnaïa Pakhra (gravimètres GS-11 et en quartz)

Type de moyenne	Sans tenir compte du retard instrumental		En tenant compte du retard instrumental	
	GS-11	Quartz	GS-11	Quartz
$\Delta\phi(M_2, S_2), p=H_H$	-4,7 \pm 0,8	0,7	-1,1 \pm 0,8	-0,7 \pm 0,7
$\Delta\phi(K_1, O_1), p=H_H$	-1,6 \pm 0,4	-0,6 \pm 0,8	+0,2 \pm 0,4	-0,5 \pm 0,8
$\Delta\phi(M_2, S_2), p=1/e^2$	-4,5 \pm 0,5	-1,8 \pm 0,1	-0,9 \pm 0,5	-1,7 \pm 0,1
$\Delta\phi(K_1, O_1), p=1/e^2$	-1,7 \pm 0,4	+0,3 \pm 0,1	+0,1 \pm 0,4	+0,4 \pm 0,1

Le retard instrumental de l'appareil en quartz n'a pas dépassé - 0°12 pour les ondes semi-diurnes et - 0°06 pour les ondes diurnes.

Les changements des valeurs $\Delta\phi$ dans la série (fig. 3) ont un caractère "périodique" ainsi pour l'onde M_2 "la périodicité" est de l'ordre de 5 à 7 jours, pour les ondes S_2, K_1, O_1 "la périodicité" s'observe moins nettement.

Par les tables 1 et 6 on peut obtenir les valeurs moyennes $\Delta\phi$ en degrés pour les ondes semi-diurnes et diurnes (table 7).

Nous constatons par la table 7 que l'introduction de la correction due au retard instrumental des galvanomètres améliore sensiblement la convergence des valeurs moyennes $\Delta\phi$ obtenues par les observations avec les gravimètres GS-11 et en quartz.

La réduction des données observées obtenues à l'aide d'un modèle expérimental national du gravimètre en quartz a d'abord été effectuée c'est pourquoi il faut considérer les valeurs δ et $\Delta\phi$ comme préliminaires. Pour déterminer le degré de sûreté de ces valeurs il faut de longues séries d'observations.

En conclusion, l'auteur exprime sa profonde reconnaissance à You. S. Dobrokhotov, S.E. Alexandrov, N.N. Pariiskii, B.P. Pertsev pour leurs précieux conseils et à S.N. Barsenkov pour sa participation à la réduction des données d'observation.

BIBLIOGRAPHIE.

1. You.S. DOBROKHOTOV, A.E. OSTROVSKII, B.P. PERTSEV
Les stations gravimétriques et clinométriques pour les observations des marées terrestres.
Edit. Ac. des Sc. URSS, 1961.
2. D.G. GRIDNIEV
Etudes du gravimètre en quartz statique avec enregistrement photoélectrique
Trav. de l'Inst. de Physique de la Terre. Edit. "Naouka" 1964.
3. D.G. GRIDNIEV
Procédé graphique pour combler les lacunes jusqu'à deux jours dans les observations des marées terrestres.
Cette publication.
4. N.N. PARIISKII, D.G. GRIDNIEV, S.N. BARSENKOV, You.K. SARITCHEVA, M.V. KRAMER
Variations de marées de la force de pesanteur à Tachkent
Publ. "Etude des marées terrestres" N° 3. Edit. Ac. des Sc. URSS, 1963.
5. You. S. DOBROKHOTOV
Observations réitératives des variations de marées de la force de pesanteur à Krasnaïa Pakhra
*Publ. "Etude des marées terrestres" N° 3.
Edit. Ac. des Sc. URSS 1963.*

6. B.P. PERTSEV.
Analyse harmonique des marées élastiques
Nouvelles de l'Ac. des Sc. Série Géophysique, 1958, No 8

 7. M.V. KRAMER
De la question de l'influence des erreurs accidentelles des observations sur les résultats de la détermination de l'amplitude et de la phase des ondes de marées élastiques.
Trav. de l'Inst. de Physique de la Terre. Edit. "Naouka" 1964.

 8. S.N. BARSENKOV, V.A. VOLKOV, D.G. GRIDNIEV, N.N. PARIISKII
Variations de marées de l'accélération de la force de pesanteur à Frounze.
Trav. de l'Inst. de Physique de la Terre. Edit. "Naouka" 1964.

 9. S.N. BARSENKOV, V.A. VOLKOV, D.G. GRIDNIEV, M.V. KRAMER, N.N. PARIISKII.
Variations de marées de la force de pesanteur à Talgar, déterminées par la méthode glissante d'après les observations de 19 mois par deux gravimètres.
Cette publication.

 10. V.A. VOLKOV
Détermination des caractéristiques de phases des systèmes enregistreurs de marées des gravimètres - galvanomètres.
*Trav. de l'Inst. de Physique de la Terre.
Edit. "Naouka", 1964.*
-

V.A. VOLKOV and N.N. PARIISKII

The effect of phase characteristics of Askania gravimeters upon measurements of phase lags in tidal observations, - *ERRATUM*

(Sixième symposium sur les marées terrestres - Comm. Obs. R. Belg. S G n° 96, p. 206).

TABLE 4

STATION	DAYS	VALUES					DAYS	M2	S2	K1	O1
		M2	S2	K1	O1	O1					
		GS 11 NO 126					GS 11 NO 134				
TASHKENT	175	-0.8 ±0.1	-1.2 0.2	-0.2 0.2	0.3 0.2	175	-0.8 0.1	-1.2 0.2	-0.1 0.1	-0.7 0.2	
FRUNZE	195	-0.5 ±0.1	-1.1 0.3	0.1 0.3	1.0 0.3	227	-0.4 0.1	-4.2 0.3	0.4 0.2	0.7 0.3	
TALGAR	1877	-0.4 ±0.1	-2.2 0.4	-0.1 0.2	0.3 0.1	1165	-0.1 0.2	-1.2 0.7	1.0 0.5	0.4 0.6	
WEIGHTED MEAN		-0.4 ±0.1	-2.0 0.3	-0.1 0.05	0.4 0.1		-0.2 0.2	-1.6 0.8	0.8 0.3	0.3 0.3	
WEIGHTED MEAN FOR THE WAVE M2 AND FOR BOTH INSTRUMENTS								-0.35 ± 0.09			
		GS 11 NO 135					GS 11 NO 124				
LANCHZHOU	60	-0.9 ±0.8	-3.3 0.5	-0.7 0.7	-0.7 0.8	60	-1.7 0.8	-2.4 0.5	-1.1 0.7	1.2 0.8	
KIEV	180	1.9 ±0.7	0.7 1.1	0.3 0.8	2.9 0.9	165	1.3 0.4	1.7 0.6	-0.3 0.3	2.4 0.5	
KRASNAYA PAKHRA						90	-0.7 0.3	0.3 0.1	1.0 0.3	-0.7 0.3	
WEIGHTED MEAN		1.2	-0.3	0.05	2.0		0.15 ±0.9	0.5 1.1	-0.1 0.5	1.3 0.9	

NOTE THE ERRORS FOR THE STATION TALGAR WERE CALCULATED BY ACCORDING TO DIVERGENCE BETWEEN THE DIFFERENT SERIES OF OBSERVATIONS, FOR THE OTHER STATIONS BY THE DIFFERENCE WITHIN THE SERIES

