MAREES TERRESTRES

BULLETIN D'INFORMATIONS

Nº73

1 Mars 1976

Association Internationale de Géodésie

Commission Permanente des Marées Terrestres

Éditeur Prof. Paul MELCHIOR Observatoire Royal de Belgique

3. Avenue Circulaire
1180 Bruxelles



TABLE DES MATIERES

p.

H. G. WENZEL

Some remarks to the analysismethod of Chojnicki

4187

P.S. MATVEYEV, A.E. OSTROVSKII, V.G. GOLOUBITSKII, I. You. BOGDAN,

B.S. DOUHIK, F.A. SLAVINSKAIA (Traduction)

Résultats de l'analyse harmonique des observations clinométriques à la station de "Soudievka" pour 1971 à 1973.

4192

V.G. BOULATSEN (Traduction)

Déformations de marées et lentes de l'écorce terrestre d'après les données des observations extensométriques à Inkerman (Crimée) 4203

I.A. DITCHKO, V.I. TOKAR (Traduction)
Inclinaisons de la surface de la Terre à Inkerman

4215

Y.A. CHIROKOV, K.M. ANOKHINA (Traduction)

Sur les observations comparatives des inclinaisons de marées par le clinomètre vertical "Askania" et par les clinomètres d'Ostrovskii 4219

V.G. BALENKO, P.S. KORBA (Traduction)

Du problème de la réduction des observations des marées terrestres

4225

V.G. GOLOUBISKII, A.M. KOUTNII (Traduction)
Résultats de l'étalonnage des pendules horizontaux avec
suspension Zöllner

4234

V.G. BALENKO, A.M. KOUTNII, A.N. NOVIKOVA
Résultats des observations des inclinaisons de marées à la station
"Pokrovskeia Bagatchka"
4247

SOME REMARKS TO THE ANALYSISMETHOD OF CHOJNICKI

by H.-G. Wenzel, Institut für Theoretische Geodäsie, Technische Universität Hannover

Introduction

Before 1973, when T. Chojnicki published his analysismethod (CHOJNICKI 1973 a, b), there was no program which gave detailed information about residuals after least squares adjustment. Therefore the work of T. Chojnicki was a big progress in earth tide research and many earthtide stations have analyzed their data with the computerprogram made by Chojnicki.

Nevertheless, there has been some discussions about efficiency and accuracy of this program especially in recent time (SCHÜLLER 1975, CHOJNICKI 1975). This paper will give some results of numerical tests with theoretical tides applied to different analysis programs based on CHOJNICKI's method.

1. The method of zero-points

This method of drift-elimination was constructed especially for the analysis of longperiodic tidal waves (CHOJNICKI 1973 a). For any time, when the bodily tide is equal to zero, the recording gives the drift of the instrument. Generally we do not know bodily tides before analysis, therefore the computed drift with zero-point method contains parts of the observed tides. To have information for drift of each observation, the computed drift for the zero-points is interpolated by a 3. degree polynomial interpolation function.

Unfortunately, the fitness of the interpolated drift to the observations is much too close in the frequency range of longperiodic tides (Fig.1), therefore the drift eliminates also a big part of longperiodic tides in the observations. For a numerical test of this analysis method, we calculated theoretical tides with given tidal parameters (amplitudefactor $\gamma = 3.000$ and phaselag $\Delta \phi = 3.0$ for all longperiodic waves) and applied the CHOJNICKI-analysis program with zeropoint drift elimination to these datas. Even if these parameters are very large and will not be real for the earth, a good analysis program should give out these parameters (as it has been tested for instance with FOURIER-spectral analysis). The analysis results of CHOJNICKI's zero-point method for longperiodic waves are given in Table 1, they have no likeness with the given input parameters. This means, that all tidal parameters for longperiodic waves, which have been calculated with CHOJNICKI's zero-point method, are doubious.

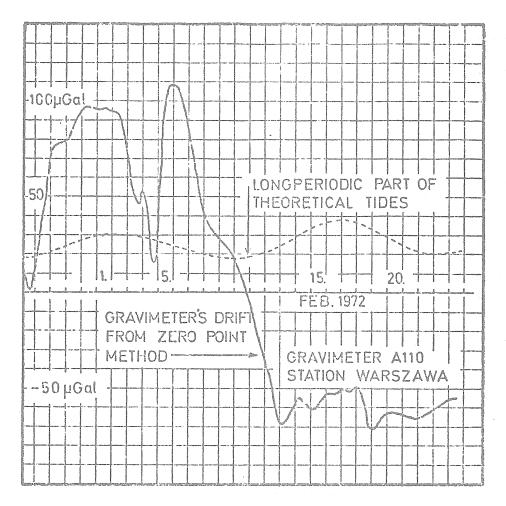


Fig. 1: Computed drift from zero-point method (published by CHOJNICKI 1973 b) and longperiodic part of theoretical tides

Table 1: Results from CHOJNICKI's zero-point method Theoretical tides for Hannover (ϕ = 52.387, λ = -9.712, Verticalcomponent), Artificial input tidal parameters for all longperiodic waves: Amplitudefactor γ = 3.000, Phaselag $\Delta\phi$ = 3.00.

Wave Grou	p Amplitude	efactor	Phas	elag
SSA	1.210 ± C	0.003	0.5	± 0°1
MM	1.155 ± C	0.002	0.3	± 0.1
MF	1.219 ± C	0.001	-0.5	± 0.05
MTM	1.235 ± C	.006	-0.2	± 0.3
$m_0 = \pm 0$.	26 μGal	n en	180 ^đ	

2. The drift elimination with PERTSEV-filter

The second method of drift elimination in CHOJNICKI's program is applying PERTSEV's filter after a preliminary compensation of observations (called first adjustment from CHOJNICKI). As pointed out by SCHÜLLER 1975, it is not necessary to calculate the preliminary adjustment by applying the PERTSEV-filter to the original observations and considering the gain-factors of the used PERTSEV-highpass-filter to the theoretical tidal model. Both calculation methods (with and without preliminary adjustment) have been tested with theoretical tides with given input tidal parameters

amplitudefactor phaselag

		3.000	Δφ	Garage Military	3.00	for	longperiodic waves
7	2000	1.160					daily waves,
Y	econs econs	1.190	Δφ	00000 00000	0.00	for	half-daily waves,
Y	essite Guida	1.060	Δφ	CARPES COMMA	0.00	for	third-daily waves.

Both calculation methods gave practically the same results (that means no significant difference compared with the mean square error), the results for the method without preliminary adjustment (proposal of SCHÜLLER 1975) are given in Table 2.

The computation time is for a 63.5^d data set:

appr. 101 sec for the original program made by CHOJNICKI, 34 sec for a new program using SCHÜLLER's proposal made by the author,

14 sec for the new program using SCHÜLLER's proposal and fast computation of sin and cos in the observation equations (BENDAT and PIERSOL 1971, ORZECHOWSKI 1975)

using the Control Data Cyber 76 computer of Regionales Rechenzentrum Niedersachsen (RRZN). That means that computation time can be reduced to appr. 14% of the original program made by CHOJNICKI using SCHÜLLER's proposal and fast computation for sin and cos without loss of accuracy.

3. Conclusions

On the contrary to CHOJNICKI 1975 we believe, that it is very important to have a computer program with maximum computation speed and reasonable accuracy.

This is one of the reasons why some earth tide stations do not analyze their data with CHOJNICKI's program but use VENEDIKOV's program (VENEDIKOV 1966), which is much shorter in computation time.

For example, with our computer have generally to wait one day for a program with 100 sec computation time but only 10 minutes for a program with 10 sec computation time. Additionally, with the original program made by CHOJNICKI we can compute an analysis for not more than two years of registration, because this reaches the maximum available computation time of 20 minutes for our computer, but with the new program we can compute in the same time an analysis for 14 years of registration.

STATION HANNOVER NR. 709 W.GERMANY
INSTITUT F.THEORETISCHE GEODAESIE, TECHNISCHE UNIVERSITAET HANNOVER
52.387N -9.712E H50M P2M D180KM VERTICALCOMPONENT
THEORETISCHE GEZEITEN
LAGPERIODISCHE WELLEN AMPL. 3.000 PHASENVERSCH. 3.00 DEG
TAEGLICHE WELLEN AMPL. 1.160 PHASENVERSCH. 0.00 DEG
HALBTAEGLICHE WELLEN AMPL. 1.190 PHASENVERSCH. 0.00 DEG
DRITTELTAEGL. WELLEN AMPL. 1.060 PHASENVERSCH. 0.00 DEG
STUENDLICHE WERTE AUF .01 MICROGAL
1974.01.10 - 1974.12.31 365 TAGE

NUMBER OF DAYS

365.0

ADJUSTED TIDAL PARAMETERS

NR.	FROM	TO WAVE	MYGAL SIGNAL/	AMPL.FAC.	PHASE LAG	
1	129	193 ·G1	6.673693510.6870	1.1600	0003	G1
2	194	219 ·C1	34.8576******	1.1599	0001	C1
3	550	241 11	2.741238579.9754	1.1600	0024	MI
4	242	251 F1	16.2216******	1.1599	.0001	Ρl
5	252	254 51	.3833 3699.4391	1.1600	0145	S 1
6	255	274 Kl	49.0251*****	1.1600	0001	K1
7	275	296 1.1	2.740540558.2022	1.1600	.0004	Jl
8	297	333 ·C01	1.501620410.9856	1.1603	0019	001
9	334	374 2N2	1.018319037.8531	1.1900	.0194	SNS
10	375	398 112	6.378394688.7579	1.1900	0012	N2
11	399	424 IN 2	33.3130******	1.1900	.0000	M 2
12	425	441 L2	.9413 8741.2524	1.1896	.0002	LS
13	442	447 52	15.4983******	1.1899		52
14	448	488 KZ	4.215755948.6685	1.1902	.0000	K2
15	489	505 143	.3561 5355.2068	1.0597	.0016	м3

MEAN SQUARE ERRCR .005 MYGAL DEGREE OF FREEDOM 8679

Table 2: Analysis of theoretical tides with given input tidal parameters, method CHOJNICKI-SCHÜLLER

References

BENDAT and PIERSOL 1971: Random data, analysis and measurement procedures, New York 1971

CHOJNICKI 1973 a: Ein Verfahren zur Erdgezeitenanalyse in Anlehnung an das Prinzip der kleinsten Quadrate, Mitteilungen aus dem Institut für Theoretische Geodäsie der Universität Bonn, Bonn 1973

CHOJNICKI 1973 b: Détermination de la dérive das les mesures des marées au moyen de la methode des points neutres, Materialy I Prace, Publications of the Institute of Geophysics Polish Academy of Sciences, Vol. 71, Warszawa 1973

CHOJNICKI 1975: Remarques concernant l'article de K. Schüller: "Ein Vorschlag zur Beschleunigung des Analysenverfahrens Chojnicki", Bulletin d'Informations Marées Terrestres No. 72, Brüssel 1975

ORZECHOWSKI 1975: Moyens d'acceleration et de l'acroissement de la précision des calculs dans les methodes des analyses des observations des marées, Bulletin d'Informations Marées Terrestres No.72, Brüssel 1975

SCHÜLLER 1975: Ein Vorschlag zur Beschleunigung des Analysenverfahrens Chojnicki, Bulletin d'Informations Marées Terrestres No. 70, Brüssel 1975

VENEDIKOV 1966: Une methode pour l'analyse des marées terrestres à partir d'enregistrements de longueur arbitraire, Communications de l'Observatoire Royal de Belgique, Serie Geophysique Nr.71, Brüssel 1966

RESULTATS DE L'ANALYSE HARMONIQUE DES OBSERVATIONS CLINOMETRIQUES A

LA STATION DE ".SOUDIEVKA" POUR 1971 A 1973.

P.S. Matveyev, A.E. Ostrovskii, V.G. Goloubitskii, I. You. Bogdan, B.S. Douhik, F.A. Slavinskaïa

Rotation et déformations de marées de la Terre VII pp 3 - 9 1975

La station clinométrique "Soudievka" a été installée en 1970. Elle se présente en une galerie clinométrique spécialement équipée d'une profondeur de 12.5 m dans laquelle on peut installer en enregistrement parallèle deux complexes de clinomètres photoélectriques Ostrovski [1].

Le but principal des observations clinométriques dans ce site permanent est l'obtention d'indications sur les variations lentes des valeurs γ et les ondes les plus importantes de la marée terrestre.

On étudiera également l'influence de certains facteurs météorologiques sur les inclinaisons de marées observées. En outre, la station de "Soudievka" sert de point de référence pour la réalisation d'un important programme de recherches clinométriques sur le territoire de l'Ukraine. La comparaison en ce point des indications des différents clinomètres utilisés pour la réalisation d'observations régulières dans d'autres régions aidera à augmenter la précision des résultats obtenus aussi bien au point de référence que dans les points temporaires de campagne.

La description détaillée de l'installation de la station clinométrique de Soudievka de la méthode et des conditions de réalisation des observations est donnée en [2].

Là aussi sont donnés les résultats préliminaires de la **détermination de l'onde** semi-diurne principale M₂ (observations de 1971).

Nous donnerons dans cet article les résultats de l'analyse harmonique de toute la première série d'observations clinométriques à Soudievka englobant la période du 20 février 1971 au 7 septembre 1973.

Le partage de toutes les données d'observations en séries séparées d'une durée de deux à trois ans nous semble utile. Il garantit l'obtention pour chacune des séries de valeurs tout à fait sûres de γ et x et permet en même temps de suivre les variations possibles des paramètres de la marée terrestre. L'essai de réduction de séries de qualité d'observations faites à l'aide des clinomètres photoélectriques d'Ostrovskii montre que pour obtenir les valeurs γ et x pour l'onde $\rm M_2$ avec une erreur relative ne dépassent pas 0,5% il est suffisant d'analyser 20 à 25 séries mensuelles. Nous avons accumulé au cours de la première série d'observations à peu près cette quantité de séries pour chacun des quatre appareils utilisés à Soudievka.

La paire de clinomètres 08 et 09 a été placée en enregistrement le 21 janvier 1971 et retirée d'enregistrement (pour étalonnage) le 14 février 1973. Pour l'appareil 08 enregistrant la composante NS (la direction positive du calcul des ordonnées correspond à l'inclinaison du côté nord) on a obtenu 22 séries mensuelles de données de qualité et pour l'appareil 09 enregistrant la composante EW ("plus" vers l'ouest) 23 séries.

La seconde paire de clinomètres (appareils 57 et 66) a été installée en enregistrement parallèle le 23 août 1971. Pour l'appareil 57 enregistrant la composante NS ("plus" vers le sud) on a obtenu 21 séries mensuelles et pour l'appareil 66 enregistrant la composante EW ("plus" vers l'ouest) 17 séries.

La sensibilité des appareils au cours de toute la période des observations a été maintenue à un niveau ne dépassant pas 0"002 par millimètre. Les spots des photoéléments étaient alimentés par des batteries d'accumulateurs d'une capacité de 1500 à 2000 a/h. Les inclinaisons ont été enregistrées sur papier photographique d'une largeur de 20 cm avec une vitesse de 10,1 mm/heure (un tour du tambour de l'enregistreur en deux jours). La mesure des ordonnées a été faite deux fois avec une précision de 0,1 mm. La divergence entre la première et la seconde mesure n'était pas de plus de ± 0,3 mm. Pour combler les petites lacunes et tenir compte des sauts dans l'enregistrement on a appliqué les procédés décrits dans le travail [3].

Dans le but de tenir compte de l'effet de chute de la tension donnée sur le spot des photoéléments, les valeurs du facteur de sensibilité K ont été interpolés sur le début de chaque heure entre les valeurs calculées aux moments des impulsions de contrôle qui se font par horloges à contact deux fois par jour.

L'analyse harmonique des ordonnées horaires a été faite d'après le schéma de 30 jours à l'Observatoire gravimétrique de Poltava de l'Académie des Sciences d'Ukraine [4]. Les calculs ont été faits sur EVM M-220 à l'Institut de Cybernétique de l'Académie des Sciences d'Ukraine d'après le programme de S.N. Korba [5].

Lors de la répartition des données d'observation en séries de 30 jours nous nous sommes efforcés de garantir une couverture réciproque des séries contiguës de cinq jours [6] cependant il est arrivé parfois qu'on s'écarte de ce schéma à cause des interruptions inévitables.

Les résultats pour chacune des huit ondes déterminées $(Q_1, \ 0_1, \ K_1, \ M_1, \ N_2, \ M_2, \ S_2 \ \text{et} \ \mu_2) \text{ sont donnés dans les tables 1, 2.}$ Les époques initiales des 83 séries réduites sont données dans ces tables.

Etant donné que la paire de clinomètres 08 et 09 n'a pas été soumise à l'étalonnage avant son installation à Soudievka on a craint que les résultats obtenus (tables 1-2) puissent renfermer des erreurs sensibles déterminées par le désaccord des valeurs réelles de la constante électrodynamique I_{Ω} et du courant I de leur impulsion de contrôle avec les valeurs du constructeur. Pour être sûr des résultats obtenus, les deux appareils et le pupitre de contrôle ont été étalonnés sur la plate-forme πΦH [1,7]à l'Institut de la Terre de l'Académie des Sciences d'URSS (Obninsk). En janvier 1974, cette paire a encore une fois été étalonnée sur la plate-forme clinométrique de l'Observatoire gravimétrique de Poltava de l'Académie des Sciences d'Ukraine [8]. La discussion des résultats des deux étalonnages en comparaison avec les résultats de l'étalonnage du constructeur (juillet 1963) a montré [9] que les valeurs γ obtenues pour les appareils 08 et 09 doivent être multipliées par les facteurs de correction:

$$K_{08} = 0,99924, K_{09} = 0,97721$$

Le facteur de correction pour l'appareil 08 est si voisin de l'unité qu'on peut ne pas en tenir compte. Cependant pour l'appareil 09 l'application de ce facteur est nécessaire.

Pour simplifier la procédure nous avons multiplié par le facteur $K_{\mbox{O}9}$ non pas chacune des valeurs γ (tables 1,2) mais seulement les valeurs moyennes de celles-ci (table 4).

L'obtention des moyennes vectorielles γ et x avec l'estimation de leur précision a été réalisée d'après le schéma recommandé dans le travail [6].

Les résultats sont donnés dans les tables 3 et 4 avec les erreurs quadratiques moyennes m_{i} .

La moyenne des résultats obtenus pour les appareils installés parallèlement a été faite en appliquant aux valeurs moyennes les poids $\mathbf{p_i}$ inversement proportionnels aux carrés des erreurs quadratiques moyennes correspondantes $\mathbf{m_i}$ d'après les formules

$$x_0 = \frac{x_1 m_1^2 + x_2 m_1^2}{m_1^2 + m_2^2} \qquad m_0 = \frac{m_1 m_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}$$

Valeurs γ et x à "Soudievka" (ondes diurnes)

Table 1

	i			masemannen ann ran dan eige			ymanus danus danus	
Début de	Q ₁		01		K ₁		M ₁ .	
la série t	γ	×	γ.	×	γ.	×	Υ	×

Composante NS (appareil 08)

71031100 71040500 71043000 71052500 71061900 71071400 71080800 71081800 7110200 711122000 72031600 72041000 72071900 72071900 72081300 72081300 72090700	536155584881881899942882633661558488148818869942882633661558488818888998999999999999999999999999	+29°,30 -153,00 -52,16 -118,51 +420,92 -217,78 -177,79 -1102,89 +35,66 +3,99 +20,36 +3106,69 +90,36 +111,69 -90,36 +111,69 +80,05	77725288897536689577725288884995975906559818814900000000000000000000000000000000	100 340 4470 529 529 529 6470 6529 6529 6529 6529 6529 6529 6529 6529	0,099624997227958282829722795828282535899100000000000000000000000000000000000	487 429849 429849 429849 429849 429849 4466016 5500945555063 475562 47	17.58 17.58 17.58 17.59 17
72090700 72100200 72102700 72112100	I,156 0,221 2,498 I,345	- 9,04 + 80,05 + 65,95 + 37,34	0,974 0,890 0,663 0,861	+ 1,50 +28,59 +32,54	0,495 0,309 0,711 0,632	- 1,31 2,506 +14,21 3,666 +13,15 3,427	- 85,75 + 0,47 + 91,98

							political disease disease on the second	
Début de la série t		Q ₁		01		1	٢	1
10 961 18 0	Υ	×	Υ	×	Υ	×	Υ	. X . (2
		Composa	ante NS	6 (appar	eil 57)	areastempiatuma terminaria proportioni en escala e		egg and produces a
71100200 71102700 71102700 71112100 7112200 72031600 72031600 72050500 72050500 72062400 72071900 72071900 72090700 72111100 73021800 73032500 73041900 73051400 73060800 73070300 73070300	1.702 702 702 11.875 81	* 144,7,890 8,434,0436 1127,898 831,4063 1127,898 1127,499 1127,49	0,462 1,003 1,695 1,003 1,695 1,003 1,695 1,003	467467641803885488922254 0,8235488379,4242326207 6655179969476245115 120 120 120 120 120 120 120 120 120 120	1,000 2576677 2576677 2576677 25885832 2058844235 2070 2000 2000 2000 2000 2000 2000 200	+ 3,32 +30,131 +21,302 +18,87 +18,87 +17,712 +10,82 +52,22 +66,22 +52,46 +84,17 +70,82 +10,82	5696945841223162450 5696945841223162450 5696945841223162450 56969458458450	+141, 426, 485, 481, 410, 410, 410, 410, 410, 410, 410, 41
		Composa	nte EW	(appare	il 09)			
71022000 71031700 71041100 71053100 71062500 71072000 71081400 71090800 71102700 71112100 71120200 72031600 72041000 72070500 72070500 72070900 72090700 72102700 72102700 72102700 72102700 72102700 72112100	0.6482179908116623271990117.6691792335 0.6482179908117021792065566 0.659669920335	- 40°6337 - 444°872 + 444°872 + 123°738 + 123°738 + 123°738 + 123°738 - 14°635 - 151°804 + 238°738 - 151°804 -	0,688,988,600,700,665,675,766,757,667,675,665,675,675,675	+ 488 + 143,886 + 143,487 + 143,487 + 143,487 + 159,29 + 2075 158660066 119,614 + 110,21 + 110,21 + 119,81 + 119,8	95483115070 956828167212851276235 9678787212851276235 9678787851276235 967877751480310 96787776779991 9678776235	3442242143220023392 3525 34422421432202244224 1442242144322022444234627	89914058833567924455	- 52 1 4 80 9 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1
		Composa	inte EW	(appare	eil 66)			
71101300 71102700 71112100 711120200 72031300 72041000 72055500 72053000 72053000 72062400 72071900 72081300 72090700 72111100 73021800 73032500 73041900	1,100,000,000,000,000,000,000,000,000,0	90656 44,916 47,936 47,936 47,938 1225,938 121,938 121,938 121,938 121,938 133,938 14,242 14,	31446973443276061139 8579391048368061139 975555666664757	0.000000000000000000000000000000000000	0,721 0,721	+8,473 +0,473 +0,473 +0,473 +0,673 -1273,775 +19,775 +19,775 +19,775 +7,775 +7,775 +7,775 +0,000	2,707 1,707 2,694 1,831 2,481 3,607 1,938 1,607 1,524 1,283 1,037 1,283	99388285100021

Début de l	a série t		² 1	C	1		< ₁	M	1
		Υ	×	Υ	×	Υ	×	Υ	×
	C	Compos	ante NS	appa (appa	reil (D8)			
	71031100 71040500 71040500 71052500 71051900 71071400 71080800 71100200 71102700 71120200 71120200 72031600 72041000 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600 72070600	004149520639452720999500 9654362063945272099950 96654367775943670099950 966667777578786666768	0048124960094765183375555555555555555555555555555555555	3051129195223965613511 6666666666666666677 6666666666666666	4738775441275741477435 644887758441275741477435 0,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	1114118094195887388292748845756564449829274884498567566555575567	8913142945065797508947 71881142945065797508947 72962110412335600002200 7481465459	72732302451416114576817 9706673190245514161114576817 97067319974514161114576817 97067514110000000000000000000000000000000000	0490310024675334419133368899 420459378422955548899 42045829584229555 183551482295555
	(Compos	ante NS	S (appa	areil :	57)			
	71100200 71102700 71112100 711120200 72031600 72031600 72050500 7205000 72062400 72071900 72061300 72090700 72092900	80 66634 66638888 776587 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00	2.70.093300.66353415 0.70.93300.66353415 1.04.13301.0135.635 -++++++++++++++++++++++++++++++++++++	0,669 0,669 0,659 0,677 0,677 0,676	-0,8	0,65 0,65 0,75 0,75		0,811 0,6544664 1,382265 7 0,57437 0,572437 1,38226 1,	-76,661 -76,661 +17,661 +10,89,501 +20,89,501 +20,89,501 +37,601 +37,601

Début de la			91		⁰ 1		K ₁	ſ	^M 1
	• • • • • • • • • • • • • • • • • • •	Υ	×	Υ	×	Υ	×	Υ	×

Composante EW (appareil 09)

71022000 71031700 71041100 71050600 71053100 71062500 71072000 71081400 71100300 71102700 71112100 72031600 72041000 72053000 72070600 72071900 72081300 72090700	11193561103026820959885766787828887777886679182000000000000000000000000000000000000	3099027097684262700000000000000000000000000000000000	0,745 7,745 7,745 7,740	870407124142133522166145 0.53167124142133522166145 0.5316713686868481227166145 458284822188222166145 4+++++++++++++++++++++++++++++++++++	788 8787 8787 8787 8787 8774 8774 8774	488776740961464488833830557 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,	9330812267951644981223735973516449999388277359735164499993882	0.94577533150935755228880519 0.8489733322651222152252155 0.8489733322651222152252155 0.8489733322651222152252155 0.8489733322651222152252155 0.8489733322651222152252155 0.8489733322651222152252155 0.8489733322651222152252155 0.8489733322651222152252155 0.84897333226512221522522525 0.84897333226512221522525 0.848973332265122215225 0.848973332265122215225 0.8489733322651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.8489733322265122215225225 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.84897333222651222155 0.8489733322651222155 0.8489733222651222155 0.8489733222651222155 0.84897332226512222155 0.848973322651222155 0.848973322651222155 0.8489733226512222155 0.84897332265122215 0.848973322651222215 0.84897322651222225 0.84897322651222215 0.84897322651222215 0.84897322651222215 0.8489732651222215 0.8489732651222215 0.8489732651222215 0.848973222222222222222222222222222222222222
72100200	0,647	+ 0,62	0,715	+4,0I (0,806	- 6,30	0,713	-21,35
72102700	0,646	- 2,26	0,720	+4,74 (0,779	- 4,35	0,388	+55,71
72112100	0,745	- 3,6I	0,736	+2,45 (0,757	-10,57	0,572	+ 5,49

Composante EW (appareil 66)

Par \mathbf{x}_i on entend n'importe laquelle des deux valeurs moyennées (γ et x). Les résultats de cette moyenne (donnée dans les tables 3 et 4 caractérisent les inclinaisons de marées de la surface de la Terre à "Soudievka" en composantes NS et EW.

La précision de la détermination des valeurs définitives γ et x d'après la première série des observations clinométriques à Soudievka était comme on le constate par les tables 3 et 4 suffisamment élevée. Par conséquent, l'erreur relative de la détermination des paramètres caractérisant l'onde semi-diurne principale M₂ pour les deux composantes (NS et EW) ne dépasse pas ± 0,25%. C'est sans aucun doute la plus haute précision que nous ayons atteinte lors de la détermination des ondes de marées terrestres dans n'importe quel point du profil clinométrique de Soumi-Kherson. On ne peut s'empêcher de noter que non seulement les petites valeurs des erreurs quadratiques moyennes peuvent servir de base pour l'assurance d'une grande précision des résultats obtenus à Soudievka mais aussi que pour obtenir ces résultats on a utilisé deux paires d'appareils installés parallèlement en excellent accord.

 $\frac{\text{Table 3}}{\text{Valeurs moyennes } \gamma \text{ et x à "Soudievka"}}$ Composante NS

Consumentation							
Onde	H _T ,		Υ			×	
Continue Continue	M. Sec. d'arc	App.08 n = 22	App. 57 n = 21	moyenne	App. 08	App. 57 n = 21	-
Q ₁	0,1912	I,0457 ±'2783	0,6894 ± 2390	0,8406 ± 1813	- 1°68 ±15,33	+ 2080 ±16,76	+ 0°36 +11,31
0,	0,9983	0,7570 ± 0423	0,766I + 0470	0,76II ± 3I4	+12.92 ± 4,68	+ 1,38 + 5,70	+ 8,27 + 3,6I
K1	1,4041	0,7522 ± 0790	0,8625 ± 1006	0,7943 ± 62I	+33,3I ± 5,80	+20,I3 ± 6,57	+27,54 ± 4,35
M_{7}	0,0785	I,I2I3 ±'8947	0,8I20 ±,8989	0,9674 ± 634I	-134,63 ±45,85	+133,61 ±64,57	-44,72 ±37,39
N_2	1,4940	0;6889 ± 0152	°0,69I3 ±°0I45	0,6902 ± 105	+ 2,37 ± 96	+ 0,4I + 8I	+ I,23 ± 0,62
M2	7,8026	0,6798 ± 0022	0,6784 ± 0020	0,6790 ± 15	- 0,57 ± 30	- I,4I + 24	- 1,08 ± 19
S_{Z}	3,6300	0,6446 ± 0097	0,6890 ±'0118	0,5625 ± 75	- 2,22 ± 70	- 4,16 ± 89	= 2,96 ± 55
J12	0,2387	0,74I2 ±'0576	0,7039 ± 0577	0,7226 ± 408	+ 3,16 ± 7,87	- 6,49 ± 7,7I	- I,76 + 5,51

 $\frac{\text{Table 4}}{\text{Valeurs moyennes } \gamma \text{ et x à "Soudievka"}}$ Composante EW

Onde	H ₊ ,	Υ		in the difference of the call of the collection of the call of	×
onde	M. Sec. d'arc	app.09 avant cor. Corrigé	App.66 moyenne		App.09 App.66 Moyenne n=23 n=17
Qq	0,9485	0,707I 0,69I0 + 774 + 756	0,7262 <u>+</u> 1088	0,7025 ± 62I	$+10^{0}95$ $-4^{0}02$ $+3^{0}01$ $+6,82$ $+6,42$ $+4,67$
04	4,9516	0,6634 0,6483 ± 148 ± 145	0,6382 ± 205	0,6449 ± 118	+ 2,33
M	6,9649	0,770I 0,7526 ± 232 ± 227	0,7870 ± 302	0,7650 ± 181	- 0,15 - 1,53 - 0,69 ± 2,33 + 2,90 + 1,82
Mg	0,3892	0,2905 0,2839 ±'2414 ± 2359	0,1708 ± 3210	0,2442 ± 1901	+25,05 -141,57 -9,43 +52,77 +103,30 +47,00
N2	1,9650	0,7332 0,7165 ± 164 ± 160	0,727I ± 153	0,7220 ± III	+ 2,36 + 1,86 + 2,14 + 1,13 + 1,28 + 0,85
M_2	10,2625	0,7331 0,7164 ± 23 ± 22	0,7176 ± 23	0,7170 ± 16	+ 3,53 + 3,94 + 3,80 ± 28 ± 20 ± 16
\$2	4,7744	0,8180 0,7994 ± 138 ± 135	0,9013 ± 198	0,8317 ± II2	- 7,26 - 7,7I - 7,50 ± 97 ± 89 ± 0,65
<i>j</i> ¥2	0,3140	0,6804 0,6649 ± 792 ± 774	0,6835 ± 758	0,6744 ± 542	+12,40 -5,00 + 9.05 +5,46 +11,18 + 4,91

La précision de la détermination des autres ondes est sensiblement plus basse. Elle dépend de l'amplitude de l'onde concernée. Les résultats obtenus pour les ondes diurnes en composante NS (table 3) illustrent ceci, mais la précision de la détermination de γ pour les ondes O₁ et K₁ est acceptable pour la poursuite à la discussion d'après l'estimation de l'authenticité des différents modèles de structure de la Terre envisagée dans la théorie actuelle des marées terrestres. Pour la composante EW, la précision des résultats obtenus pour ces deux ondes diurnes est sensiblement plus élevée (l'erreur relative ne dépasse pas 2,5%).

Par la comparaison des valeurs γ obtenues d'après les trois ondes semi-diurnes les plus importantes $(N_2,\ M_2\ et\ S_2)$ pour les directions NS et EW, on peut tirer la conclusion que pour à Soudievka comme pour la plupart des autres points du profil clinométrique de Soumi-Kherson, l'inégalité azimuthale γNS < γEW est caractéristique.

BIBLIOGRAPHIE

OSTROVSKII A.E.
 Etude des marées terrestres,

2 M. Edit. Ac. des Sc. URSS 1961

2. MATVEYEV P.S., OSTROVSKII A.E., GOLOUBITSKII V.G., BOGDAN I. You., DOUBIK B.S.

Rotation et déformations de marées de la Terre Publ. S.K. "Naoukova Doumka" 1973

3. MATVEYEV P.S., BOGDAN I. You.
Marées terrestres
K. "Naoukova Doumka" 1966

4. MATVEYEV P.S.
Marées terrestres, Kiev,
"Naoukova Doumka" 1966

5. KORBA S.N.
Rotation et déformations de marées de la Terre
Publ. 5, K. "Naoukova Doumka" 1973

6. MATVEYEV P.S.
Trav. de l'Observ. grav. Poltava T.12
K. Edit. Ac. des Sc. Ukraine 1963

7. OKHOTSIMSKAYA M.V., KHOROMSKII A.V.

Observations géophysiques complexes à Obninsk N°1

Obninsk, 1970

8. GOLOUBITSKII V.G., KOUTNII A.M.

Rotation et déformations de marées de la Terre
Publ. 5 K. "Naoukova Doumka" 1973

9. GOLOUBITSKII V.G., KOUTNII A.M., BALENKO V.G., BOGDAN I. You., BAGMET A.D. Ce livre p.55

DEFORMATIONS DE MAREES ET LENTES DE L'ECORCE TERRESTRE D'APRES LES

DONNEES DES OBSERVATIONS EXTENSOMETRIQUES

A INKERMAN (CRIMEE)

V.G. Boulatsen

Rotation et déformation de marées de la Terre - VII pp9-15 1975

Dans cet article nous donnons le résultat de l'analyse des déformations de marées linéaires obtenues au point géophysique "Inkerman" à l'aide de l'extensomètre horizontal à quartz construit et fabriqué à l'observatoire gravimétrique de Poltava [2, 3, 4].

Les données analysées dans ce travail couvrent une durée de 2,7 ans (août 1969 à avril 1972) dont on a formé 25 séries mensuelles d'enregistrement optique et 20 séries d'enregistrement photoélectrique. Presque toutes les séries sont indépendantes ou faiblement dépendantes. L'analyse harmonique Lecolazet a été faite sur E.V.M. (Table 1)

L'estimation de la précision a été faite en tenant compte de l'erreur d'étalonnage de l'appareil et des erreurs calculées d'après les variations des différences des déformations d'observations et théoriques ce qui découle de la particularité de la méthode d'analyse de R. Lecolazet. Les différences pour chaque série étaient composées de la façon suivante:

$$\Delta_{n} = A_{n}^{\text{observ}} - A_{n}^{\text{theor}} \xi_{i}, \qquad (1)$$

où ξ_{i} caractérise le degré de variation de l'amplitude observée en comparaison avec la valeur théorique.

Résultats de l'analyse harmonique et estimation de la précision des caractéristiques d'amplitude et de phase de la déformation de marée linéaire d'après les observations à Inkerman. Table 1

	2	Σ 2	s ₂		N ₂	2	7		0	
	Enregist, photo- électr.	Enregistr Optique	Enregist, photo- électr.	Enregistr Optique	,Enregist photo- électr.	Enregist Optique	Enregist photo- électr.		Enregistenregist Optique photo-Optique	Enregist. Optique
Amplitudes moyennes (en 10 ⁻⁸)	0.827	0.801	0.440	0.422	0.155	0.159	0.297	0.278	0.277	0.265
Erreurs quadrat. moyennes (en%): d'après les différences des	⊕	9 -1	+ 2°7	+1 \(\rangle \)	+ + 2	യ ന + 1	+ 1 2 4.	+ 1 2 4	+1 4 6	+ 1 \(\int_{\alpha}\)
derormations observees et theoriques en tenant compte de l'erreur d'étalonnage.	- + 2 ° 2	+1	+1 & 4	+ I	+1	4.	+ 0 .7	با ش 4	+ 4.7	+ 4 .5
Amplitudes moyennes venant de deux enregistrements.		0.813		0.430		0.157		0,286		0.271
Erreurs quadratiques moyennes	et Catalognorian hereas seguine seguine	+ 1 2 ° 2		+ 3 . 2		+ 1 8°		က က က		+1 6°
Déphasages (en degré)	+ 1.70	+ 2.30	-14.16	-13,16	3,86	4 2,83	- 5.64	- 7.07	+ 0.77	+ 2.79
Erreurs quadratiques moyennes	+ 0.57	+ 0.55	+ 2,17	+ 1.82	+ 2.85	+ 2,45	+ 5.32	+ 4.40	+ 2.85	3.05
Déphasages moyens provenant des deux enregistrements	PROGRAMMENT who a scholar	+ 2.01		-13.57		+ 3,27		- 6,49		+1.27
Erreurs quadratiques moyennes		+ 0.40		+ 1,39		1,86		60° 80° 90°		+ 2.08

Les amplitudes théoriques et les phases ont été calculées en prenant dans les expressions des équations homologues pour chaque époque centrale des séries analysées les valeurs de ℓ et h correspondant au troisième modèle de Molodenski (5).

En comparant les valeurs des déformations obtenues pour les deux types d'enregistrements (table 1) il est simple de constater qu'elles concordent de façon satisfaisante. Leurs différences se trouvent pour la plupart des ondes dans les limites des erreurs. Il n'y a que les données pour l'onde M2 qui montrent qu'il existe une petite divergence systématique entre les résultats en enregistrement photoélectrique et optique; elle se trouve cependant dans les limites de l'erreur de détermination de la sensibilité de l'appareil (2%). En ce qui concerne la phase il convient de noter une bonne concordance des résultats pour les deux enregistrements.

Les erreurs quadratiques moyennes des amplitudes observées par enregistrements optique et photoélectrique (pour toutes les ondes principales) sont voisines (table 1) bien que la sensibilité en enregistrement photoélectrique soit d'un ordre plus élevé qu'en enregistrement optique. Cela s'explique par le fait que les deux enregistrements dépendent d'une bille dans l'équipement à torsion. C'est pourquoi il est utile avec ce procédé d'enregistrement de tendre à une augmentation de l'agrandissement photoélectrique.

La précision d'étalonnage servira de critère pour trouver l'agrandissement optimal du transformateur photographique.

Les résultats de l'analyse harmonique permettent également d'estimer la stabilité des caractéristiques de phase de la déformation de marée observée sur la durée de la période analysée. Nous constatons dans la table 2 que les valeurs des constantes harmoniques trouvées d'après les observations avec les trois billes différant aussi bien comme valeur de diamètre que comme microstructure s'accordent dans les limites des erreurs.

Table 2

Comparaison des déformations obtenues d'après les observations avec les billes de différant diamètre (enregistrement optique onde ${\rm M_2}$)

numéro de la série	Diamètre de la bille, mm	Amplitude 10 ⁻⁸	Δφ degré
I-5	I.475	0.802	+3.86
		+ 14	<u>÷</u> 1.26
6-II	0.979	0.815	+3.18
		± 14	<u>÷</u> 0.94
12-25	0.687	0.793	+1.37
		+ 6	<u>÷</u> 0.66

La convergence des caractéristiques d'amplitude et de phases de la déformation observée d'après les enregistrements photoélectriques et optique et également d'après les observations avec différentes billes montre d'abord l'absence d'erreurs systématiques dans la détermination de l'échelle d'enregistrement et permet ensuite de tirer une conclusion sur le fait que la sensibilité de l'extensomètre avec un transformateur du type à torsion (en enregistrement optique) peut être trouvée avec une précision d'au:moins 2% par le procédé de calcul d'après la formule

$$d = \frac{2Ls}{D} \tag{2}$$

où D est le diamètre de la bille, L est le levier optique, d est l'écart du trait lumineux sur l'enregistrement, S est le déplacement du sol. La pureté des surfaces de travail du transformateur ne doit pas être moins que la classe 13 mais toutes les valeurs entrant dans la formule (2) sont connues avec une erreur ne dépassant pas 0,2 à 0,3 %. Ce procédé de détermination de l'échelle d'enregistrement élimine la nécessité du générateur gradué ce qui simplifie la réalisation des observations. Nous avons calculé les paramètres de Shida L et Love h d'après les relations des déformations pour les ondes M_2 et O_1 :

$$\ell = 0.0738 \pm 0.0023$$

 $h = 0.4391 + 0.0094$ (3)

et d'après les relations de déformations pour les ondes ${\rm M_2}$ et ${\rm K_4}$ après élimination des valeurs h/L de l'onde annuelle

0,85 cos(30°t + 25°1)

$$\pm$$
 10 \pm 5,3
 ℓ = 0.0801 \pm 0.0025
 h = 0.4393 + 0.0092

La petite divergence entre (3) et (4) témoigne du régime météorologique satisfaisant des observations dans notre station.

Cela est confirmé aussi par les résultats de la séparation du groupe $K_1P_1S_1$. En effet, l'amplitude de l'onde de marée météorologique S_1 était égale à 0,010 \pm 0,001, MKM. Les caractéristiques quantitatives sûres de la déformation de marée linéaire à "Inkerman" peuvent être obtenues d'après les ondes lunaires qui diffèrent avantageusement par leur fréquence des influences perturbatrices de caractère diurne.

L'interprétation géophysique des résultats est en relation avec l'évaluation des sources de perturbations et en premier lieu celles dont l'influence a une nature systématique. Cela se rapporte avant tout à l'influence des effets indirects et avant tout de la zone voisine c'est à dire des marées de la mer Noire.

Puisqu'il n'y a pas de cartes cotidales de cette région nous avons essayé de trouver la valeur approximative de la correction à la déformation enregistrée par l'extensomètre à cause de l'influence des marées de la mer Noire. En prenant la formule d'Ozawa [11] basée sur la solution du problème de Boussinesq, on a obtenu que la limite supérieure de cette correction dans la déformation $\rm M_2$ est égale à 1.3% de la déformation théorique. La correction dans la déformation à la

fréquence de l'onde O_4 est presque trois fois plus petite.

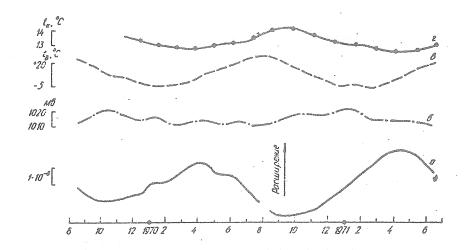
La correction due aux marées océaniques lointaines est également apparemment dans les limites de la précision de nos observations $[\,6\,]$.

La cause de grande diminution de la valeur h réside le plus probablement dans les perturbations des tensions de marées des couches supérieures de la Terre provoquées par les particularités tectoniques de la structure de l'écorce terrestre dans les régions contigües au site d'observation. En effet, la station extensométrique se trouve près de la limite nord du bloc formé par des perturbations profondes de l'écorce terrestre; la zone de la fracture prémontagneuse de Crimée - Caucase tectoniquement active passe à peu près de 1 à 3 Km au nord d'Inkerman [7,8].

On peut encore indiquer une cause de la diminution de la déformation de marée observée ayant un caractère purement local appelé effet local et consistant dans la possibilité d'une perturbation de la composition de tension des roches montagneuses par les excavations près du lieu d'installation de l'extensomètre. Ces derniers temps, certains géophysiciens ont [12-13] montré la probabilité d'une influence importante de cet effet sur les indications des appareils enregistreurs de marées.

Les variations de température dans son cycle annuel pénètrent le sol a une profondeur de 25m et les déformations qu'elles engendrent dans les couches supérieures de l'écorce atteignent des profondeurs sensiblement plus grandes. Dans l'allure annuelle de la déformation enregistrée par l'extensomètre participent, outre les variations de la température extérieure, les autres facteurs météorologiques - variations de la pression atmosphérique, de la température de l'air dans la salle d'observation, de la température des roches entourant les appareils et

également les causes de caractère instrumental. Sous les aspects extensométriques comme d'ailleurs sous d'autres aspects des observations de marées les déformations saisonnières des couches de surface s'expriment par l'apparition de l'onde annuelle dans le mouvement de la dérive de l'appareil.



Courbe de dérive:

a-dérive, b-variation de pression, c-variation de la température extérieure, d-variation de la température dans la salle.

Nous avons construit la courbe de la dérive par moyennes des ordonnées horaires sur des intervalles de cinq jours (dessin). Pour cela on n'a pris que les données en enregistrement optique pour lequel on avait des observations de deux ans presque ininterrompues.

Nous représenterons l'ordonnée de la courbe de la dérive se rapportant au milieu de chaque mois par:

$$a + bt + R \cos(30^{\circ}t + \phi),$$
 (5)

R est l'amplitude de l'onde annuelle et ϕ est sa phase.

Le système de 22 équations du type (5) a été résolu par moindres carrés. L'onde annuelle est l'amplitude en MKM).

Pour expliquer l'influence des facteurs météorologiques sur cette onde nous nous servirons des expressions obtenues de façon analogue (6):

pression atmosphérique (amplitude en mbar)

La différence des phases dans la température extérieure de l'air et de la dérive est de 3,5 mois (retard de la déformation saisonnière). Les extrêmes de l'onde annuelle dans la dérive se produisent dans les périodes du printemps et d'automne. Ceci se présente aussi dans d'autres stations extensométriques, par exemple à Dalton (Amérique du Nord) [14] Freiberg - Saxe (Europe de l'ouest) [15].

Cela montre que la cause de la périodicité annuelle dans les déformations sont les variations saisonnières de la température extérieure propres à tout l'hémisphère nord de la Terre, ce qui à son tour est confirmé par les données des observations clinométriques [9-10].

En comparant les expressions des ondes annuelles dans la dérive (6) et dans la température de l'air de la salle (9) nous voyons que les phases de ces ondes diffèrent presque d'une demi-année. Autrement dit, pour une température maximale du local l'appareil a enregistré un aplatissement maximum du sol. Cela montre que l'onde annuelle dans la déformation ne dépend pas de l'effet sur l'appareil de la température du milieu ambiant. La correction dans la dérive des variations de température de la tige en quartz est en tout de 2,8 mkm, et son amplitude totale en tenant compte de cette correction est de 18,6 mkm.

Le problème des déformations thermiques de la base de l'appareil reste inexpliqué puisque les variations de la température des roches entourant l'extensomètre ne sont pas connues. Mais si on suppose qu'elles sont égales aux variations de la température de l'air dans la salle alors au maximum de température du local l'appareil enregistrerait le maximum d'extension du sol avec une amplitude de plus de 40 mkm.

En effet, à cette période correspond comme nous l'avons déjà vu le maximum d'aplatissement avec une amplitude de $15.8~\mathrm{mkm}$.

Nous montrerons maintenant qu'on peut négliger l'influence des variations saisonnières de la pression atmosphérique sur la formation du mouvement annuel de la dérive dans les conditions d'observations à Inkerman. Les expressions (6) et (8) montrent que la différence des phases des ondes annuelles dans la dérive et de la pression est environ de 4,5 mois et l'amplitude de cette dernière est égale à 3,4 Mh.

On peut déterminer la valeur de la déformation barique de la tige de quartz en utilisant la relation connue de la physique caractérisant l'aplatissement du corps sous l'effet de la pression. Il est simple de montrer que la variation de l'amplitude de l'enregistrement s'exprime dans ce cas par:

$$y = \frac{VLp}{3K} \tag{10}$$

où V est l'augmentation du début de l'enregistrement, L est la longueur de la tige, K est le module de compressibilité du matériau constituant la tige, p est la variation de la pression. Dans notre cas, un écart de l'allure de la dérive ne dépassant pas 0,1 mkm doit correspondre à la variation de la pression de l'air de 3,4 mb.

Pour évaluer la déformation barique du sol nous nous servirons de la valeur de la variation barique maximale d'une partie de la surface de la Terre d'une longueur d'un degré. Conformément aux tables données dans [16], pour une variation de pression de 10^6 dynes/cm 2 la surface d'un degré doit changer sa longueur de 20mm.

Dans notre cas, au moment de la variation de pression de 3,4 mb le déplacement sur la base de l'extensomètre d'Inkerman est environ de 0,01 MKM.

Ainsi, malgré l'influence complexe sur la déformation saisonnière de la température du local, de la température extérieure de l'air et de la pression, la partie principale de la déformation annuelle dans les conditions d'observations d'Inkerman est due à la transmission des tensions thermo-élastiques des couches de surface sur la profondeur de la salle.

En ce qui concerne l'allure "séculaire" de la déformation, sa valeur sur un intervalle de deux ans est dans les límites des erreurs d'observations.

Conclusions.

- 1. Le nombre de Shida l égal à 0,0738 ± 0,0023 calculé d'après les observations de marées extensométriques se trouve dans les limites de ses valeurs théoriques et le nombre de Love h égal à 0,4391 ± 0,0094 est diminué par rapport à la théorie et aux valeurs obtenues par les observations gravimétriques et clinométriques. Ces valeurs sont caractérisées par des erreurs correspondant à la précision d'étalonnage de l'extensomètre (2%).
- 2. La diminution de la déformation de marée linéaire observée en comparaison avec la valeur théorique et également l'avance de phase peut être expliquée par la perturbation des tensions de marées, par les perturbations dues aux fractures de l'écorce terrestre dans la région des observations et également par les particularités locales de la station (excavations rocheuses).

- 3. La longue exploitation de l'extensomètre fabriqué à l'observatoire gravimétrique de Poltava a montré que cet appareil convient aussi bien pour les observations de déformations de marées que pour l'enregistrement des mouvements quasi tectoniques de l'écorce terrestre.
- 4. Avec une haute qualité de pureté des surfaces du transformateur à torsion la sensibilité de l'extensomètre peut être obtenue d'après l'enregistrement optique avec une erreur ne dépassant pas 2%.

Bibliographie

1. BOULATSEN V.G. OVTCHINNIKOV V.A.

Le déformographe expérimental de l'observatoire gravimétrique de Poltava.

Rotation et déformations de marées de la Terre.

Publ. I.K. "Naoukova Doumka" 1970.

2. BOULATSEN V.G.

Résultats préliminaires des observations des déformations de marées linéaires en Crimée.

Rotation et déformations de marées de la Terre. Publ. 4.K., "Naoukova Doumka" 1972.

3. BOULATSEN V.G. TOKAR V.Y.

Résultats des observations de marées extensométriques en Crimée. Rotation et déformations de marées de la Terre.

Publ. 6.K. "Naoukova Doumka" 1974.

4. BOULATSEN V.G.

Etalonnage et sensibilité des extensomètres en quartz à tige avec un transformateur du type à torsion.

Rotation et déformations de marées de la Terre.

Publ. 6.K. "Naoukova Doumka" 1974.

5. MOLODENSKII M.S. KRAMER M.V.

Marées terrestres et nutation de la Terre. M. Edit. Ac. des Sc. URSS 1961

6. PERTSEV B.P.

Estimation de l'influence des marées océaniques sur les marées terrestres en des points éloignés des océans.

Marées terrestres et structure interne de la Terre. M. "Naouka" 1967

7. LEBEDIEV T.S.

Zone des fractures profondes principales de la région des mers Noire et d'Azov. Structure des provinces pétrolifères et gazifères d'après les données géophysiques.

Géophys. Publ. 3 (14) K. "Naoukova Doumka" 1965

8. KOVALEVSKII S.A.

Fracture profonde moyenne de la prequ'île de Crimée. Dan. URSS H. 162, N°4 1965

9. OURASSINA Y.A.

Observations des inclinaisons à l'observatoire astronomique Engelhardt. Symposium sur l'échange d'essai d'observations clinométriques et sur l'examen critique de leur sens physique 1969.

10. BALENKO V.G. KOUTNII A.M. NOVIKOVA A.N. ALEXANDROV Y.M.

Observations clinométriques dans la mine N°1 "Artemsol"

Rotation et déformations de marées de la Terre Publ.4 K. "Naoukova Doumka"

1972

11. OZAWA I.

Study on elastic strain of the ground in Earth tides.-Dis. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., N 15, 1957.

12. KING G.C.P., BILHAM R.G.

Tidal tilt measurement in Europa. - Nature, v. 243, 1973.

13. BAKER T.F., LENNON G.W.

Tidal tilt anomalies. - Nature, v. 243, 1973.

14. BENIOFF H.

Fused-quartz extensometer for secular, tidal and seismic strains. Bull. Geol. Soc. Am., v. 70, N3, 1959

15. HIERSEMANN L..

Fortlaufende Aufzeichnung fon Bodenbewegungen durch ein Strainseismometer. Freiberger Forschungshefte, C 135, 1962.

16. SLICHTER L.B., CAPUTO M.

Deformation of the Earth-model by surface pressures. - BIM, N22, 1960.

Traduction

INCLINAISONS DE LA SURFACE DE LA TERRE A INKERMAN

I.A. Ditchko, V.I. Tokar

Rotation et déformations de marées de la Terre VII pp 30 - 31 1975

Pour l'étude du mouvement de l'écorce terrestre et la solution d'autres problèmes géophysiques on crée ces dernières années des polygones spéciaux où pendant plusieurs années se font des recherches complexes géologiques et géophysiques. Un de ces polygones créés en URSS est le polygone pour l'étude de la dépression de la Mer Noire et des régions contigües [1]. Participant aux travaux dans ce polygone les chercheurs de l'Observatoire gravimétrique de Poltava ont réalisé des observations clinométriques à Simféropol [2] et à Inkerman [3], des observations gravimétriques de marées à Simféropol, Yalta [4] et Bakhtchisaraï [5] et également des observations extensométriques à Inkerman [6]. Les résultats préliminaires et les conditions des observations des inclinaisons de marées à Inkerman sont publiées en [3] nous rappellerons que les observations ont été faites avec les pendules Repsold-Lévitskii. Les périodes des pendules et la sensibilité de l'enregistrement sont donnés dans la table 1.

La grande humidité dans la salle était la cause principale de longues et fréquentes interruptions dans l'enregistrement bien que d'autres facteurs aient favorisé les observations (dérive régulière et peu importante, le petit niveau de bruit, la profondeur suffisamment grande et l'éloignement de la salle des observations de l'entrée de la mine).

Table 1

Sensibilité de l'enregistrement clinométrique à Inkerman

(x = 354°46	D		α = 84°43	,
Date	Période	Sensibilité sec. d'arc / mm	Date	Période	Sensibilité Sec. d'arc / mm
22.y 1967 r. 15.y1 21.y1 6.y 1969 r. 12.y 18.y 24.y 24.y 5.y1	2228909800 44188898699	0,00867 C,00867 C,00867 C,01773 C,01761 O,01749 O,01749 C,01749 C,01749	22.y 67 r. 15.yi 21.yi 30.iv 69 r. 6.y 12.y 18.y 24.y 5.yi 11.yi 18.yi	454.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4.4	0,00866 0,00910 0,00347 0,00980 0,00980 0,00970 0,00980 0,00980 0,00948 0,00948 0,01170

L'azimut astronomique est compté depuis le sud par l'ouest. Etant donné que les données de l'enregistrement représentant des petits morceaux séparés dans le temps avec des interruptions, on n'a réussi à choisir parmi les observations de novembre 1966 à juillet 1969 que quatre séries mensuelles dans chacun des deux azimuts.

Les résultats de l'analyse d'après la méthode de P.S. Matveyev [7] sont donnés à la table 2. Jusqu'à un certain degré la précision des résultats donnés se caractérise par leur divergence, cependant des erreurs systématiques sont possibles principalement dues à l'erreur de détermination de l'azimut et des constantes du pendule.

L'estimation approximative de la valeur de ces erreurs indique qu'elles peuvent atteindre 4%. Pour obtenir des caractéristiques plus sûres des inclinaisons de marées il faut faire des observations réitératives.

Début de la série	01	K ₁	N ₂	M ₂	s ₂
	γ ×	γ	γ ×	γ	×

Azimut des inclinaisons $\alpha = 84^{\circ}43'$

Le signe "plus" pour la valeur x correspond au retard.

L'inclinaison lente (composante linéaire de la dérive) et l'onde météorologique annuelle ont été déterminés d'après la méthode proposée dans le travail [8]. Les données utilisées englobent 46 différences de cinq jours des ordonnées Δy pour la composante d'azimut α = 354°43'. On a obtenu pour l'azimut 354°46'

$$\gamma = 0,20 \cos [\omega \Delta t + 147^{\circ}] - (3,51\pm0,44)t$$

+0,10 $\pm 28^{\circ}$

et pour l'azimut 84°43'

$$\gamma = 0,59 \cos [\omega \Delta t + 225^{\circ}] - (1,50 \pm 0,78)t.$$
 $\pm 0,18$
 $\pm 17^{\circ}$

Ici t est exprimé en années et Δt en parties d'année (ω =4°93). Pour les deux directions indiquées l'inclinaison lente totale à Inkerman est de 3"8 \pm 0"5 dans la direction nord-nord-est (azimut α = 199°). Il est possible qu'une partie soit provoquée par des effets instrumentaux.

Nous exprimons nos remerciements à P.S. Matveyev, A.M. Koutnii pour leur aide et leurs conseils et à S.N. Korba pour la réduction des observations sur E.V.M.

Bibliographie

- 1. ISOTOPOV A.A. ET AUTRES
 Bulletin géophysique n°12, 1962
- 2. TCHOUPROUNOVA O.V.
 Rotation et déformations de marées de la Terre,
 Publ. 1.K. "Naoukova Doumka" 1970
- 3. AKSENTIEVA ET AUTRES Rotation et déformations de marées de la Terre Publ. I.K. "Naoukova Doumka" 1970
- 4. KORBA R.S. KORBA S.N.
 Rotation et déformations de marées de la Terre.
 Publ. 4. K. "Naoukova Doumka" 1972
- 5. KORBA P.S.
 Rotation et déformations de marées de la Terre.
 Publ. 5.K. "Naoukova Doumka" 1973.
- 6. BDULATSEN V.G.

 Cette publication p.9
- 7. MATVEYEV P.S.

 Marées terrestres K. "Naoukova Doumka" 1966
- 8. BALENKO V.G. ET AUTRES
 Cette publication p.15

SUR LES OBSERVATIONS COMPARATIVES DES INCLINAISONS DE MAREES PAR LE CLINOMETRE VERTICAL "ASKANIA" ET PAR LES CLINOMETRES D'OSTROVSKII

Y.A. Chirokov, K.M. Anokhina

Rotation et déformations de marées de la Terre - VII - pp21-24 1975

En raison des particularités du pendule vertical on réalise à présent à l'Institut de Physique de la Terre de l'Académie des Sciences d'URSS des essais comparatifs du clinomètre "Askania" et du clinomètre Ostrovskii.

Dans une première étape on a étudié la stabilité des appareils installés dans des puits d'un diamètre de 400 mm et d'une profondeur de 2 m en observant toutes les exigences d'installation de l'un ou l'autre type [2]. La difficulté principale des observations était les inclinaisons de température diurnes et semi-diurnes.

Nous donnons dans la table 1 les valeurs γ pour la marée diurne et semi-diurne obtenues par les observations avec les deux appareils. Elles sont fortement perturbées particulièrement pour la marée diurne par l'influence des inclinaisons de température. On remarque que les résultats obtenus par l'appareil "Askania" sont sensiblement moins perturbés que pour le clinomètre Ostrovskii. Ceci s'explique apparemment par le fait que près de la surface de la Terre les inclinaisons thermiques périodiques exercent une influence moins perturbatrice sur la base de mesure orientée verticalement du clinomètre "Askania" que sur le pendule horizontal. Il est probable que pour cette raison le pendule

vertical "Askania" ait une meilleure stabilité relative lors des observations près de la surface de la Terre.

Dans la seconde étape des recherches nous avons appliqué pour l'installation des appareils, le système appelé galerie-puits, consistant en trois galeries-puits 1, 2, 3 et un puits profond 4 creusés et équipés au cours de 1972 à la station clinométrique "Polouchkino" près de Moscou (fig.1). La pente géologique à la station de "Polouchkino" se présente jusqu'à la profondeur de 30 m de l'épaisseur des dépôts sablo-argileux.

Les galeries-puits sont situés aux sommets du triangle rectangle ayant des côtés de 10, 10 et 15 m orientés N.S. et E.W. A la distance de 5 m des galeries-puits 2 et 3 se trouve le puits 4 qui a une profondeur de 50 m.

La galerie-puits consiste en une galerie d'une profondeur de 12 m et d'un puits creusé depuis le fond de la galerie jusqu'à la profondeur de 30 m. (figure 2). La galerie se présente comme un tube en béton armé avec un diamètre intérieur d'1m, s'appuyant sur une base de béton. L'orifice du puits s'élève au dessus de la base en béton de 0,5 m.

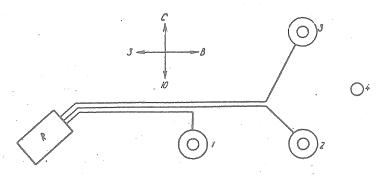


Fig. 1

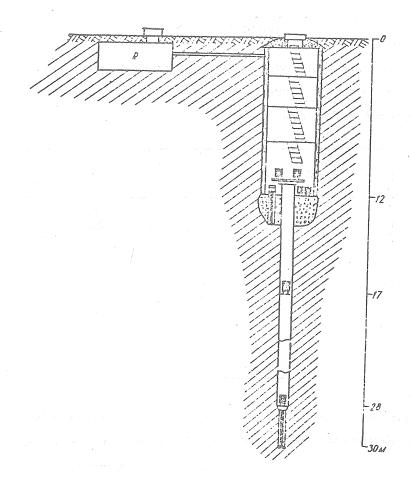


Fig. 2

Le tube en acier du puits a un diamètre intérieur de 300 mm.

Les points d'attache du tube sont soudés pour garantir l'herméticité et l'hydro-isolation. Le tube du puits est cimenté sur toute la profondeur; l'épaisseur de l'anneau de ciment est de 2 cm. Le puits se termine par une section spéciale pour l'installation aussi bien du clinomètre "Askania" que de l'appareil Ostrovskii. Sur l'orifice du puits est vissée une plaque en acier pour les deux clinomètres d'Ostrovskii. En outre, sur la base de la galerie est bétonnée une section d'appareil pour le pendule "Askania" et on a encore une surface pour l'installation des deux clinomètres d'Ostrovskii.

Table 1

Facteur d'amplitude de la marée diurne et semi-diurne de la marée γ d'après les observations à la profondeur de 2 m par le clinomètre vertical "Askania" (A) et le clinomètre Ostrovskii (O).

Azimut	Type de l'appareil	Ϋ́d	Ϋ́sd
N.S	0	2.411	1.200
N.S	A	0.836	0.526
E.W	0	1.788	0.766
E.W	A	0.468	0.724

Table 2

Facteur d'amplitude γ de la marée diurne et semi-diurne d'après les observations dans la galerie et le puits à la profondeur de 12 et 30 m par les clinomètres Ostrovskii (O) et par le clinomètre vertical "Askania" (A)

Profondeur H, m	Azimut	Type d'appareil	Υ _d	Y _{sd}
12	N.S	0	1.128	0.693
	E.W	0	1.186	0.868
30	N.S	. 0	0.813	0.714
	N.S	A	0.881	0.645
	E.W	Α	0.877	0.662

Dans la galerie-puits 1 3 on a envisagé également l'installation du clinomètre d'Ostrovskii à la profondeur de 17 m.

Dans le puits 4 destiné à la réalisation d'observations de longue durée on ne peut installer que le clinomètre "Askania" à la profondeur de 50 m.

Sur le fond de chaque galerie on a transmis et fixé avec la précision nécessaire les directions N.S. et E.W.
L'orientation azimutale de l'appareil "Askania" et des clinomètres Ostrovskii se fait avec une précision suffisante à l'aide d'un équipement spécial.

L'appareil d'enregistrement est disposé dans une salle souterraine éloignée des galeries de 10 à 15 m. On a amené dans la salle les lignes nécessaires d'alimentation électrique et aussi les câbles connectant les clinomètres et les thermographes.

Une grande quantité d'endroits permettent de faire des observations simultanées par six clinomètres "Askania" et par les appareils Ostrovskii dans les galeries et puits aux profondeurs de 12, 17, 30 et 50 m.

Jusqu'à présent on a réalisé et réduit partiellement les observations dans les galeries-mines. Pour expliquer les imperfections de ces observations il faut noter leur courte durée, l'imperfection technique et également la période défavorable de leur réalisation. Cependant malgré cela ces observations ont un intérêt certain pour la comparaison des résultats obtenus avec les appareils de différents types.

Nous donnons dans la table 2 les valeurs du facteur d'amplitude γ de la marée diurne et semi-diurne déterminées par les observations dans la galerie à la profondeur de 12 m et dans le puits à la profondeur de 30 m. On constate par la table 2 que l'influence des inclinaisons de température perturbant particulièrement fort la marée diurne diminue sensiblement à la profondeur de 30 m. Sont sensiblement plus faibles les valeurs de γ pour la marée semi-diurne dont la divergence maximale ne sort pas des limites de 0,64 à 0.87. La divergence de γ suivant les appareils de différents types à la profondeur de 30 m et dans l'azimut N.S. était de 0,07 soit environ 10% de la valeur absolue.

Tenant compte de la courte série des observations comparées et de faible précision de l'analyse appliquée on peut considérer que les valeurs γ de la marée semi-diurne correspondent de façon satisfaisante pour les clinomètres des deux types. Cela témoigne de la précision à peu près similaire des mesures par le clinomètre "Askania" et l'appareil Ostrovskii à la profondeur de 30 m.

Conclusion

- 1. Les observations comparatives à la profondeur de 2 m ont montré que le pendule vertical "Askania" garantit une meilleure stabilité que le pendule horizontal Ostrovskii.
- 2. Les résultats des observations dans le puits à la profondeur de 30 m, témoignent d'une précision à peu près semblable des appareils comparés.
- 3. On donne la description du système des observations des galeries-puits permettant d'effectuer des mesures de comparaison simultanées par le groupe de clinomètres "Askania" et des clinomètres Ostrovskii aux profondeurs de 12, 17, 30 et 50 m.

Bibliographie

- FLACH VON D., ROSENBACH O.
 Der Askania Bohrloch-Neigungsmesser (Gezeitenpendel) nach A. Graf auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe.
 Obs. Roy. Belg. BIM, 60, 2934, 1971
- FLACH VON D., ROSENBACH O., WILHEIM H.
 Untersuchungen des Askania Bohrloch-Neigungsmesser (Gezeitenpendel)
 nach A. Graf auf der Test-Station Zellerfeld-Mühlenhöhe.
 Obs. Roy. Belg. BIM, 60, 2944, 1971
- 3. OSTROVSKY A.K., MIRONOVA L.I. Inclinaisons de Marées de la surface de la Terre d'après les observations dans des puits voisins de Moscou Obs. Roy. Belg. BIM, 60, 2923, 1971.

Traduction

DU PROBLEME DE LA REDUCTION DES OBSERVATIONS DES MAREES TERRESTRES

V.G. Balenko, P.S. Korba

Rotation et déformations de marées de la Terre, pp 58 - 62, VII - 1975

Le choix d'une méthode optimale d'analyse harmonique des observations de marées terrestres est étroitement lié à la précision de la mesure de la sensibilité des appareils enregistreurs de marées et le niveau de bruit dans l'enregistrement.

L'étalonnage des clinomètres s'effectue de la façon la plus sûre à l'aide de plate-formes spéciales avec un générateur interférométrique sur des angles de l'inclinaison de l'ordre de l'amplitude de la marée [1].

L'erreur de mesure de ces angles est à présent de 0,3 à 0,5%. Les recherches faites à l'Institut de Physique de la Terre de l'Académie des Sciences d'U.R.S.S. et à l'Observatoire gravimétrique de Poltava de l'Académie des Sciences d'Ukraine ont montré qu'il est douteux qu'on réussisse dans un temps proche [2,3] à diminuer cette erreur en dessous de 0,1%.

La méthode de mesure de la sensibilité des pendules horizontaux élaborée à l'Observatoire gravimétrique de Poltava par procédé dynamique correspond en précision avec l'étalonnage des clinomètres à l'aide d'une plate-forme [6].

Ainsi, on peut constater qu'à présent la sensibilité des clinomètres des différents systèmes est contrôlée avec une erreur d'environ 0,5%.

Dans un avenir proche, elle pourra être abaissée jusqu'à 0,1 à 0,2%.

L'étalonnage des pendules par les autres procédés, par exemple par les crapaudines dilatables cède sensiblement en précision à l'étalonnage à l'aide de la plate-forme [14].

Pour les gravimètres, l'échelle de l'enregistrement de la marée se détermine un peu plus mal que pour les clinomètres. En fait l'étalonnage des gravimètres se fait même avec plus de précision mais la difficulté principale réside dans le contrôle insuffisant de la sensibilité de l'enregistrement. Par exemple, l'erreur d'une détermination de l'échelle de l'enregistrement pour les gravimètres "Askania" est de quelques pourcents [15].

L'essai de recherches clinométriques et gravimétriques montre que pour une durée suffisante d'observations, le niveau de bruit de caractère accidentel dans les constantes harmoniques obtenues des ondes des marées, peut être de moins de 5% des valeurs mesurées.

La précision des méthodes de réduction doit dépasser la précision des observations. Par conséquent les erreurs introduites par les méthodes d'analyse harmonique ne doivent pas être de plus de 0,1%.

En U.R.S.S. on a publié des dizaines de travaux sur la comparaison des méthodes mensuelles d'analyse harmonique de Doodson-Lennon, Lecolazet, Pertsev et Matveyev. Ces recherches ont montré que ces méthodes sont à peu près égales en précision mais que la méthode de Matveyev est un peu plus précise car elle ne donne pas de pulsations lors de la réduction des données avec déplacement d'une heure et d'un jour.

Pour les ondes 0_1 , K_1 , M_2 et S_2 , les erreurs du facteur d'amplitude dans la réduction d'une série mensuelle des variations théoriques de la force de pesanteur ne sortent pas des limites de 0,5% et en phase de 0,25 et pour l'onde N_2 respectivement des valeurs de 1% et 0,5 [7].

Ainsi, dans la réduction d'un intervalle d'un an d'observations en séries mensuelles, les erreurs des constantes harmoniques des ondes de marées principales provenant de l'imperfection de la méthode d'analyse harmonique sont d'environ 0,1%.

Les méthodes d'analyse harmonique des séries de durée arbitraire de Venedikov, Usandivaras et Chojnicki apparues ces quelques dernières années, ne sont pas encore publiées de manière aussi détaillée que les méthodes mensuelles.

Nous donnerons plus bas certaines données sur la comparaison des méthodes de Pertsev et Matveyev avec la méthode de Venedikov pour les données des observations gravimétriques et clinométriques.

De 1965 à 1968, on a fait à l'Observatoire gravimétrique de Poltava de longues séries d'observations avec le gravimètre "Askania" à Simféropol [8] et à Yalta [9] qui ont été réduites par les trois méthodes de Pertsev, Matveyev et Venedikov. Les valeurs obtenues sont données dans les tables 1 et 2 , pour la station "Yalta" nous donnons les résultats de l'analyse de la première année d'observations et de toute la série de deux ans.

 $\frac{\text{Table 1}}{\text{Valeurs } \delta \text{ et x pour la station "Simféropol" provenant de l'analyse d'une}}$ série d'une durée de 1,5 an.

	Méthode de	Pertsev	Méthode de	Matvevev	Méthode de	Venedikov
Onde :	δ	**************************************	δ	×	δ	X
0 ₁ K ₁ N ₂ M ₂ S ₂	I,153 ± 9 I,159 ± 20 I,197 ± 34 I,176 ± 4 I,247 ± 14	- 0°4 + 0°5 - I°3 + I°4 + 0°9 + 0°9 + 0°5 + 0°5 + 1°0	I,154 ± 9 I,149 ± 9 I,145 ± 25 I,173 ± 4 I,249 ± 15	- 0°,4 ± 0°,5 - 0°,8 ± 0°,5 + 0°,8 ± 1°,0 + 0°,4 ± 0°,2 0°,9	1,146 ±,146 ±,146 ±,142 ±,39 1,171 ±,7 1,243 ±,16	- 0°3 + 0°4 - 1°0 + 0°3 - 0°2 + 1°4 + 0°3 + 0°3 + 0°5

^{*} Dans les tables 1, 2 et suivantes x>O correspond au retard de la marée observée par rapport à la marée théorique.

-4228-Table 2

Valeurs δ et x pour la station "Yalta" provenant de l'analyse d'une série d'une durée de deux ans.

Onde ·	Métho	ode de	Pert	sev	Méth	ode de	Matve	yev	Méthod	e de Ve	nediko	V
31.20	1	an	2	ans	1	an	2 a	ns	1.	an i	2	ans
_	δ	.X	δ	×	. δ	X	δ	X	δ	×	8	X
01	1,45	2 -0°I	1, 141	-0°I	I, 153	-0°,I	J, 14I	-0°1	I_I49	-0.4	1 1/0	-0° E
Kg	I 131	+0.6	1, <u>[]</u> []	+0,6	I, 122	=0,9 +0.5	I,093	=1.5	+0.11 T,116	+0,4 -1,0	1,097	÷0,3
. N ₂	1,142	2 1 4 8 2 ± 1 , 6	I,137	#3,0 ±1,3	I, I63	=0,6 ±1,0	I,164	=I,4 +0,9	1,182	+0,3	1,159	+0,2
M_2	1,17	5 -0,3 7 +0,3 4 =3,6	1,171	+0,2	I,174 T 199	-0,4 +0,1	I, 169 ± 3	=0,2 +0,1	I, Į 74	±0,5 +0,5	1,165	-0.0 +1.50
S	±1(±1,5	I,178 ±13	±1,2	1,113	+1,4	I,175 ±13	=4,8 +1,1	I, Ī95 ±14	=2°4 ±0°5	I,164 ±13	=5,7 ±0,5

Table 3

Valeurs γ et x obtenues d'après les séries mensuelles.

Onde	THE THE PERSON NAMED IN TH		Station	- "Schevchenko"
		ravanementelarinea avaertamen		100 Hotels (part of financia constitution) - muse to gain and the address of partnerships of partnerships of the address of th
	Compo	sante	NS	Composante EW
	M. Matveyev	M. \	/enedikov	M. Matveyev M. Venedikov

Facteur d'amplitude γ 0,264 0,652 0,703 0,700 01 K₁ N₂ 0,830 1,315 0,749 0,771 0,741 0,724 0,726 0,687 M_2 0,709 0,701 0,726 0,725 0,795 0,793 0,602 S_2 0,609

Retard de phase x

	•			
04	+178,3	+52,7	-2,6	-3,8
K ₁	- 2,6	+21,9	+ 9,2	+ 9;5
No	+ 6,7	+ 3,7	+ 6,0	+ 5.1
M_2	- 3,7	- 3,6	- 0,9	-0,5
S ₂	+30,6	+31,5	-11,3	-12,5

Table 3

Valeurs γ et x obtenues d'après les séries mensuelles.

C,588		71. 60. 0	
506 0,545 Retard 4,8 + 4, 4,2 - 0, 2,0 - 1,	00,6888 00,00 1 + 1 - 1 0,688 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0,0 0		0,695 0,545 4,0 1,4

Par les données de ces tables, on peut tirer la conclusion que lors de la réduction de longues séries (un an et plus), les méthodes de Pertsev, Matveyev et Venedikov donnent des résultats les mêmes et également précis. Il convient de noter qu'un an est la durée optimale de la série réduite puisque dans ce cas l'influence de l'onde S₄ s'élimine plus complètement.

Nous avons obtenu également les données de la réduction par les méthodes de Matveyev et Venedikov de parties mensuelles d'enregistrement des clinomètres. Les résultats de l'analyse par ces méthodes de six séries mensuelles d'inclinaisons de marées dans le point de Karlo-Libknekhtovsk [4] et Schevtenkovo [10] sont donnés dans la table 3.

Nous donnons dans la table 4 les résultats de la réduction d'une série de trois mois d'observations clinométriques dans la direction est-ouest à la station de "Beresovaïa Roudka" [11] en séries mensuelles par la méthode de Matveyev et en global par la méthode de Venedikov.

De ces données il résulte que la réduction en séries mensuelles par les méthodes de Matveyev et Venedikov donne des résultats concordants.

Table 4

Valeurs γ et x pour la station "Beresovaïa Roudka" provenant d'une série

d'une durée de trois mois.

Onde	Méthode Ma	tveyev	Méthode Ve	nedikov
			ent accordinate de conserva de mediana para atria con menor menor de conse con presentante de consequencia que pela para que en consequencia que pela para que persona que pela para que persona de consequencia que pela para que pela pela pela pela pela pela pela pel	
O ₁	0,628 + 173	- 5°,3 ±14,6	0,520 ±,176	-10°1 ±13°7
K ₁	0,521 ± 322	+44.1	0,54I ±,II2	+24,7 +8,4
N ₂	0,541 ± 109	+ 8,0 + 4,0 - 0.7	0,697 ± 86	+ 5,9 ± 5,0
M2 S2	0,750 <u>+</u> 26 0,967 <u>+</u> 146	- 0,7 + 1,4 + 2,3 + 3,3	0,745 ± 20 0,986 ± 42	- 0,6 ± 1,2 + 3,4 + 1,7

La méthode de Venedikov donne non seulement les valeurs des constantes harmoniques des ondes de marées, mais aussi leurs erreurs. Cependant pour l'analyse des séries d'une durée d'un mois, les erreurs obtenues ne reflètent pas la réalité. Il est probable que ce soit en relation avec certaines simplifications dans le mécanisme du calcul des erreurs, faites dans la méthode de Venedikov. On constate par les tables 1, 2 et 4 que pour une durée de trois mois et plus, les erreurs obtenues en dispersion des séries mensuelles séparées provenant de la valeur moyenne et les erreurs données par la méthode de Venedikov correspondent. La réduction des observations clinométriques à Kiev Lavro-Petekerskii [12] et à Pokrovskaïa Bagatchka [13] a montré que dans la méthode de Venedikov les erreurs sur les constantes harmoniques croissent si l'enregistrement a des lacunes importantes.

De tous les résultats donnés, on peut tirer la conclusion que les méthodes de Pertsev, Matveyev et Venedikov sont également précises et garantissent le niveau actuel de la mesure de la sensibilité des appareils enregistreurs de marées et de l'élimination des facteurs perturbateurs. Mais elles ne satisferont pas aux exigences de l'avenir proche où l'on réussira à augmenter la précision réelle de l'étalonnage des appareils jusqu'à 0,1%. C'est pourquoi le problème de la préparation de méthodes plus parfaites d'analyse harmonique capables d'augmenter la précision des résultats de la réduction des tests théoriques d'un ordre en comparaison avec les méthodes appliquées maintenant, est un problème actuel.

Il convient encore de souligner que la méthode de Venedikov a tout de même une série d'avantages:

- 1) Elle exige une réduction initiale moindre des données d'observations qui ne peut être traduite à présent sans altérer sensiblement leur qualité;
- 2) Elle permet d'utiliser complètement les données d'observations et donne la possibilité d'éliminer les mauvaises parties d'enregistrement.

Conclusions.

- Il faut élaborer de nouvelles méthodes d'analyse harmonique et moderniser les autres en augmentant leur précision.
- 2. Pour un contrôle expéditif du travail d'une station de marée terrestre il est utile de réduire les observations par la méthode de Venedikov en séries mensuelles et dans la suite les soumettre à l'analyse par intervalles annuels avec une moyennisation vectorielle des résultats.

BIBLIOGRAPHIE

- BAGMET A.L., KOUTNII A.M.
 Rotation et déformations de marées de la Terre "Naoukova Doumka" 1973
- 2. KOUTNII A.M., BAGMET A.L. Idem
- 3. GOLOUBITSKII V.G., KOUTNII A.M. Idem
- 4. BALENKO V.G., KOUTNII A.M., NOVIKOVA A.N., ALEXANDROV I.M.

 Rotation et déformations de marées Publ. IV K "Naoukova Doumka" 1972
- 5. GOLOUBITSKII V.G., KOUTNII A.M.

 Rotation et déformations de marées de la Terre. Publ. VI "Naoukova Doumka" 1974
- 6. BALENKO V.G., OVTCHINNIKOV V.A., KOUTNII A.M., GOLOUBITSKII V.G., Idem
- 7. KORBA S.N., MATVEYEV P.S., SLAVINSKAÏA E.A.
 Rotation et déformations de marées de la Terre.
 Publ. III K. "Naoukova Doumka" 1971
- 8. KORBA P.S.
 Rotation et déformations de marées de la Terre.
 Publ. I K. "Naoukova Doumka" 1970
- 9. KORBA P.S., KORBA S.N.
 Rotation et déformations de marées de la Terre
 Publ. II K. "Naoukova Doumka" 1970
- 10. BALENKO V.G., KOUTNII A.M., NOVIKOVA A.N.

 Rotation et déformations de marées de la Terre
 Publ. II K. "Naoukova Doumka" 1970

- 11. BALENKO V.G., KOUTNII A.M.
 Rotation et déformations de marées de la Terre
 Publ. V K. "Naoukova Doumka" 1973
- 12. BALENKO V.G., KOUTNII A.M., NOVIKOVA A.N.

 Rotation et déformations de marées de la Terre

 Publ. I K. "Naoukova Doumka" 1970
- 13. BALENKO V.G., KOUTNII A.M., NOVIKOVA A.N. Cette publication p. 15
- 14. LENNON G.W., VANICEK P. Calibration tests and the comparative performance of horizontal pendulums at a single station. Comm. Obs. Roy. Belg. (serie Geoph. N. 96), 1970
- 15. KORBA P.S.
 Note sur la fréquence de la détermination de l'échelle de l'enregistrement dans les observations des marées terrestres par le gravimètre Askania.
 Com. Obs. Roy. Belg. (serie Geoph. N 96), 1970.

Résultats de l'étalonnage des pendules horizontaux avec suspension Zöllner

V.G. Goloubiskii, A.M. Koutnii

Rotation et déformations de marées de la Terre - VI pp 61-68 - 1974

La sensibilité du clinomètre K peut être déterminée par deux méthodes de principe différent : dynamique et statique.

La méthode dynamique, appelée aussi indirecte, est basée sur la théorie du mouvement du pendule horizontal [1] selon laquelle

$$K_{D} = CT^{2}, (1)$$

où C est la constante de l'appareil donné, déterminée dans les conditions de laboratoire et T_i est la période propre du pendule horizontal.

La méthode statique consiste à donner à l'appareil une inclinaison connue d'avance avec une précision suffisamment élevée :

$$K_{s} = \frac{\Delta \gamma}{\Delta \gamma} \tag{2}$$

où $\lambda \gamma$ est l'inclinaison donnée et λ y est le déplacement correspondant du "faisceau " sur l'enregistrement.

Il y a deux procédés de détermination de la sensibilité dynamique. Le procédé Galitzine-Orlov élaboré à l'Observatoire de Poltava applicable aux pendules du type de Zöllner avec enregistrement optique, est basé sur le rapport :

$$\mathcal{L} = \frac{2d\sin t^{\alpha}}{4\pi^{2}} \cdot \frac{1}{q} \,, \tag{3}$$

où α est la longueur du levier optique de l'enregistreur. ℓ est la longueur réduite du pendule, g est l'accélération de la pesanteur. Le problème principal lors du calcul consiste à mesure la relation $\frac{\ell}{\varepsilon}$ ou la constante du pendule. La méthode de détermination de la constante $\frac{\ell}{\varepsilon}$ est décrite en détail en 2.3.

Le second procédé dynamique est basé sur le rapport

$$C = \frac{2d\sin 1''}{T_B^2},\tag{4}$$

où T, est la période propre du pendule horizontal en position verticale.

Les deux procédés sont pratiquement équivalents [4] et le choix dépend des particularités de construction du pendule horizontal. La précision de détermination K_D est limitée avant tout par la précision de mesure de la période propre du pendule horizontal T_i pour lequel on note dans une série de cas sa dépendance de l'amplitude [5,12]. Pour le procédé de Galitzine-Orlov, l'équation (3), il faut connaître avec certitude la constante $\frac{\ell}{g}$ dont la faiblesse réside dans la détermination de la valeur du pas de vis [6].

Dans le second procédé dynamique on ne réussit pas toujours à fixer correctement la position de l'axe de rotation du pendule qu'on doit connaître pour mesurer avec précision \mathbf{T}_{h} .

Pendant longtemps on n'a appliqué que les procédés dynamiques. Cependant avec l'augmentation de la précision, l'élaboration de nouveaux appareils et la large implantation des moyens interférentiels, le problème de l'application des méthodes statiques d'étalonnage s'est posé.

Cela a été provoqué tout d'abord par le fait que pour les clinomètres de haute sensibilité nouvellement construits (Ostrovskii, Verbaandent-Melchior) l'application des méthodes dynamiques est difficile. Ensuite certains auteurs considèrent que la méthode statique est la méthode la plus sûre d'étalonnage car l'état de fonctionnement de l'appareil lors de l'enregistrement des marées est statique et, en outre, on peut contourner les difficultés de caractère instrumental inhérentes à la méthode dynamique.

A l'Institut de Physique de la Terre, sous la direction de A.E. Ostrovskii, on a fabriqué une plate-forme NЭH, destinée à l'étalonnage du clinomètre du système d'Ostrovskii [7,8]. La plate-forme se présente comme une petite surface horizontale suspendue sur deux paires de ressorts plats en acier placés en croix sur laquelle est placé l'appareil. L'inclinaison donnée à la plate-forme se mesure avec une haute précision à l'aide de l'interféromètre NKNB.

La même plate-forme a été construite dans l'atelier de l'Observatoire de Poltava [4]. Sa différence principale de la précédente est dans une rigidité sensiblement plus grande et également dans le fait qu'au lieu des ressorts en croix on a appliqué une suspension en lame.

L'étalonnage direct des clinomètres a permis de découvrir une série d'imperfections inhérentes aux plates-formes construites. La plate-forme $\Pi \ni H$ n'était pas assez rigide ce qui a rendu difficile l'étalonnage pour de petits angles (inférieurs à l'') [9].

A la plate-forme de l'Observatoire de Poltava, les prismes d'appui à couteaux donnaient une transmission incomplète de l'angle donné de l'in-clinaison [10].

En Belgique, Verbaandert a proposé encore une variété du procédé direct d'étalonnage des clinomètres à l'aide d'une crapaudine dilatable [13,14] que des chercheurs étrangers appliquent assez lurgement avec les pendules en quartz de Verbaandert-Melchior. On peut considérer la crapaudine comme une plate-forme avec un petit levier égal en valeur à la distance entre les vis de repos du pendule. Les imperfections de la plate-forme apparaissent ici plus évidemment avec, en outre, des erreurs spécifiques.

L'imperfection essentielle de la crapaudine est la présence de l'éffet de pointe découvert par B. Ducarme [17]. Il réside dans le fait que lors de la levée ou de l'abaissement de la surface de la crapaudine la position de la pointe de la vis du clinomètre et l'orientation de son axe dans l'alvéole de la crapaudine varient. Cela diminue la valeur effective du déplacement de la vis de réglage du clinomètre.

Au nombre des autres imperfections, on peut parler du vieillissement des crapaudines et des tuyaux, la présence d'un important effet de température et des résidus de l'air dans le système hydraulique, la dérive des anneaux interférentiels dans le processus de l'étalonnage et également la dépendance de l'étalonnage de la crapaudine en fonction de la valeur absolue de la force de pesanteur.

On peut évidemment expliquer par tous ces faits la divergence mise à jour par G.V. Lennon et P. Vanicek et également H. Sasaki et T. Sato [15,16] entre les sensibilités (de l'ordre de 3 à 7% des appareils Verbaandert-Melchior à l'aide de la crapaudine.

A l'Observatoire de Poltava on a fait la comparaison des procédés dynamiques et statiques de l'étalonnage des pendules de Repsold-Levitskii et Tomascheck-Ellenberger [4]. Les deux procédés dynamiques de la détermination de la sensibilité (équations (3) et (4)) sont équivalents. Les valeurs obtenues des sensibilités dynamique et statique pendant la même période propre T; pour les appareils étudiés ne concordent pas, la divergence va jusque 5 %.

On a vérifié soigneusement la plate-forme de l'Observatoire de Poltava [10] et il est apparu que la plate-forme est cause d'une grande partie des erreurs de caractère systématique à cause de la transmission incomplète de l'angle donné.

On a réussi à éliminer ce phénomène après un changement précis de la méthode d'étalonnage. Pour trouver l'inclinaison de la plate-forme avec la précision exigée nous avons mesuré simultanément le déplacement du bout du levier et de la vis du contrepoids par deux interféromètres. Une inclinaison déterminée a été donnée à la plate-forme par le premier interféromètre placé au bout du guide et au même moment le second interféromètre dont la tige de mesure se trouvait en contact avec l'extrémité du contrepoids contrôlait l'angle donné. On a ainsi réussi à diminuer sensiblement les erreurs systématiques indiquées. Le mérite principal du procédé proposé réside dans le fait qu'on élimine l'influence de la position de l'axe de rotation de la plate-forme sur les mesures, puisque son angle d'inclinaison est déterminé par la distance entre les interféromètres et la valeur des déplacements des tiges de ces données.

En faisant l'expérience nous avons utilisé trois paires de pendules horizontaux à suspension de Zöllner (deux pendules Repsold-Levitskii M - 1, M = 4 et M - 28, M - 29 à suspension par fils de tungstène d'un diamètre de 24 m). Le tungstène est plus élastique que le platine et les pendules ont augmenté de poids à l'exception de l'appareil M - 29. En outre, pour l'appareil M - 28 le fil de suspension supérieur n'était pas double mais simple. Il est pratiquement impossible de noter l'influence de ces différences de construction sur la valeur de la sensibilité déterminée par les méthodes dynamique et statique.

Enfin, nous avons soumis à la vérification la paire de pendules Zöllner ll (M - lII et M - 2II) construite à l'Observatoire de Poltava.

On a déterminé la constante $\frac{\ell}{g}$ par le procédé de Galitzine-Orlov [3]. Les périodes propres ont été enregistrées au chronographe en notant les passages successifs du faisceau lumineux du pendule par la position d'équilibre. Les valeurs obtenues de la constante $\frac{\ell}{g}$ pour tous les appareils étudiés sont données dans la table l.

On a enregistré la période du pendule M - l simultanément par le chronographe et quatre chronomètres. On a fait cela pour obtenir les caractéristiques comparables par les deux procédés de mesure des périodes puisqu'on utilise souvent des chronomètres dans les mines (table 2).

Les valeurs des périodes mesurées par le chronographe sont données avec leurs erreurs calculées d'après la convergence intérieure. La détermination a été faite simultanément, toutes les erreurs possibles de caractère systématique dans les constantes doivent donc être communes.

Valeurs de constante $\frac{\ell}{g}$

M-III	M-SII	M-I	N-4	M-28	M-59	pint (mint (mint (mint))
0,01847 0,01847 0,01850 0,01848 0,01851 0,01850 0,01850 0,01850 0,01851 0,01849	0,01851 0,01852 0,01850 0,01850 0,01853 0,01853 0,01853 0,01853 0,01853	0,01545 0,01542 0,01543 0,01545 0,01545 0,01542 0,01543 0,01544	0,01282 0,01284 0,01292 0,01282 0,01285 0,01284 0,01295 0,01300 0,01299	0,01476 0,01473 0,01474 0,01474 0,01478 0,01475 0,01471 0,01473 0,01475 0,01476	0,01288 0,01289 0,01289 0,01288 0,01289 0,01289 0,01291 0,01291 0,01293	
Moyenne			The second second			
0,013492 m ₄	0,018519	0,015426	0,012900	0,014748	0,012894	
±0,000003	±0,000004	±0,000006	±0,000020	±0,000007	±0,000005	

La différence entre $(\frac{\ell}{g})_x$ et $(\frac{\ell}{g})_c$ est donc provoquée uniquement par les erreurs dans la mesure des périodes. Les erreurs de mesure du chronomètre sont à peu près quatre fois plus grandes qu'au chronographe puisque l'erreur de la constante $(\frac{\ell}{g})_c$ au chronomètre était à peu près deux fois plus grande qu'au chronographe.

 $\frac{\text{TABLE 2}}{\text{Résultats de la détermination de }\frac{\ell}{\varepsilon}\text{ par}}$

le chronographe et le chronomètre

$(T_H)_X$		$(T_H)_C$	$(T_K)_X$	(T _K) _C	$\left(\frac{l}{q}\right)_{\chi}$	$\left(\frac{2}{q}\right)_c$	redup
49,658 ± 13		49,740		. Gaso	Ciples		
30,519 24,646	-	30,497 24,654	16.097	dia	0,01545	4000	
23,21 <u>1</u>		23,229	15,660	15,679	0,01549	0,01544	
2Ĭ,937 ±		21,939	15,257	15,259	0,01542	0,01542	
20.858 19,916		20,854	14,883 T4 553	14,889	0,01543	0,01546	
19,113	•	19,124	14,533 14,205	14,534 14,204	0,01545 0,01542	0,01542 0,01539	
18,394		18,424	13,902	13,904	0,01541	0,01536	
17,730		I7,759	13,611	13,619	0,01543	0,01540	
17,142 16,619		16,629	13,341 13,087	13,339 •13,094	0,01544	0,01543	
± 2			± 2	Moyenne	0,015426	0,015416	
*. *		* •		777	7 0	I II	

Remarque : K est l'indice final; H est l'indice initial; C est le chronomètre; xp est le chronographe.

Les constantes $(\frac{\ell}{g})_x$ et $(\frac{\ell}{g})_c$ sont dans les limites des erreurs. L'application du chronomètre permet de mesurer les constantes du pendule horizontal avec la précision voulue.

Connaissant la constante $\frac{\ell}{g}$ on trouve facilement la sensibilité dynamique du pendule en utilisant les formules (1) et (3).

La sensibilité statique K_S a été déterminée par la plate-forme conformément à l'expression (2). L'angle $\Delta \gamma$ a été calculé sur la base de la relation

$$a\eta = \frac{l_1 l_1 + l_2 i_2}{l \, ay \, sin \, 1} \tag{5}$$

où i_l et i₂ est la valeur de division du premier et du second interféromètre respectivement, L est la distance entre les interféromètres, égale dans ce cas à 3436,2 mm, L₁ et L₂ est la quantité de divisions de l'échelle de chaque interféromètre.

La valeur de division de l'interféromètre i a été calculée d'après la formule habituelle

$$i = \frac{nk}{2n}, \tag{6}$$

où n est la quantité de divisions de l'échelle dans laquelle se reporte K des bandes d'interférence, est la longueur de l'onde de lumière.

Прибор.	T _i	Ks	m_{R_5}	K _D .	m_{K_D}	Ks-Kp %
M-III M-2II M-2II M-1 M-1 M-28 M-29	42,335 42,216 39,871 62,854 35,649 34,863 38,063 37,630	72,876 72,054 64,197 161,120 62,005 71,607 72,427 81,477	±0,394 ±0,389 ±0,347 ±0,870 ±0,335 ±0,387 ±0,391 ±0,440	72,445 72,036 64,425 160,100 61,785 70,038 73,493 82,077	+0,123 +0,125 +0,125 +0,125 +0,124 +0,179 +0,139 +0,167	+0,59 +0,03 -0,34 +0,63 +0,35 +2,24 -1,47 -0,73

On a découvert dans le processus de l'expérience que la grande humidité dans la cave (de l'ordre de 100%) exerce une influence sur les dimensions linéaires du papier photographique. Après le développement et le séchage du papier photographique il se comprime, le coefficient de compression relative est égal à 0.982. C'est pourquoi on introduit dans toutes les valeurs Δy des corrections de la déformation du papier.

Les valeurs K_s et K_D peuvent être considérées comme des fonctions complexes dépendant de quelques variables. En utilisant la loi de répartition des erreurs accidentelles et en l'appliquant aux équations (1), (2) compte tenu des expressions (3), (5), (6), nous obtiendrons :

$$m_{K_{S}} = K_{S} \sqrt{\frac{m_{\chi}^{2}}{L^{2}} + \frac{m_{\chi}^{2}}{R^{2}} + \frac{m_{\chi}^{2}}{n^{2}} + \frac{m_{\chi}^{2}}{L^{2}} + \frac{m_{\Delta y}^{2}}{(\Delta y)^{2}}},$$

$$m_{K_{S}} = K_{S} \sqrt{\frac{4m_{\chi}^{2}}{T_{\chi}^{2}} + \frac{m_{\chi}^{2}}{d^{2}} + \frac{m_{\chi}^{2}}{L^{2}} + \frac{m_{\chi}^{2}}{L^{2}}},$$
(7)

Lors de la déduction de l'équation (7) nous avons admis, pour simplifier les calculs, que $i_1=i_2=i$; $f_1=f_2=f$. On a introduit dans la forme (8) un terme supplémentaire caractérisant l'erreur de mesure du pas de la vis de période m_g . Cela s'explique par le fait que l'erreur $m = \frac{f}{g}$, si on la prend d'après la convergence intérieure, reflète uniquement l'erreur de mesure des périodes et l'erreur de trait de la tête de la vis lors de l'élévation ou de l'abaissement de l'appareil d'un tour. [6]

Les valeurs numériques des erreurs quadratiques moyennes se trouvant dans le second nombre des expressions (7), et (8) sont choisies sur la base des considérations suivantes. La longueur du levier optique $\mathbb K$ et la distance entre les interféromètres L ont été mesurées par une roulette métallique, nous leur avons ajouté les erreurs $m_{\mathcal K}=\frac{1}{2}$ 5 mm, $m_{\mathbb L}=\frac{1}{2}$ 5 mm. La précision inférieure de la mesure $\mathcal K$ s'explique par le fait que l'endroit de position du miroir enregistreur du pendule est incertaine.

On a ajouté aux erreurs m₂, m₃ et m_n les valeurs en conformité avec les données du constructeur de l'interféromètre. Les ordonnées Δ y ont été mesurées par une palette en verre avec la précision m Δ_y = $^{\pm}$ 0,2 mm. C'est la même valeur de cette erreur d'après la convergence intérieure.

Appareil	Elévation	Abaissement	Différence
M-111 W-111 W-211 W-1 W-4 W-28 W-29	71,822 70,984 62,956 157,865 61,320 70,519 70,813 79,816	71,494 70,717 63,156 158,918 60,611 70,614 71,478 80,232	+0,46 +0,38 -0,10 -0,67 +1,29 +0,29 -0,94

Après la substitution de corrections prises dans les équations (7) et (8) on a déterminé les erreurs quadratiques moyennes m_{K} et m_{KD} dont les valeurs numériques sont données pour chaque série dans la table 3.

En comparant les résultats obtenus on peut tirer des conclusions. La sensibilité statique K_S se détermine avec une précision de 0,5 %. Ce qui influence le plus l'erreur m_{K_S} est apparemment la connaissance imprécise de la longueur d'onde de la lumière monochromatique de l'interféromètre et également la mesure incertaine du déplacement du "faisceau lumineux" Δy dont la précision dépend dans un degré important du mouvement du zéro de l'appareil. La sensibilité dynamique K_D est deux fois plus précise que la sensibilité statique K_S .

En examinant la table 3, nous comparerons les sensibilités dynamique et statique. La meilleure concordance entre les sensibilités déterminées par les méthodes dynamique et statique est observée par les appareils M-1II et M-2II. La différence entre K_s et K_D ne dépasse pas 0,5 %. Cette bonne concordance peut apparemment s'expliquer par une préparation soigneuse des pendules [11] . Avant tout cela se rapporte à la construction des crapaudines qui permettent de mener au minimum l'éffet de pointe.

Pour les appareils M-1, M-4 et également M-28, M-29, la divergence entre K_S et K_D est un peu plus grande. Dans les pendules M-4 et M-28 elle atteint respectivement 2,24 et 1,47 %. Nous supposons que cela est provoqué avant tout par l'effet de pointe dont l'influence pour les appareils indiqués apparaît plus fort à cause de la construction simplifiée des vis de période pour ces clinomètres.

Nous donnons dans la table 4 les valeurs de la sensibilité statique K_S lors de l'élévation et de l'abaissement de la plate-forme et leurs différences. Ces différences sont dans les limites des erreurs de mesures sans déceler une tendance quelconque à la systématicité.

Puisque les sensibilités déterminées par les méthodes statique et dynamique concordent bien alors on peut considérer que l'application de cette dernière dans les observations de mines n'amène pas à des erreurs systématiques importantes.

Les résultats du travail montrent que le perfectionnement des appareils et l'amélioration de la méthode de détermination des constantes des pendules horizontaux avec suspension Zöllner donnent la possibilité de faire des observations clinométriques avec une précision d'au moins 0,5 %.

BIBLIOGRAPHIE

- l Savarenskii E.F., Kirnos D.P. Eléments de séismologie et de séismométrie. Edit. de l'Etat M., 1955.
- 2 <u>Matveyev P.S., Goloubiskii V.G.</u> Rotation et déformations de la Terre. Publ. 2 "Naoukova Doumka", K., 1970
- 3 Balenko V.G. et autres
 Rotation et déformations de marées de la Terre. Publ. 4 "Naoukova
 Doumka", K., 1972.

4 Goloubitskii V.G.

Rotation et déformations de marées de la Terre. Publ. 2 "Naoukova Doumka", K., 1970.

5 Goloubiskii V.G.

Géophysique et Astronomie. II. "Naoukova Doumka", K., 1967.

6 Goloubitskii V.G.

Rotation et déformations de marées de la Terre. Publ. 3. "Naoukova Doumka" K., 1971.

7 Chirokov I.A.

Marées terrestres et structure interne de la Terre. "Naouka" M., 1967.

8 Okhotsimskaya M.V., Khoromskii A.V.

Observations complexes géophysiques à Obninsk. Obninsk, 1970.

9 Bagmet A.D., Koutnii A.M.

Rotation et déformations de marées de la Terre.
Publ. 5. "Naoukova Doumka", K., 1973 (sous presse).

10 Goloubitskii V.G., Koutnii A.M.

Rotation et déformations de marées de la Terre.

Publ. 5. "Naoukova Doumka", K., 1973 (sous presse).

11 Balenko V.G. et autres. - Dans cette publication.

12 Picha J., Skalsky L.

Studia geophysica et geodaetica, 2, 1963.

13 Verbaandert J.

III Symp. Marées Terr., Trieste, 1959.

14 Verbaandert J.

Comm. Obs. Roy. Belg., Série Géoph., 62, 1963

15 Lennon W., Vanicek P.

Comm. Obs. Roy. Belg., Série Géoph., 96, 1970.

16 Sasaki H., Sato T.

Proceed. ILO Mizusawa, 12, 1972

17 Ducarme B.

BIM, 45, 1966.

Final remarks concerning the a-priori drift elimination in Chojnicki's analysis method.

Chojnicki, T., Schüller, K.

With regard to (1) and (2), a misunderstanding provokes the discussion between the authors. The reason for this was based upon the fact that Schüller presupposed the characteristic of the applied Pertsev-filter to be taken into account in the theoretical amplitudes of the functional model. Chojnicki however did not introduce the gain factors of the Pertsev-filter in his examples, published in (1), and consequently, the demonstrated big deviations from the results of a usual calculation were obtained.

Therefore we finally state that the a-priori drift elimination in Chojnicki's analysis method requires a modification of the theoretical amplitudes due to the frequency-dependence of the gain factors of the applied Pertsev-filter.

Literature:

- (1) Chojnicki, T.: Remarques concernant l'article de K. Schüller: "Ein Vorschlag zur Beschleunigung des Analysenverfahrens Chojnicki".
 BIM Nr 72 (1975)
- (2) Schüller K.: "Ein Vorschlag zur Beschleunigung des Analysenverfahrens Chojnicki". BIM Nr70 (1975)

RESULTATS DES OBSERVATIONS DES INCLINAISONS DE MAREES A LA STATION

"POKROVSKAIA BAGATCHKA"

V.G. Balenko, A.M. Koutnii, A.N. Novikova

Rotation et déformations de marées de la Terre - VII pp15-21 1975

La station clinométrique provisoire "Pokrovskaïa Bagatchka" est le cinquième point du profil Kiev-Artemovsk dans lequel se termine le cycle des observations de marées terrestres. Elle a été équipée en 1970 sur la limite du village de Pokrovskaïa Bagatchka de la région de Poltava.

Les coordonnées de la station relevée de la carte de l'échelle 1/2.500.000, sont: latitude ϕ = 49°8, longitude λ = 33°1 est et la hauteur au dessus du niveau de la mer H = 130 m.

La station est située sur la pente douce nord d'un petit torrent. Le relief entourant est calme, à quelques kilomètres d'une brusque chute d'altitude. Tout près il n'y a pas de structures importantes ni aucunes sources apparentes de bruit dans l'enregistrement des clinomètres. La route la plus proche Kiev-Kharkov passe à environ 2 Km. Le niveau des eaux souterraines se trouve à la profondeur de 18 m de la surface.

L'équipement est le même que dans les autres points du profil [1,2]. Les appareils sont installés dans une galerie d'une profondeur de 12 m et d'un diamètre de 1,2 m. Pour protéger les appareils de l'action

directe des variations de température, la galerie a été divisée en quatre sections de hauteur égale par des cloisons rondes creuses en bois d'une épaisseur de 15 cm, remplies à l'intérieur d'ouate minérale et goudronnées à l'extérieur. Les deux sections supérieure et inférieure sont entourées de briques. A la surface la galerie est fermée par un toit en béton et est remplie d'une couche de terre d'une épaisseur de 60 à 80 cm. Pour l'installation des appareils on a fabriqué un socle en moellons de béton de section ronde d'un diamètre de 90 cm enfoncé dans le sol à 100 cm. La surface du socle s'élève au dessus du fond de la galerie de 15 cm. A une distance de 6 m de la galerie se trouve la salle d'enregistrement - une cave d'une profondeur de 2,3 m et d'une surface de 2,0 X 1,5 m². Pour la pose des câbles la galerie et la salle d'enregistrement sont réunies par un tube plastique enfoui dans le sol à la profondeur d'1 m.

La description plus détaillée de la station clinométrique est donnée dans notre travail [6].

Les coordonnées géographiques de la station clinométrique qui ont été utilisées pour la réduction des observations ont été relevées de la carte topographique de l'échelle 1:10.000 et sont déterminées indépendamment par théodolithe de campagne avec une précision de 0'5 par observations d'hauteurs égales d'étoiles. On a obtenu un bon accord des coordonnées.

La direction Nord-Sud a été déterminée au théodolithe par observation de la Polaire. Cette direction est assurée par des repères des deux côtés du puits et est transmise par des fils à plomb sur le socle. La précision de transmission de l'azimut sur le socle est d'environ 5'.

Les observations ont commencé en 1971 un an après l'équipement de la galerie par deux paires de clinomètres Ostrovski. HØ - 03,05 et HØ - 06,07 qui avant cela fonctionnaient à la station "Katherinovka" [2].

Avant l'installation on a déterminé le coefficient de température des stabilisateurs. Il était environ de 3 mh/degré. C'est tout à fait suffisant pour que les variations journalières de la température dans la salle d'enregistrement se fasse sentir extrêmement peu sur la tension de sortie des stabilisateurs.

La rectification de l'enregistrement des clinomètres HØ-06 et 07 a été faite par des batteries sèches et pour les appareils HØ-03 et 05 par un stabilisateur paramétrique. Pour diminuer la dépendance de la sensibilité avec la variation de la distance de l'enregistrement depuis la ligne zéro, la mise au foyer du fil de l'ampoule sur le côté du prisme par modification du spot lumineux a été remplacée par la mise au foyer de la fente illuminée. Avec cette modernisation des spots éliminant la non linéarité du canal optique des séismomètres il faut remplacer les galvanomètres employés M-25/12 qui présentent une non-linéarité de l'échelle atteignant 10% par des galvanomètres plus sensibles, par exemple le M-17/10 avec échelle linéaire.

Malheureusement on n'a pas réussi sur la durée du fonctionnement de la station de "Pokrovskaïa Bagatchka" à remplacer les galvanomètres M 25/12 par de plus parfaits et au moment de la rectification de l'enregistrement la sensibilité a varié de 5 à 6 %. Bien que pour les clinomètres du système Ostrovski ceci ne diminue pas sensiblement la précision de l'obtention des constantes harmoniques des ondes de marées, cela crée quand même un inconvénient lors de la réduction des données.

Le remplacement de l'image brillante du fil de l'ampoule par une image moins brillante de la fente a diminué la valeur du courant des photo-éléments et la sensibilité en courant des galvanomètres M 25/12 était insuffisante. Pour maintenir la sensibilité des clinomètres au niveau 0"003 à 0"0025/mm il a fallu élever la tension sur les ampoules des spots au delà du niveau admis, à cause de cela, les ampoules ont souvent grillé et l'enregistrement a été interrompu. Dans la dernière période le fonctionnement de la station clinométrique "Pokrovskaïa Bagatchka" pour les appareils HØ-03, 05 on a découvert une erreur de construction de l'enregistreur.

Le réglage du courant de l'impulsion de contrôle se fait comme on le sait à l'aide d'un commutateur avec contacts-cuivre-argent.

A cause de l'oxydation du contact du cuivre, la valeur de l'impulsion de contrôle pour les appareils HØ-03, 05 était instable et diminuait progressivement avec une sensibilité invariable de l'enregistrement.

Malheureusement cela a été découvert au cours de la réduction après l'arrêt du travail et a causé la perte de données précieuses d'enregistrement.

Pour prévenir dans l'avenir des cas semblables il faut recommander de faire une soudure du contact du commutateur de l'impulsion de contrôle.

Avant l'installation dans la station de "Pokrovskaĩa Bagatchka" les clinomètres ont été étalonnés à l'Institut de Physique de la Terre de l'Académie des Sciences d'URSS à Obninsk à l'aide de la plateforme qui s'y trouve. Les valeurs obtenues de la constante I (le courant compensant l'inclinaison de 1 sec), les valeurs du courant d'impulsion de contrôle I_{ku} et les valeurs des corrections à la sensibilité sont données dans la table 1.

Après la fin des observations en 1974 les appareils ont été à nouveau étalonnés sur la plate-forme à deux leviers de l'Observatoire gravimétrique de Poltava avec deux interféromètres HKNB. Le principe de l'étalonnage était le même qu'à Obninsk. Les résultats sont donnés d'après le procédé direct en [3] et les corrections aux valeurs de la sensibilité sont données dans la table 2. La méthode d'étalonnage appliquée est exposée en détail en (4).

Table 1

Date de l'étalonnage	Appareil	I MKA	Courant de l'im- pulsion de con- trôle, MKA	Correction dans la sen- sibilité, %
Obninsk: septembre	HΦ - 03 05 06 07	1,0183 1,0541 0,9819 1,0194	0,05232 0,05286 0,05042 0,05056	+ 2,67 + 0,30 + 2,63 - 0,81
Poltava: janvier 1974	НФ - 03 05 06 07	I,0164 I,0545 0,9837 I,0173	0,05205 0,05250 0,05028 0,05035	+ 2,42 - 0,24 + 2,27 - 1,01

Table 2

Date de l'étalonnage	Appareil		Correction sur γ prise dans la réduction,%
Poltava: Janvier 1974	H\$ - 03	+ 2,50 + 0,30	+ 2,54
	05	+ 0,96 ∓ 0,44	+ 0,03
	06	+ 2,08 ∓ 0,73	+ 2,45
	07	- 0,42 ± 0,30	- 0,91

Les données des tables 1 et 2 confirment que la constante fondamentale des séismo-clinomètres d'Ostrovski \mathbf{I}_0 est stable et ne varie pas dans le processus de l'exploitation des appareils. Il n'y a que la valeur du courant de l'impulsion de contrôle qui varie à cause de la décharge de l'élément du type PU utilisé. C'est pourquoi il est utile de remplacer l'élément PU par une source plus stable de tension par exemple par le stabilisateur paramétrique qui équivaut par ses caractéristiques à un élément normal de classe trois.

Le procédé direct d'étalonnage sur des petits angles est proposé pour les séismo-clinomètres depuis longtemps [3] mais ses défauts ne donnaient pas la possibilité d'atteindre la précision exigée de quelques dixièmes de pourcent. Grâce aux travaux de A.L. Bagmet et A.M. Koutnii, le procédé direct d'étalonnage a été amélioré [5] et la méthode élaborée à présent [4,6] permet d'obtenir avec sûreté la précision requise.

A la station de "Pokrovskaïa Bagatchka" les appareils HØ-O3 et O6 enregistraient l'inclinaison dans la direction Nord-sud et les appareils HØ-O5 et O7 dans la direction ouest-est. Depuis le mois d'avril jusqu'à la fin de 1973, les quatre clinomètres ont été installés dans la direction ouest-est. Malheureusement pour différentes raisons on n'a obtenu que cinq séries mensuelles par les trois appareils en enregistrement parallèle dans la direction ouest-est.

A la station de "Pokrovskaïa Bagatchka" comme dans les autres stations de marées terrestres dans les galeries d'une profondeur de 10 à 15 m l'enregistrement en hiver ne convenait pas pour l'analyse harmonique à cause des perturbations provoquées par le gel et le dégel du sol. En outre, à la station de "Pokrovskaïa Bagatchka" on a observé un phénomène non encore rencontré jusque là lors de l'observation des inclinaisons de marées sur le territoire d'Ukraine.

Chaque été en commençant du 20 au 30 mai est apparu sur l'enregistrement une onde non due aux marées diurnes dont l'amplitude croissait et atteignait en août un maximum de 0"1. Ensuite l'amplitude diminuait et le phénomène disparaissait au mois de novembre. Il est intéressant que l'amplitude de cette onde diurne non due aux marées est plusieurs fois plus grandes dans la direction ouest-est que dans la direction nord-sud.

Les recherches, en particulier le branchement de l'alimentation des ampoules des photoéléments depuis les stabilisateurs sur les accumulateurs ont montré que le phénomène a une cause qui ne vient pas de l'appareil mais est lié à la déformation de la surface de la Terre. Il est caractéristique que son intensité dépend directement du degré de réchauffement du sol. Au mois de mai lorsque le sol est encore froid, les variations diurnes de la température de l'air de 10°C n'apparaissaient pas de façon effective sur l'enregistrement mais en août des plus petites variations diurnes de la température ont provoqué une onde diurne non due aux marées d'une amplitude allant jusque 0"1. Il est probable que le phénomène découvert est d'une certaine façon lié à la situation de la station de "Pokrovskaïa Bagatchka" directement sur la fracture sud limitée à la dépression du Dnieper-Donetz.

Cette hypothèse est renforcée par le fait qu'à la station clinométrique de "Beresovaïa Roudka" de la région de Piriatin près de Poltava qui est située à quelques kilomètres au sud de cette fracture [7] on observe également un phénomène analogue bien qu'à un degré moindre.

On a obtenu pour l'analyse harmonique dans la direction nord-sud:270 jours pour le clinomètre 03 et 364 jours pour le clinomètre 06 et dans la direction est-ouest: 60 jours pour le clinomètre 05, 60 jours pour le clinomètre 06 et 270 jours pour le clinomètre 07.

L'enregistrement du clinomètre 06 dans la direction nord-sud et l'enregistrement du clinomètre 07 dans la direction ouest-est jusqu'en avril 1973 ont été réduits par la méthode de Venedikov en une série d'une durée respectivement de 364 et 240 jours. L'enregistrement de l'appareil 03 dans la direction nord-sud d'une longueur de 270 jours et l'enregistrement des appareils 05, 06 et 07 depuis avril 1973 (en tout cinq séries mensuelles) dans la direction ouest-est a été réduit par la méthode de Venedikov en séries mensuelles.

Pour l'onde M₂ les résultats correspondent avec les valeurs analogues obtenues dans les points provisoires de "Schetchenkovo" et "Katerinovka" du profil Kiev-Artemovsk [1,2] et à la station clinométrique permanente de l'observatoire gravimétrique de Poltava "Soudievka" [8].

De la table 4 il s'ensuit également une bonne concordance des constantes harmoniques des ondes de marées obtenues par les différents appareils lors de l'observation des inclinaisons sur un socle. Cela confirme encore une fois la conclusion que au même point les clinomètres d'Ostrovski donnent les mêmes valeurs de γ et \times .

Il convient de dire que cette concordance ne s'observe qu'après l'introduction des corrections à l'étalonnage (table 2) ce qui confirme encore une fois leur haute sûreté.

Puisqu'à présent on a atteint un important progrès dans la méthode d'étalonnage des clinomètres permettant de mesurer leur sensibilité avec une erreur réelle ne dépassant pas 0,5% le moment est venu de poser la question de l'allongement de la durée des observations dans les points de marées terrestres provisoires pour obtenir des erreurs sur γ des ondes principales ne dépassant pas 0,0030 et les erreurs sur χ ne dépassant pas 0°5.

	2	×		g _{ree}	2 4						49 49	22	. 800 800		000	∾ത.	
	oʻ '	٨	\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\\	00 00 0 8 0 8 8 8 8 14 1		S	>	<	4+1	47,	0 == 1 1 + +1		541	7			
									>		0,79	0°,798 + 037	0,795	0°,700 + 03ï	0,806	0,737	
		×	500 500 500	1 mm	45° 53						20						
	M	>	2,5	247 242 257 250 257 200 407		1				,00° 60° 80°	14 10 80 80	0 0	& \$ \$ \$ \$ \$ \$	544 550 500 500	+4°80 +0°75		
		5		00	0		ONDE	M	-		0 +1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0		0,632	0.722 ± 015	0,718	0,719	ŧ
	dischiage un dividual state cause constitution on the	×	+ + + + + + + + + + + + + + + + + + +	· ~~~	- 2,78					de la companya de la	 	က်င်း လင်း	4,0° 0.03	68	25.4 23.4	22	
Table 3	N		00 00 00 00 00	795	0,619	.*		N ₂	×			ကက္ †	44	+ + +	ကိုယို	တို့ကို	
		-	۵ ۲ ۳ ۳ ۵	*.		-	16 4		>	Sud	0,69 <u>1</u>	0,705	0,702	0,706 ± 067	0,655	0,671 ± 038	
	Y	×	0 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2	5,62		Tabl		× Nord-S	! 1	45° 677° 677°	1 1 2 2 2 3 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4	1 + 1 5,28	ouest- +7,77 +4,81	12,54 14,94	1 1 22		
		>	00 7728 885	0.00	0,770			X	>		2469 2000	1,429		0,758 +091	0,733 ± 034	0,736 + 032	
		×	++ 000 500 500 500	+ -22, 38 80, 80	+ 8,4				×		1+1 0-4	-43,29 +33,55	11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	++5.0%	1++ 8,8 4,0,0 15,0	+ 4 2 87	
	0	>	00 27.2 880	0,545	0,547				0,	_		0,765	0,556 + 316		0,616	0,605	-0,608 + 040
		de la	treet CA	604	ro.			l.a			€14		rée	2	02	lérée	
		Ser						0	serie		364	270	pondérée	240	•	(table 3) Moyenne pondérée	
		Appareil	116-05	90-@H	10-en			Apparei1			H@-06	H@-03	Моуеппе	H&-07	He-05,06,	Moyenne	

i i

La durée des observations permet ici de séparer assez sûrement la vitesse de l'inclinaison annuelle et sa composante saisonnière.

Après avoir éliminé les périodicités semi-diurnes et diurnes on représente la courbe de la dérive du clinomètre par une équation de la forme

$$y_t = a + \delta t + r\cos(\omega t + 4), \tag{1}$$

où t et φ est l'amplitude et la phase initiale de l'onde annuelle. Il faut souligner que pour composer les équations (1) il faut disposer du mouvement ininterrompu de la dérive. Malheureusement dans la pratique cette condition n'est pas réalisée dans la plupart des cas à cause d'interruptions pour différentes raisons. C'est pourquoi dans ces cas il convient d'utiliser les équations (2) obtenues en fonction du système (1) par la soustraction de chaque équation précédente de la suivante.

$$\Delta y_i = \delta \Delta t - 2r \sin \omega \frac{\Delta t}{2} \sin \left[\omega \left(t + \frac{\Delta t}{2} \right) + \varphi \right]. \tag{2}$$

Ici t $-\frac{\Delta t}{2}$ est l'époque de temps depuis le début initial arbitraire jusqu'au milieu de chaque intervalle Δy_i . Les équations de la forme (2) sont composées pour les directions NS et EW pour chaque appareil. Comme termes indépendants on a pris les vitesses mensuelles du mouvement de la dérive.

Les données obtenues sont données dans la table 5. Pour la comparaison, les phases initiales des ondes de marées pour les différents appareils ont été réduites au milieu de janvier et correspondent à l'enregistrement sous la forme

y=r sin (30°t + 5,1).

Table 5

Constitution of the consti			www.compressor.com		
Appareil	Direction	r	. ф	Vitesse annuell l'inclinaison,	
03 05 06 07	NS EW NS EW	0,22 + 0,09 -1, 0,22 + 0,05 + 0,28 + 0,09 - 1,05 + 0,15 + 1,05 +	28 ⁰ 3+24,I 45,4+12,0 53,2+17,1 52,9+12,8	-0',87+0,38 +2,04±0,22 -4,11±0,37 +4,03±0,64	ndistration of which realized and the second and th

Comme on le constate par la table 5, les résultats obtenus pour les différentes paires concordent assez bien en qualité entre eux.

Cependant les données des appareils 06, 07 sont systématiquement exagérées en comparaison avec les indications de la paire 03, 05.

Il est fort probable que c'est en relation avec l'application des différentes sources d'alimentation des bobines des appareils. Les résultats obtenus pour les appareils 03, 05 sont plus sûrs puisque les réseaux des bobines de ces appareils ont été alimentés par le stabilisateur paramétrique de tension.

Bibliographie

- BALENKO V.G., KOUTNII A.M., NOVIKOVA A.N.
 Rotation et déformations de marées de la Terre
 Publ. 2.K. "Naoukova Doumka" 1970
- 2. BALENKO V.G., KOUTNII A.M., NOVIKOVA A.N. Rotation et déformations de marées de la Terre Publ. 3.K "Naoukova Doumka" 1971
- 3. BALENKO V.G., KOUTNII A.M., NOVIKOVA A.N. Rotation et déformations de marées de la Terre Publ. 1.K. "Naoukova Doumka" 1970
- 4. GOLOUBITSKII V.G., KOUTNII A.M.
 Rotation et déformations de marées de la Terre
 Publ. 5.K. "Naoukova Doumka" 1973

- 5. BAGMET A.L., KOUTNII A.M.
 Rotation et déformations de marées de la Terre
 Publ. 5.K. "Naoukova Doumka" 1973
- 6. GOLOUBITSKII V.G., KOUTNII A.M., BALENKO V.G., BOGDAN I. You Cette publication page 55
- 7. BALENKO V.G., KOUTNII A.M.
 Rotation et déformations de marées de la Terre
 Publ. 5.K. "Naoukova Doumka" 1973
- 8. MATVEYEV P.S., OSTROVSKII A.E., GOLOUBITSKII V.G., BOGDAN I. You., DOUBIK B.S., SLAVINSKAIA E.A.

 Cette publication page 3.