

MAREES TERRESTRES

BULLETIN D'INFORMATIONS

N° 57

31 mai 1970

Association Internationale de Géodésie

Commission Permanente des Marées Terrestres

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

TABLE DES MATIERES N° 57.

Zenaiïda Nicolaïevna AKSENTIEVA	P. 2717
L.A. LATININA, R.M. KARMALEYEVA (<i>Traduction</i>) Résultats des observations de groupes des inclinaisons de la surface de la terre à la station opposée à la région de Moscou.	2720
A.E. OSTROVSKII, P.S. MATVEYEV, V.G. BALENKO (<i>Traduction</i>) Sur les observations clinométriques dans les sondages	2729
N.A. POPOV, Ia. S. IATSKIV (<i>Traduction</i>) Sur les variations de l'amplitude de la nutation libre diurne de la terre	2734
Y.A. OURASSINA (<i>Traduction</i>) Résultats fondamentaux de l'analyse des observations clinométriques à l'obser- vatoire astronomique Engelhardt	2741
B.K. BALAVADZE, K.Z. KARTVELICHVILE (<i>Traduction</i>) Laboratoire des Marées terrestres à Tbilissi	2750
S.M. FANDIOUCHINA (<i>Traduction</i>) Inclinaison de la surface de la terre d'après les observations de Talgar	2753
Y.A. OURASSINA (<i>Traduction</i>) Les observations des inclinaisons à l'observatoire astronomique Engelhardt	2763
B.K. BALAVADSE, R.M. KARMALEYEVA, K.Z. KARTVELICHVILI, L.K. LATININA (<i>Traduction</i>) Observations sur les déformations de Marées terrestres à l'aide d'un extenso- mètre horizontal à Tbilissi	2770
V.K. TARADY (<i>Traduction</i>) Détermination des termes principaux de la nutation d'après les données des observations de latitude	2778

Zénaïda Nicolaïevna AKSENTIEVA

Physique de la Terre N° 9, 1969

Le 8 avril 1969 décédait subitement Zénaïda Nicolaïevna Aksentieva l'un des plus anciens gravimétristes soviétiques, directrice de l'Observatoire Gravimétrique de Poltava, membre correspondant de l'Académie des Sciences d'Ukraine, docteur es sciences physiques-mathématiques, maître émérite de la science d'Ukraine.

Z.N. Aksentieva est née en 1900 à Odessa dans une famille d'employés. Elle commença son activité en 1919 unissant l'étude à l'Université d'Odessa avec le travail de l'Observatoire Astronomique d'Odessa. Après avoir terminé l'Université, Z.N. Aksentieva travailla depuis le début de la fondation de l'Observatoire Gravimétrique de Poltava comme calculatrice, observateur, astronome météorologiste et collaborateur scientifique principal.

Au début des années 30, elle prit part aux liaisons gravimétriques de Poltava avec les points gravimétriques fondamentaux d'URSS établis à l'initiative et sous la direction de A. Ia Orlov.

Ce travail avait été entrepris pour établir à Poltava un nouveau point gravimétrique fondamental d'où partirait le levé gravimétrique de l'Ukraine effectué par l'Observatoire de Poltava et dans lequel Z.N. Aksentieva a pris une part très active. L'établissement de la carte gravimétrique a une grande importance pour la mise en valeur du sous-sol de notre pays. Les premiers travaux scientifiques de Z.N. Aksentieva sont dédiés aux problèmes des liaisons gravimétriques.

De 1934 à 1939, Z.N. Aksentieva a travaillé dans une série d'institutions scientifiques de Moscou et de la région de Moscou. Là elle s'occupait de questions de marées atmosphériques. Grâce à ses travaux et également aux travaux de A. Ia Orlov durant cette période, on a réussi à isoler dans de longs enregistrements du barographe une onde lunaire semi-diurne M_2 , ayant une amplitude d'environ 0,01 mm pt. ct. Cela a une grande importance pour l'étude des propriétés de l'atmosphère et en particulier pour l'étude des variations ionosphériques et des variations du champ magnétique terrestre dépendant de l'ionosphère.

En 1939, elle a changé de travail, elle est passée à l'Observatoire de Poltava où elle a été nommée collaborateur scientifique principal et ensuite chef de service. A cette période paraissent ses travaux sur les marées terrestres. Elle a obtenu une série de onze années d'observations clinométriques de marées à Poltava (1939-1941) qui ont été effectuées à l'aide de pendules horizontaux avec suspension en fils de platine (appelés pendules du système Repsold-Levitskii).

Pendant les années de la Grande Guerre nationale, Z.N. Aksentieva et l'Observatoire sont partis pour Irkoutsk où elle a travaillé comme adjointe du directeur de la partie scientifique. De cette période datent ses travaux sur l'étude des marées du lac Baïkal. Par l'analyse harmonique des enregistrements des marées du lac elle a séparé l'onde lunaire principale semi-diurne M_2 et, se servant de la théorie des marées du Baïkal, élaborée par le savant autrichien Sternek, elle a obtenu la combinaison connue des nombres de Love h et k par ces observations.

Après la libération de Poltava, Z.N. Aksentieva y rentre et prend une part active dans l'organisation du travail scientifique de l'Observatoire dont l'équipement principal venait d'Irkoutsk. Depuis 1948, elle travaille en tant qu'adjointe du directeur scientifique mais depuis mai 1951 et jusqu'à la fin de sa vie, comme directrice de l'Observatoire gravimétrique de Poltava.

En 1943, Z.N. Aksentieva a défendu sa thèse de candidat en sciences physiques mathématiques et en 1947 une thèse de docteur en sciences physiques-mathématiques. En 1951 elle a été choisie comme membre correspondant de l'Académie des Sciences d'Ukraine. Sa thèse de doctorat est consacrée aux problèmes des observations des inclinaisons de marées, à la méthode de réduction de ces observations et à l'interprétation des résultats obtenus par de longues séries d'observations (une série de 11 ans de 1930 à 1941 a été soumise à l'analyse). Le coefficient caractérisant l'inclinaison de la marée élastique au point d'observation a été obtenu pour la première fois par une si longue série c'est-à-dire avec la plus grande certitude pour l'époque.

En 1954, Z.N. Aksentieva a effectué pour la première fois en Union Soviétique, des observations des variations de marées de la force de pesanteur à l'aide du gravimètre Askania Graf.2. Par ces observations on a déterminé une autre combinaison des nombres de Love et notamment d'après les observations de Z.N. Aksentieva.

La pratique des observations clinométriques a montré qu'elles sont fortement perturbées par des influences locales. Ainsi s'est présentée la possibilité d'étudier les particularités régionales géotectoniques. Dans ce but, le département de la physique de l'écorce terrestre de l'Observatoire de Poltava effectue des observations clinométriques et gravimétriques des marées terrestres en Ukraine et Z.N. Aksentieva y a pris une part effective. Elle a dirigé ce département depuis le moment de sa création en 1964 et elle a dirigé également le travail de la détermination de l'irrégularité de rotation de la Terre qui a été élaboré à l'Observatoire de Poltava depuis 1956.

Z.N. Aksentieva a consacré beaucoup de ses forces à la formation des jeunes cadres scientifiques. Sous sa direction plusieurs collaborateurs scientifiques de l'Observatoire ont défendu leurs thèses de candidats. Jusqu'au dernier jour toute la vie de cette personne modeste a été consacrée au développement de la science. On lui doit environ 40 travaux scientifiques imprimés. Le gouvernement soviétique a estimé hautement son mérite. Elle a été élue à maintes

reprises comme député du Conseil Suprême d'Ukraine et du Conseil régional de Poltava, elle a été décorée des médailles de "La Vaillance au Travail" et " du travail courageux" pendant la Grande Guerre Nationale de 1941 - 1945 et également de l'ordre du "Signe d'Honneur". En 1960, on lui a attribué le titre de maître émérite de la science d'Ukraine.

La radieuse mémoire de Z.N. Aksentieva se conservera pour toujours dans nos coeurs.

N.A. Popov, E.V. Lavrentieva, P.S. Matveyev, V.G. Balenko, N.I. Pantchenko, E.I. Obreskova, I.A. Ditchko, E.I. Evtouchenko, O.V. Tchouprounova, I.P. Ogorodnik, P.S. Korba, V.G. Goloubitskii, V.G. Boulatsen, E.I. Popova, V.N. Sintcheskoul, B.F. Sintcheskoul, E.O. Bobovoz, A.A. Clavinskaïa et d'autres.

Physique de la Terre, N° 9, p. 116, 1969.

RESULTATS DES OBSERVATIONS DE GROUPES DES INCLINAISONS DE LA SURFACE DE LA
TERRE A LA STATION OPPOSEE A LA REGION DE MOSCOU

L.A. Latinina, R.M. Karmaléyeva

Rapports - Symposium Intern. Leningrad 1968.

Obs. grav. de Poltava - Ac. des Sc. Ukraine

РЕЗУЛЬТАТЫ ГРУППОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ НАКЛОНОВ
ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА СТАНЦИИ ПРОТВИНО
МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.

Л.А. Латынина, Р.М. Кармалеева.

Доклады - Симпозиум Ленинград 1968

Полт. Гравим. Обсерв. АН УССР.

La méthode d'enregistrement ininterrompu des mouvements lents rencontre de sérieuses difficultés. Les valeurs qui nous intéressent sont faibles et comparables respectivement avec la dérive instrumentale propre à chaque appareil et avec les mouvements locaux dans les points de contact de l'appareil et de la roche.

Dans ces conditions il est important de connaître quelle est la précision réelle des mesures. Cette question n'est pas nouvelle et se résoud en effectuant des mesures avec un groupe d'appareils installés parallèlement.

La précision des mesures dépendant de la durée de l'intervalle des observations, nous avons effectué une longue série d'observations avec des clinomètres à enregistrement photooptique. La sensibilité maximum de ces appareils est de $0^{\prime\prime},05$ /mm de déplacement sur le papier photographique.

Nous avons tenté de déterminer quel est l'angle minimum d'inclinaison qui peut être relevé par les appareils. Les recherches ont été effectuées dans différentes conditions de température : dans un endroit thermostatisé - dans une mine à la profondeur de 15 m située dans le calcaire et dans un site à une profondeur de 4 mètres de la surface trois groupes de clinomètres ont fonctionné dans la mine enregistrant chacun les inclinaisons dans les directions NS, EW et N 45° E. Le premier et le second groupes sont constitués respectivement de quatre clinomètres, le troisième

de deux appareils. Les pendules voisins dans chaque groupe sont répartis anti parallèlement l'un de l'autre. Les appareils fonctionnent avec une sensibilité de $0^{\circ},21/\text{mm}$. La variation lente des inclinaisons est égale en moyenne à $0^{\circ},2 - 0^{\circ},5$ par mois d'après les données des mesures dans la mine.

Les indications des appareils de chaque groupe ne correspondent pas entre elles. L'écart quadratique moyen calculé en fonction de la moyenne des différents groupes varie de $\pm 0^{\circ},10$ jusqu'à $0^{\circ},45$ par mois.

Nous avons tenté d'effectuer l'analyse des divergences entre les indications des appareils séparés c'est-à-dire des erreurs de mesures. Nous représenterons la valeur de l'inclinaison enregistrée par chacun des appareils comme la somme de l'inclinaison du socle φ , de l'erreur systématique de la dérive de l'appareil X_{oi} et de l'erreur accidentelle

$$\xi_i, X_i = \varphi + X_{oi} + \xi_i \quad (1)$$

l'écart en fonction de la moyenne pour chacun des appareils

$$X_i - \bar{X} = (X_{oi} - X_o) + (\xi_i - \xi_o), \text{ où } X_o = \frac{\sum X_{oi}}{n}; \xi_o = \frac{\sum \xi_i}{n} \quad (2)$$

L'erreur de mesure est provoquée par des petites erreurs d'instrument, par des phénomènes plastiques et de fatigue dans les différentes jonctions de l'appareil. Dans différents appareils et à différents moments elles peuvent aussi apparaître dans différentes combinaisons accidentelles. Il existe également une quantité de causes locales de déplacements de la roche. Dans notre analyse nous émettons l'hypothèse que les erreurs sont accidentelles et sont soumises à la loi normale de répartition. Cette hypothèse a été vérifiée. Nous avons partagé deux années d'observation en intervalles de 10 jours et construit pour ces intervalles la répartition statistique des écarts des indications de chacun des appareils du groupe par rapport à la moyenne. Ces courbes étaient pour tous les appareils du groupe voisines de la courbe de répartition normale avec une moyenne zéro (fig. 1). Les écarts de ces courbes ont un caractère fortuit d'après le critère de Pearson avec une probabilité de 0,97. Les courbes correspondantes, construites séparément pour les indications de chacun des appareils sont également voisines de la courbe de répartition normale mais dans ce cas les valeurs moyennes des écarts ne sont pas égales à zéro : les courbes sont déplacées par rapport à l'axe y d'un côté ou de l'autre. Conformément à l'expression (2) ce déplacement est égal à la dérive de l'appareil, c'est-à-dire que nous avons supposé que les erreurs de mesures sont soumises à la loi de répartition normale avec une moyenne à zéro.

On a obtenu pour le groupe NS les valeurs ci-après des dérivés

$$\begin{array}{ll} X_{01} = 0'',04/10 \text{ jours} & X_{03} = 0'',09/10 \text{ jours} \\ X_{02} = 0'',02/10 \text{ jours} & X_{04} = 0'',07/10 \text{ jours.} \end{array}$$

Pour vérifier l'exactitude de nos hypothèses, la dérive a été soumise à un autre examen d'après les indications d'une paire d'appareils antiparallèles. On a construit des répartitions statistiques de la somme

$$X_1 + X_2 = (X_{01} + X_{02}) + (\epsilon_1 + \epsilon_2) \quad (3)$$

On a obtenu des courbes voisines des courbes de répartition normale ; on a déterminé la valeur $(X_{01} + X_{02})$ d'après la valeur de leur déplacement par rapport à l'axe y et elle avait une précision allant jusqu'à 0'',03 égale à la somme correspondante des dérivés, calculée d'après les indications du groupe d'appareils.

Par conséquent, l'analyse effectuée a montré que :

- 1) il existe une dérive de l'appareil. Sa valeur d'après nos mesures n'est pas de plus de 0'',10/10 jours.
- 2) les erreurs de mesure sont soumises à la loi normale et sur cette base nous pouvons trouver avec une probabilité donnée l'intervalle de confiance c'est-à-dire la zone à l'intérieur de laquelle passe la courbe de l'inclinaison propre. Cette zone s'élargit avec le temps ce qui est dû à la présence de l'erreur systématique. La précision de la détermination de l'angle d'inclinaison par mois d'après les différents groupes d'appareils dans la mine est égale à $\pm 0'',30 - \pm 0'',50$ avec une probabilité de 0,8 d'après le critère statistique de Student. Nous donnons sur la figure 2 l'allure de l'inclinaison pour la période de 1966 à 67 dans la direction NS. Nous indiquons par une ligne fine les limites de l'intervalle de confiance, par une ligne épaisse l'allure moyenne de l'inclinaison obtenue par le groupe d'appareils. La valeur de l'inclinaison pour 1967 est de $3'',0 \pm 2'',0$. Une carte analogue s'observe aussi par d'autres installations clinométriques. Nous donnons sur la figure 3 l'allure des inclinaisons pour 7 mois obtenue d'après les données d'un groupe de quatre appareils installés parallèlement et anti parallèlement sur un socle à la profondeur de 4 m sous le niveau de jour. Le régime de température du local est complexe. Outre les variations journalières de la température dont l'amplitude atteint 0°,1 on observe de brusques variations atteignant dans des cas isolés quelques degrés en 2 à 3 jours.

Sur le dessin la ligne épaisse représente l'allure moyenne de l'inclinaison, les lignes minces représentent les limites de l'intervalle de confiance. Dans ces conditions, la précision de la détermination de l'angle d'inclinaison est de $\pm 0'',5 - \pm 1'',0$ par mois ce qui donne par an $\pm 1'',5 - \pm 3'',5$. Dans le cas donné la précision pour 7 mois est égale à $\pm 2'',5$.

La comparaison des courbes de l'allure des inclinaisons obtenues dans la mine pendant 1,5 an par trois groupes d'appareils a montré leur accord tout à fait satisfaisant (fig. 4). Sur la figure, la ligne continue représente l'allure de l'inclinaison obtenue d'après le groupe N 45° E. la ligne pointillée donne l'allure d'après le groupes NS et EW. Des divergences dans les courbes sont observées après certains travaux avec les appareils ; les époques en sont notés par des flèches. La carte obtenue témoigne de ce que nous enregistrons dans le cas donné l'inclinaison homogène de la surface (~ 400 m²) sur laquelle sont disposés les appareils.

Jusqu'à présent nous avons parlé de la précision dans l'enregistrement des inclinaisons lentes. Nous examinerons maintenant le caractère de l'enregistrement des mouvements intenses. Le mouvement le plus intense enregistré par les appareils dans la mine est le mouvement correspondant à la période de grandes crues du fleuve Protva. Le fleuve se trouve à 3 km au sud de la station. L'eau à la période de grandes crues s'élève à la hauteur de 7 à 8 m. Nous donnons sur la fig. 5 l'allure des inclinaisons au moment des grandes crues de 1966 d'après les indications des quatre appareils. Le niveau maximum du fleuve est atteint le 5 avril. A la période de montée maximale de l'eau du 30/III au 7/IV les appareils ont indiqué l'inclinaison vers le fleuve vers le sud et sa valeur pour une semaine était de 0",5. Tous les appareils ont enregistré l'inclinaison en bon accord. L'écart quadratique moyen par rapport à la moyenne est de $\pm 0",07$. En 1967, l'inclinaison à la période de grandes crues est égale à 1",0 vers le sud. Nous expliquons cette inclinaison par l'influence de la grande charge supplémentaire provenant des eaux du fleuve. La déviation dans la direction opposée se produit lentement et est augmentée par l'allure générale de l'inclinaison. Cet exemple montre que les appareils donnent un graphique en accord avec les mouvements quand la vitesse du mouvement est suffisamment élevée, de l'ordre de 0",5 par semaine.

Dans un local non thermostaté, l'enregistrement de l'inclinaison de température journalière constitue le modèle de mouvement qui se produit avec une grande vitesse. Nous donnons sur la figure 6 l'allure journalière enregistrée par le groupe de clinomètres N° 3, N° 4, N° 5 sur le socle le long de son grand axe à la profondeur de 4 m. Les courbes sont construites d'après les valeurs mensuelles moyennes par heure pour septembre 1967. Sur le graphique sont reportées les valeurs de la température de l'air extérieur. L'amplitude complète de l'inclinaison périodique est égale à 0",5. La divergence maximale dans les indications des appareils séparés est de 0",05. On observe un retard de phase de l'inclinaison de 2 heures en moyenne par rapport à l'allure de la température extérieure. On a l'impression qu'on n'observe pas de corrélation étroite par rapport à l'allure de la température intérieure. Ainsi, au moment du minimum de température du matin, les phases de la température et de l'inclinaison correspondent, tandis qu'au moment du maximum de jour, l'inclinaison devance la température de 1 à 2 heures. Ainsi, on a l'impression que nous avons affaire avec une inclinaison déterminée par la déformation de la surface de la Terre dans l'allure journalière de la température mais pas par le jeu du socle sous l'influence de la température intérieure et non pas avec l'action directe des variations de la température sur les appareils.

On observe une corrélation des inclinaisons uniquement avec les variations intérieures de la température. Ainsi, on peut affirmer :

Premièrement, les variations des inclinaisons ne constituent pas un effet de température de l'appareil lui-même et cela pour les raisons suivantes : dans la table I nous donnons quelques exemples de variation des inclinaisons en relation avec les variations brusques de la température interne enregistrées sur deux socles. Conformément à nos mesures, le coefficient de température des appareils analogues est différent pour les différents appareils non seulement en valeur mais en signe. Cependant sa valeur ne dépasse pas $\pm 0",5/$ degré C. Nous verrons dans la même table des coefficients de température sensiblement plus grands allant jusqu'à $4",4/$ degré.

Deuxièmement, les valeurs des inclinaisons d'après les indications des différents appareils dans une seule direction sur le même socle sont voisines entre elles lors de la variation de la température. En moyenne la concordance va jusqu'à $\pm 0",20$.

Troisièmement, si on compare les enregistrements des inclinaisons le long du grand et du petit axes des socles, nous voyons que la valeur de l'inclinaison est toujours plus petite dans le premier cas que dans le second c'est-à-dire qu'ici apparaît le caractère de la géométrie du socle. Cela se voit particulièrement bien pour les grandes variations de températures.

Quatrièmement, au moment où selon les indications des appareils installés le long du petit axe, un socle s'incline d'un côté, les appareils de l'autre socle indiquent l'inclinaison de la direction opposée.

Sur la base de tout ce qui a été exposé, nous tirons la conclusion que la corrélation observée des inclinaisons avec les variations de la température interne reflète le processus de la déformation des socles ; ceci se confirme par la bonne convergence des données pour chaque groupe d'appareils de la direction déterminée.

Ainsi, les points fondamentaux de notre travail sont :

- 1) L'estimation de la précision de mesure des inclinaisons lentes à partir de la divergence des indications des appareils installés parallèlement :
elle est égale à $\pm 2",0/$ ans en conditions thermostatées
 $\pm 0",5/$ mois " "
 $\pm 3",5/$ ans en surface
 $\pm 1",0/$ mois "
- 2) Lors de l'enregistrement des mouvements se produisant avec une grande vitesse de l'ordre de $0",5$ par semaine et plus, la précision n'est pas plus mauvaise que $\pm 0",1$.
- 3) Le clinomètre fonctionnant dans les conditions d'absence de thermostatisation enregistre l'inclinaison de la surface sur laquelle il est placé et non l'allure de la température de l'appareil lui-même.

Table 1

Date	1-ый постамент		2-ой постамент	
	малая ось	большая ось	малая ось	большая ось
15/1-68г.	№ 3 -1,92	№ 2 -0,28	№ 1 +1,62	№ 2 +0,60
	№ 4 -1,67	№ 6 -0,60	№ 4 +2,00	№ 3 +0,65
	№ 5 -2,24	№ 7 -0,29	№ 5 +1,42	№ 6 +0,36
18/11-67г.	№ 3 -1,64	№ 2 -0,49	№ 1 +1,35	№ 3 +0,50
	№ 4 -1,35	№ 6 -0,73	№ 4 +1,72	№ 6 +0,36
	№ 5 -1,52	№ 7 -0,57	№ 7 +1,36	
12/1X-67г.	№ 3 +0,80	№ 1 +0,51	№ 1 -0,72	№ 2 -0,42
	№ 4 +0,76	№ 2 +0,42	№ 4 -0,41	№ 3 0,00
	№ 5 +0,73	№ 6 +0,45	№ 5 -1,03	№ 6 0,00
		№ 7 +0,33	№ 7 -0,70	

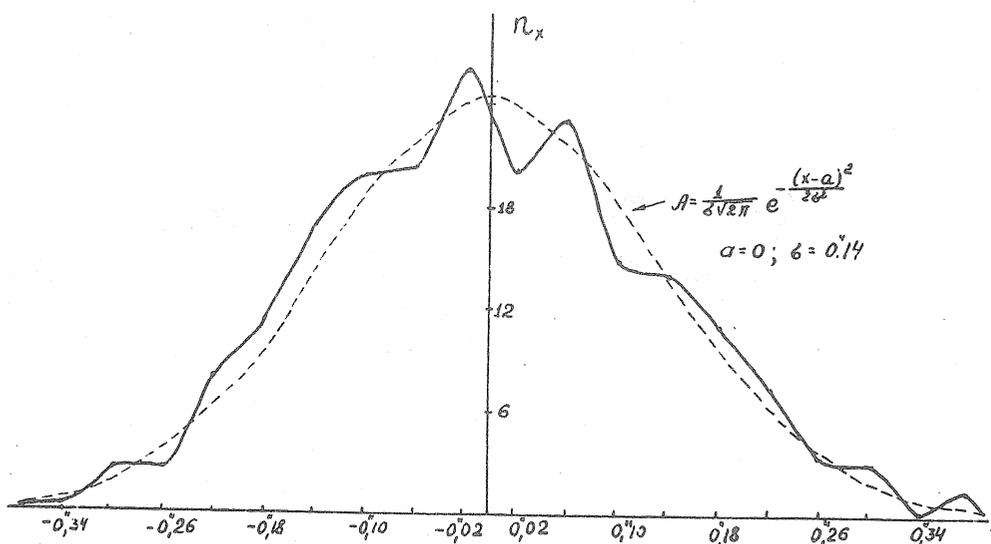


Fig. 1. Courbes de répartition des écarts des indications de chacun des appareils en fonction de la moyenne pour 21 mois pour le groupe de clinomètres NS.

— courbe expérimentale de la répartition des écarts.
 - - - courbe correspondante de la répartition normale.

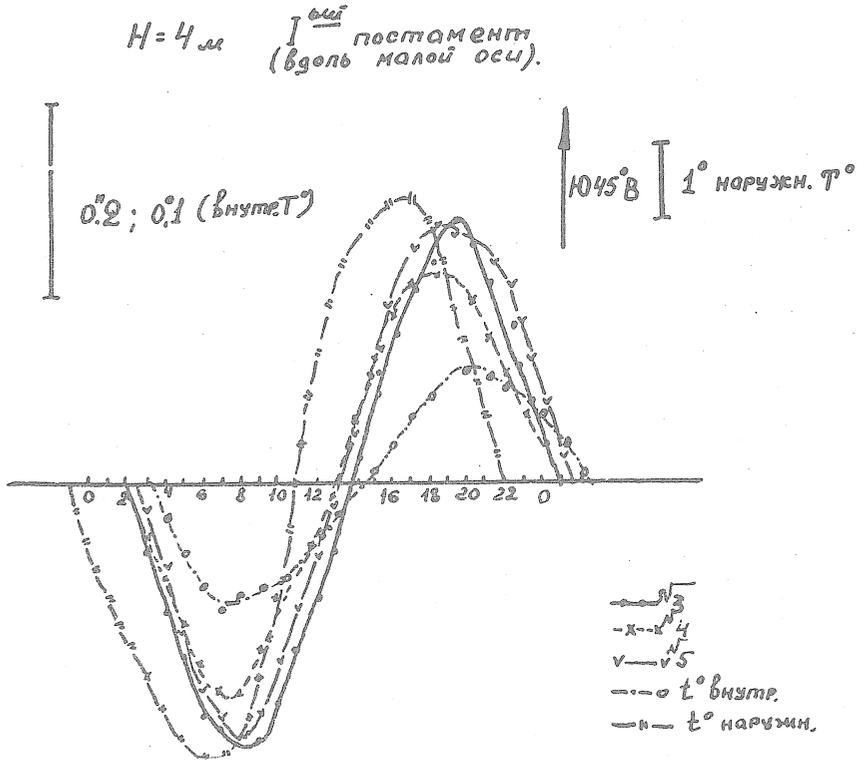


Fig. 6. Allure de la température diurne et des inclinaisons d'après les données du groupe d'appareils situés à la profondeur de 4 m sous surface.

SUR LES OBSERVATIONS CLINOMETRIQUES DANS LES SONDAGES

A.E. Ostrovskii, P.S. Matveyev, V.G. Balenko

Rapports - Symposium Intern. Leningrad 1968.
Obs. grav. de Poltava - Ac. des Sc. Ukraine

О НАКЛОНОМЕРНЫХ НАБЛЮДЕНИЯХ В ШУРФАХ

А.Е. Островский, П.С. Матвеев, В.Г. Баленко.

Доклады - Симпозиум Ленинград 1968
Полт. Грав. Обсерв. АН УССР.

Nous avons déjà donné dans l'article [1] les résultats des observations clinométriques de marées lorsque les clinomètres ont été installés dans les puits. Les dimensions des clinomètres photoélectriques sont telles qu'elles permettent de placer quatre clinomètres sur une surface de $0,6 \text{ m}^2$ [2]. Ainsi, un puits d'un mètre de diamètre convient tout à fait pour enregistrer les inclinaisons avec deux ensembles de clinomètres.

Dans cet article, on a examiné en détail les résultats des observations dans les puits et on a donné une description schématique des puits de deux types qui ont été utilisés en Ukraine et près de Moscou.

La première expérience a été faite sur le profil passant dans la direction du méridien : Soumi - Poltava - Kherson [3,4].

Près de Moscou, les puits sont disposés par groupes en trois points à Novlinskii : 2 puits, à Cianovo, 3 puits et à Khatoun : 3 puits [5]. Deux puits sont situés à Novlinskii à 20 mètres l'un de l'autre. A deux kilomètres de Novlinskii, à Cianovo on a effectué des observations dans trois puits situés également à 20 mètres l'un de l'autre et enfin à 90 kilomètres de ces deux groupes de puits se trouve un groupe de trois puits à Khatoun.

L'aménagement des puits situés sur le territoire d'Ukraine diffère un peu de l'aménagement des puits près de Moscou c'est pourquoi nous nous arrêterons à la construction des puits des deux types.

Près de Moscou, les puits ont également une forme cylindrique. Nous donnons à la figure 2 le schéma d'aménagement du puits. La partie supérieure du puits a un diamètre de 1,2 mètre, en bas son diamètre est égal à un mètre. La fixation est faite de planches s'appuyant de l'intérieur sur des anneaux d'acier. Dans la seconde section, on a aménagé en haut une salle d'enregistrement. La cabine d'une dimension de 2 x 2 m protège la trappe des abondantes chutes de neige en hiver et des eaux de pluie en été. Après le fonçage, le puits est rempli d'un mètre de béton sur la surface duquel sont installés les appareils.

Les résultats des observations des ondes de marées dans les puits sont donnés dans les tables 1 et 2.

Pour la composante EW la divergence des valeurs du paramètre $\gamma (M_2)$ obtenu dans les stations d'Ukraine était très faible. La plus petite valeur 0,678 pour la station de Likhovka pour une série de quatre mois d'observations. La valeur $\gamma (M_2)$ pour cette composante pour les puits près de Moscou a été déterminée avec une moindre précision mais les séries d'observations sont ici sensiblement plus courtes et sont en tout de 3 à 4 mois. Le déphasage pour la composante EW était la même près de Moscou que pour les observations d'Ukraine. La précision de détermination du déphasage est égale et est environ d'un degré.

La valeur $\gamma (M_2)$ pour la composante NS moyenne aussi bien pour l'un ou l'autre groupe de puits était sensiblement plus petite que la valeur $\gamma (M_2)$ pour la composante EW. L'erreur quadratique moyenne de $\gamma (M_2)$ en NS pour le groupe des puits d'Ukraine est d'un ordre plus grand que la valeur quadratique moyenne de cette valeur obtenue pour la composante EW.

La différence de $\gamma (M_2)$ pour les composantes peut être expliquée par deux raisons : premièrement par l'influence de la température agissant principalement dans la direction NS et deuxièmement par l'influence de la structure géologique de l'écorce terrestre. Les recherches ultérieures montrent la contribution de chacune de ces causes. L'augmentation de précision des mesures des amplitudes et des phases et l'analyse des causes provoquant des erreurs systématiques constituent la tâche principale des observations.

L'expérience des observations dans les puits en Ukraine et près de Moscou montre que les salles du même type, avec la simplicité de leurs aménagements donnent la possibilité d'obtenir des enregistrements des inclinaisons de marées pas plus mauvais que dans des caves, des galeries et des mines où ces observations ont été effectuées jusqu'à présent.

Les observations sur le territoire d'Ukraine ont été effectuées en 5 stations : Darievka, Likhovka, Velikié Boudicha, Samotoevka et Chevtchenkovo. Le schéma d'aménagement du puits appliqué aux stations clinométriques d'Ukraine est donné à la figure 1.

Dans la station de Velikié Boudicha le puits est fait de sol argileux. Sa profondeur est de 12,4 m. Le puits a une forme cylindrique, à l'intérieur il est en briques. Le diamètre du puits est de 1,3 m, l'épaisseur des murs en briques est de 12 cm. Le corps du puits est partagé par des dalles en béton armé en quatre sections verticales d'une hauteur de trois mètres chacune. Sur chaque dalle il y a une trappe de (40 x 50 cm) qui se ferme par un couvercle en bois. Le socle pour l'installation des appareils est en briques, d'une dimension de 75 x 75 x 17 cm, et repose sur des moellons de béton enfouis dans le sol à 0,7 m. Les recouvrements sont calfeutrés par une couche de scories, en haut le puits est rempli de limaille et d'argile (épaisseur de la couche 40 cm) (fig. 1). La salle pour l'enregistrement est construite à une distance de 15 m du puits, en sous-sol d'une dimension de 2,5 x 2,3 x 2,3 m³ (fig. 1). Les fils d'amenée passent dans un tube de ciment d'amiante (Ø = 10 cm) pratiqué entre le puits et la salle d'enregistrement à une profondeur de 60 cm.

Dans les stations de Likhovka et Samotoevka les puits ne diffèrent pas essentiellement du puits construit à Velikié Boudicha ; ils ont cependant une section en moins et leur profondeur est de 9,0 m pour Likhovka et de 10,3 pour Samatoevka.

A la station de Darievka le puits est analogue à celui décrit plus haut. A titre d'expérience on a employé ici pour le soutènement des parois des anneaux en béton armé (le puits a deux sections, la profondeur est de 7 m). L'exploitation du puits a montré qu'à l'intérieur de celui-ci on observe de grandes variations de température.

Le puits de la station de Chevtchenkovo est en loess et en argile. La profondeur du puits est de 16 mètres, le diamètre est de 1,2 mètre. Le puits est partagé en cinq sections par des cloisons horizontales constituées de couvertures en bois d'une épaisseur de 15 cm. Les cloisons s'appuient sur des poutres en béton armé intercalées dans les parois du puits. La première section est fermée en haut par un couvercle en béton armé et est faite de briques. Les sections inférieures ne sont pas fixées. Sur le fond du puits est enfoui dans le sol à 45 cm un socle en briques d'une dimension de 80 x 50 x 50 cm³. Les recouvrements en bois sont calfeutrés par des scories et sont goudronnés. Le recouvrement supérieur en béton armé est rempli de sol d'une épaisseur de 60 cm.

L'enregistreur est installé à la distance de 6 m du puits dans un sous-sol spécialement construit (2 x 2 x 1,5 m³). Des accumulateurs, un redresseur et un autre appareil auxiliaire sont installés dans la salle d'enregistrement.

Table 1.

Valeurs $\gamma (M_2)$ et $\kappa (M_2)$ d'après les observations dans les puits en Ukraine.

Stations	Nombre de mois	NS		EW	
		γ	κ	γ	κ
Darievka	12	0,633 ± 11	- 3,8°* $\pm 1,3$	0,682 ± 8	- 6,9 $\pm 0,7$
Likhovka	4	0,541 ± 27	- 5,0 $\pm 2,0$	0,678 ± 21	- 6,5 $\pm 1,6$
Velikié Boudicha	24	0,639 ± 5	0,7 $\pm 0,6$	0,704 ± 5	- 5,5 $\pm 0,3$
Samotoevka	6	0,707 ± 14	0,6 $\pm 1,0$	0,704 ± 11	- 3,6 $\pm 1,3$
Chevtchenkovo	8	0,700 ± 12	- 0,06 $\pm 1,5$	0,707 ± 12	- 2,7 $\pm 1,1$
Moyenne sans Likhovka		0,670 ± 20	- 0,6 $\pm 0,9$	0,699 ± 6	- 4,7 $\pm 0,9$

* Le signe moins désigne le retard de phase de l'onde observée par rapport à l'onde théorique.

Table 2.

Valeurs $\gamma (M_2)$ et $\kappa (M_2)$ d'après les observations dans les puits près de Moscou

Stations	Nombre de mois	NS		EW	
		γ	κ	γ	κ
Novlinskoe	1	0,763 ± 8	- 8,8° $\pm 1,2$	0,680 ± 9	- 6,4° $\pm 1,0$
Novlinskoe	2	0,592 ± 15	- 4,8 $\pm 1,5$	0,768 ± 38	- 7,6 $\pm 0,5$
Cianovo	3	0,690 ± 4	- 5,0 $\pm 0,05$	0,675 ± 10	- 5,0 $\pm 0,9$
Khatoun	4	0,669 ± 21	1,1 $\pm 1,4$	0,733 ± 25	- 5,7 $\pm 5,1$
Khatoun	5	0,620 ± 9	- 7,5 $\pm 5,1$	0,715 ± 20	- 3,3 $\pm 1,4$
Khatoun	6	0,676 ± 15	- 2,6 $\pm 0,9$	0,707 ± 6	- 4,0 $\pm 2,4$
Moyenne sans Novlinskoe	2	0,683 ± 23	- 4,6 $\pm 1,5$	0,702 ± 11	- 4,9 $\pm 0,6$

BIBLIOGRAPHIE

1. Z.N. AKSENTIEVA, A.E. OSTROVSKII, P.S. MATVEYEV
Sur les observations des inclinaisons de la surface de la Terre sur le territoire d'URSS.
(Symposium Leningrad 1968).

2. A.E. OSTROVSKII
Clinomètre avec enregistrement photoélectrique
Publ. Gravimétrie N° 2 Edit. Ac. des Sc. URSS, 1961.

3. P.S. MATVEYEV, I.D. BOGDAN
Observations des inclinaisons de la surface de la Terre sur les points du profil Soumi-Kherson.
Publ. des rapports de la réunion sur les inclinaisons Obninsk 1968. Ac. des Sc. URSS (sous presse).

4. V.G. BALENKO, A.M. KOUTNI, A.N. NOVIKOVA
Résultats préliminaires des observations clinométriques à la station de Chevtchenkovo.
Publ. des rapports de la réunion sur les inclinaisons Obninsk 1968 Ac. des Sc. (sous presse).

5. A.E. OSTROVSKII, L.J. MIRONOVA
Inclinaisons de marées de la surface de la Terre d'après les observations dans les puits au voisinage de Moscou.
Publ. Marées Terrestres et structure interne de la Terre. Ed. "Naouka" (sous presse).

SUR LES VARIATIONS DE L'AMPLITUDE DE LA NUTATION LIBRE DIURNE DE LA TERRE

N.A. Popov - (Observatoire Gravimétrique de Poltava Ac. des Sc. d'Ukraine).

Ia. S. Iatskiv - (Observatoire Astronomique de l'Ac. des Sc. d'Ukraine).

ОБ ИЗМЕНЕНИЯХ АМПЛИТУДЫ СВОБОДНОЙ СУТОЧНОЙ
НУТАЦИИ ЗЕМЛИ

Н.А. Попов /Полтавская гравиметрическая
обсерватория АН УССР/

Я.С. Яцкив /Главная астрономическая об-
серватория АН УССР/

L'étude détaillée de la nutation diurne de la Terre, déduite des résultats des observations astronomiques est très utile pour la mise à jour du mécanisme de perturbation de cette nutation et l'amélioration du modèle de la structure interne de la Terre. Dans le cas d'une excitation de la nutation par un processus périodique continu, le spectre calculé de la puissance aura une raie discrète de hauteur

$$DX = \frac{a^2}{2}$$

où a est l'amplitude de l'onde de nutation. Si le système envisagé a une énergie sous forme d'impulsions il apparaîtra dans le spectre un pic "érodé" qui représente la répartition de l'énergie DY en fréquence et correspond à l'oscillation avec une fonction de corrélation périodique amortissante. Dans les processus physiques réels deux types d'oscillations pourront s'observer sur la même fréquence c'est-à-dire :

$$Z = X + Y \quad (1)$$

où X est l'oscillation du type $a \cos \omega_0 t$

Y est l'oscillation du type $a \xi(t) \cos \omega_0 t$

$\xi(t)$ est le processus aléatoire stationnaire avec les paramètres $(0;1)$

L'expression (1) correspond au modèle où les énergies obtenue (perturbation) et dissipée (forces de frottement, couplage électromagnétique) sont égales $DX = DY$. Le spectre de ce processus mixte Z se compose de deux bandes latérales répétant le spectre du processus aléatoire

stationnaire $\xi(t)$ et disposées symétriquement par rapport à la fréquence ω_0 .

$$S_z(\omega) = \frac{1}{2}S_\xi(\omega_0 + \omega) + S_x(\omega_0) + \frac{1}{2}S_s(\omega_0 - \omega)$$

Nous passerons maintenant à l'étude des spectres calculés d'après les résultats des observations de latitude dans le domaine des fréquences voisines de la fréquence de la nutation libre diurne.

Dans les observations des étoiles zénithales brillantes à Poltava, cette nutation se manifeste dans la succession des latitudes sous la forme d'une oscillation de période $T = 463.5$ jours sidéraux ≈ 1.27 an.

Nous donnons sur la figure 1 tirée du travail [1] l'aspect du spectre dans le domaine des périodes de 1.06 à 1.38 an. Ce spectre est calculé d'après les données de 15 années d'observations ; on a pris ainsi les valeurs de la latitude sur des laps de temps $\Delta t = 10$ jours moyens (j.m.) ≈ 0.03 an. Le nombre total d'ordonnées utilisées est approximativement égal à

$$N = 15 \times 36,5 \approx 548.$$

On sait que, dans le spectre, se répartissent des oscillations dont les fréquences

$$\omega_k = k \Delta \omega \quad \text{où} \quad k = 0, 1, 2 \dots$$

$$\Delta \omega = \frac{\pi}{N} \approx 0^\circ,33$$

diffèrent, en pas, de moins de deux intervalles $\Delta \omega$ c'est-à-dire $k_1 - k_2 \geq 2$. Si donc $k_1 - k_2 \geq 4$, on aura dans le spectre une séparation complète des oscillations de fréquences $k_1 \Delta \omega$ et $k_2 \Delta \omega$

En réalité, sur la figure 1 on n'a pas obtenu ce partage mais on a un pic "érodé" qui peut correspondre soit à l'oscillation de nutation amortie soit à certaines oscillations ne se divisant pas en une série donnée d'observations.

Des résultats semblables sont également obtenus en [2] où on étudie le spectre de la nutation libre diurne d'après les données des observations de latitude à Poulkovo de 1915 à 1928. Nous noterons que, dans ce cas, les différences des valeurs de la latitude de nuit et du matin, la nutation libre diurne se manifeste sous la forme d'une oscillation de période

$$T = 204.0 \text{ j.m.} \quad = 0.56 \text{ an}$$

Les spectres calculés dans les deux variantes dans le domaine des fréquences qui nous intéresse, sont donnés sur les figures 2, 3. Sur la première, outre l'oscillation de nutation, se détache à peine sensiblement le pic d'une autre oscillation de période

$$T_1 = 194.3 \text{ j.m.} = 0.53 \text{ an.}$$

Dans la seconde variante les oscillations indiquées ne se détachent pas et composent un seul pic large dans ce domaine de fréquences.

Il y a intérêt à calculer les valeurs de l'amplitude et de la phase de la nutation libre diurne d'après les différents intervalles d'observations. Ces résultats sont obtenus jusqu'à présent d'après les observations de Poulkovo (1915.9 - 1928.9) et de Poltava (1939.4 - 1968.8). Ils sont donnés dans la table où a est l'amplitude de l'onde de nutation, γ est la phase initiale se rapportant à 0^h du temps sidéral local de Poltava 1 juin 1939. Nous n'examinerons pas ici les variations de phase en supposant que ses écarts à la moyenne sont accidentels. Les valeurs de l'amplitude varient sensiblement en fonction de l'intervalle des observations (voir fig. 4). Sur l'axe des abscisses sont hachurés les laps de temps au cours desquels se sont déroulées les observations de latitude à Poltava et à Poulkovo.

Cela concorde totalement avec les considérations faites plus haut sur la largeur du spectre. De plus, dans les variations d'amplitude on découvre une certaine régularité. Nous déterminerons leur période d'après les distances entre les maxima et les minima de l'amplitude. Dans les observations de Poltava nous avons deux minima précis - respectivement en 1953 et 1964, et un maximum en 1959 et dans les observations de Poulkovo un minimum dans l'intervalle 1920.4 - 1923.4 et un maximum probable en 1917 - 1918.

Nous en déduisons que la variation de l'amplitude de la nutation libre diurne se produit approximativement avec une période de 10 à 11 ans.

Nous représenterons les valeurs de départ de l'amplitude $a(t)$ sous la forme

$$a(t) = a_0 + \Delta a \sin \left(\frac{2\pi}{10,5} t + \beta \right) \quad (2)$$

où a_0 est la valeur moyenne de l'amplitude, t est le temps exprimé en années, β est la phase initiale rapportée à 1939.0. Nous avons trouvé les estimations a_0 , Δa et β d'après les déterminations indépendantes qui entrent dans la table sous les numéros 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 12, 16 et 20.

$$a_0 = 0''013$$

$$\Delta a = 0.013$$

$$\beta = 145^\circ$$

Table

№ II/II	Intervalle des observations	Epoque moyenne	a	γ	Remarque
I.	1915.9-1918.9	1917.4	0.031	164 ⁰	
2.	1919.9-1921.9	1920.4	-	-	l'oscillation ne se découvre pas
3.	1922.0-1924.9	1923.4	-	-	l'oscillation ne se découvre pas
4.	1925.0-1928.9	1926.9	0.012	185	
5.	1939.4-1941.7	1940.5	0.016	86	
6.	1944.6-1949.3	1946.8	0.020	50	
7.	1947.6-1952.7	1950.2	0.006	158	
8.	1950.2-1955.2	1952.7	0.005	179	
9.	1951.5-1956.5	1954.0	0.005	86	
10.	1952.7-1957.8	1955.3	0.007	40	
11.	1954.0-1959.1	1956.5	0.017	51	
12.	1955.2-1960.3	1957.8	0.027	82	
13.	1956.6-1961.6	1959.1	0.023	112	
14.	1957.8-1962.9	1960.3	0.027	104	
15.	1959.1-1964.1	1961.6	0.016	98	
16.	1960.3-1965.4	1962.8	0.004	163	
17.	1961.6-1966.7	1964.1	0.002	155	
18.	1962.9-1967.9	1965.4	0.004	112	
19.	1964.1-1968.8	1966.5	0.014	146	
20.	1965.4-1968.8	1967.1	0.014	116	

En les substituant dans l'équation (2) nous calculons les valeurs de l'amplitude pour les différentes époques. Ces dernières sont indiquées sur la figure 4 par une ligne pointillée. Si les variations remarquées de l'amplitude sont réelles, cela signifie alors que la quantité d'énergie qu'obtient de façon continue et périodiquement le système oscillatoire varie de façon cyclique en fonction des sources extérieures.

Dans ce cas, en considérant la nutation comme une oscillation d'amplitude modulée, on doit découvrir dans le spectre calculé d'après une série prolongée d'observations, outre l'oscillation principale, deux autres oscillations de périodes

$$T_{1,2} = \frac{10,5 \cdot T}{10,5 \pm T}$$

où T est la période de l'onde de nutation exprimée en années. Par exemple, pour les observations de la latitude, en époque moyenne constante de temps nous avons des oscillations de périodes

$$T_1 = \frac{10,5 \times 0,56}{10,5 + 0,56} \approx 0,53$$

$$T_2 = \frac{10,5 \times 0,56}{10,5 - 0,56} \approx 0,59$$

La première de celles-ci a été trouvée précédemment dans les observations de la latitude de Poulkovo.

BIBLIOGRAPHIE

1. N.A. POPOV
Les petits termes périodiques dans les variations de la latitude de Poltava
" Naoukova Doumka " Kiev, 1968.
2. Ja. S. JATSKIV
Marées terrestres
Bulletin d'informations N° 54, Bruxelles 1969.

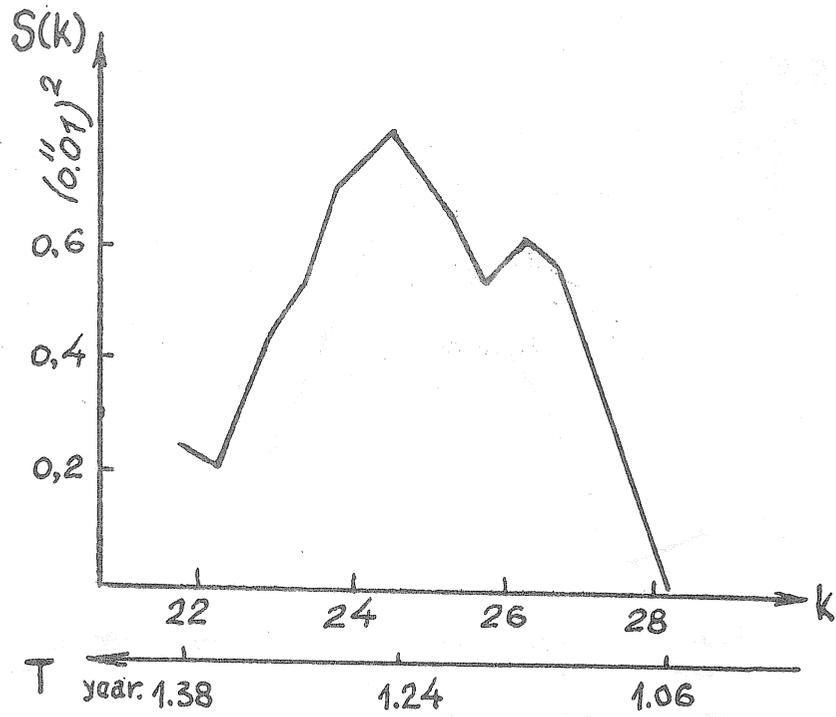


Fig. 1

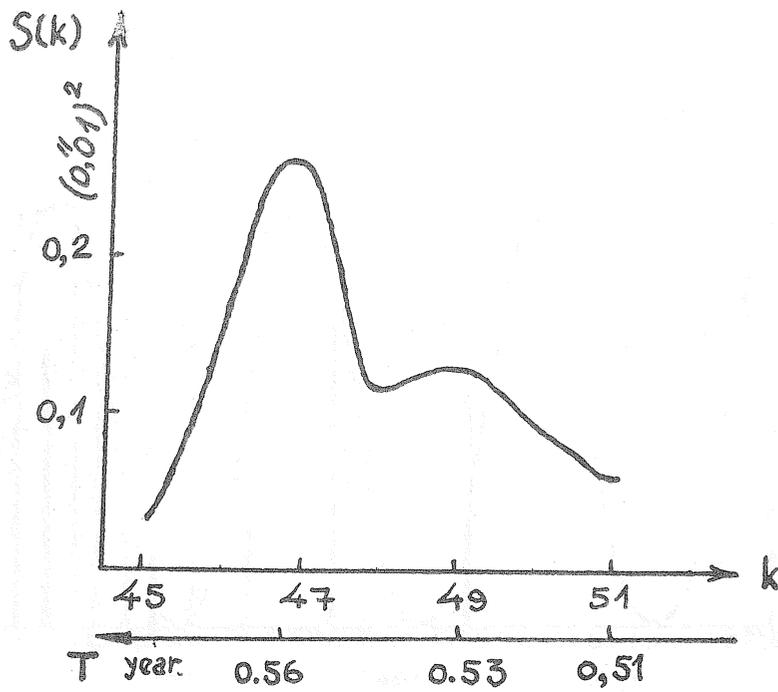


Fig. 2.

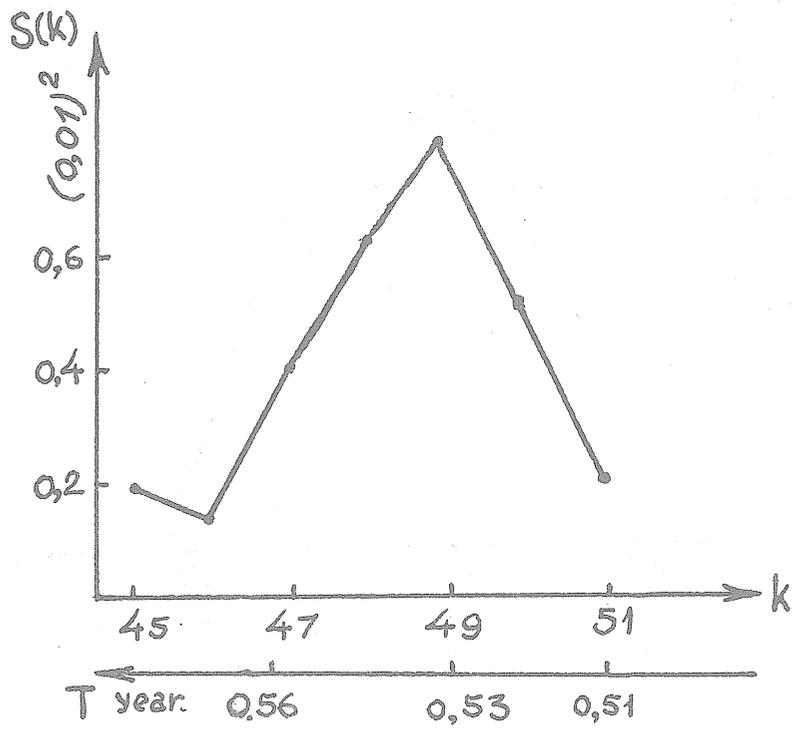


Fig. 3.

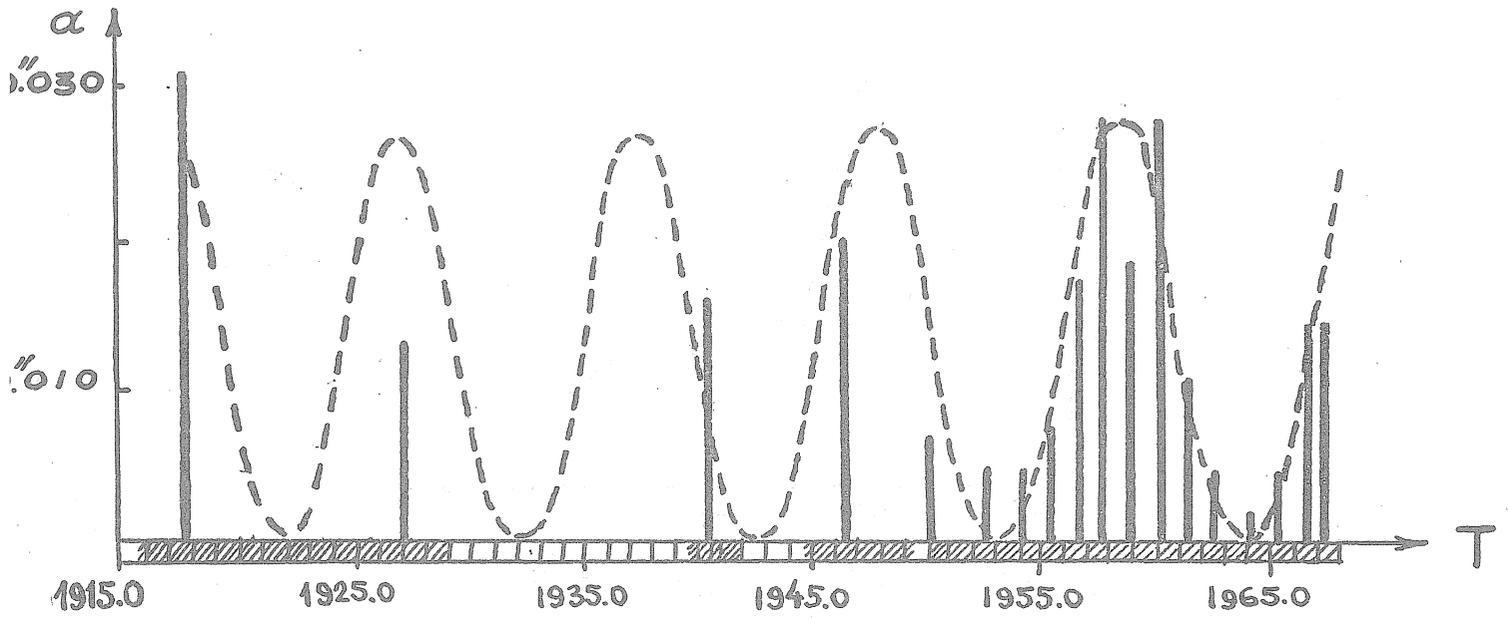


Fig. 4

Traduction.

RESULTATS FONDAMENTAUX DE L'ANALYSE DES OBSERVATIONS CLINOMETRIQUES A
L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE ENGELHARDT

Y. A. Ourassina

НАБЛЮДЕНИЯ НАКЛОНОВ В АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ
ИМ. В.П. ЕНГЕЛЬГАРДТА.

И. А. Урасина.

Симпозиум Ленинграда - 1968.

Москва - 1969.

Dans cet article nous donnons les résultats de l'analyse harmonique des observations de 1960 - 1966 [1, 2], des observations réduites à nouveau de 1952-1954 [3] et également les résultats fondamentaux de l'analyse de la dérive des inclinaisons pour 1965-1968 [4].

La continuité des observations pour la dernière période a permis de séparer dans la dérive des inclinaisons, pour les composantes NS et EW, l'harmonique irrégulière de période voisine de un an et dont l'amplitude varie pour les différentes années en NS de 0"3 à 0"6 tandis qu'en EW elle est à peu près égale à 0"3. Le maximum se produit en automne, le minimum au printemps. On peut représenter cette onde en NS par l'équation

$$\psi = 0^{\prime\prime}41 \cos(36^{\circ} t + 84^{\circ}) \pm 0.04 \pm 5 \quad (1)$$

Pour éclaircir les causes de l'onde annuelle pour la composante NS on a étudié les données de la pression de l'air au site d'observation, les gradients de la pression atmosphérique (sur une étendue de 600 Km au sud et au nord de Kazan) l'effet total du vent dans la région de Kazan selon les surfaces isobariques fondamentales jusqu'à l'altitude de 16 km et les variations du niveau de la Volga (Le lit principal de la Volga passe au sud de l'Observatoire à la distance de 5 à 6 Km).

Bien que chacun de ces phénomènes exerce un effet sur les observations clinométriques, les recherches ont montré qu'aucun d'eux pris en particulier ne constitue la cause de l'onde annuelle dans les inclinaisons.

Les observations de la température de l'air extérieur de l'O.A.E. ont été soumises également à l'analyse.

On a déterminé par la méthode spectrale l'accord des harmoniques générales dans ces deux aspects des observations. Un accord satisfaisant a été, comme il fallait l'espérer, obtenu pour les composantes annuelles. Ainsi les extrêmes des inclinaisons retardent environ de 80 jours par rapport aux extrêmes de température. La corrélation entre les valeurs adoucies des inclinaisons et de la température en tenant compte du déphasage était égal à 0.74.

Cependant les valeurs de l'amplitude et de la phase des inclinaisons sont différentes chaque année alors que pour la température ces caractéristiques sont approximativement constantes. C'est pourquoi, le rapport des amplitudes des ondes clinométrique et de température a varié dans la période de 1965.4 à 1968.4 d'un facteur de plus de deux. Cette circonstance ne nous permet pas de considérer toute l'onde annuelle dans les inclinaisons comme d'origine thermique. Il y a probablement une influence importante et d'autres causes jusqu'à présent non éclaircies. Ces dernières peuvent être par exemple les variations annuelles du niveau des eaux souterraines.

N'est pas exclu non plus l'effet de causes globales : par exemple les tensions des couches supérieures de l'écorce terrestre à la suite de l'apport saisonnier de masses d'air et d'eau d'un hémisphère dans l'autre et la variation des conditions météorologiques dans l'hémisphère nord.

Lors de l'analyse de la partie à courte période de la dérive des inclinaisons avec une période de quelques jours on a découvert une grande corrélation des inclinaisons avec des variations semblables dans l'allure de la pression atmosphérique à l'OAE. D'après les observations englobant VIII - X 1966 (480 équations liées), le coefficient de corrélation entre les variations des inclinaisons et de la pression atmosphérique était en NS (appareil N° 7) égal à 0.894 et en EW (N° 12) égal à - 0.911. On a trouvé que les inclinaisons sont en avance sur la pression d'une heure en NS et de deux heures en EW. Des recherches semblables d'après les observations d'août-septembre 1965 (650 équations liées) pour les deux appareils installés parallèlement ont donné également en NS une avance des données des inclinaisons d'une heure.

On a trouvé que la variation de la pression de 1 mbar provoque des inclinaisons de 0"002 en NS et de 0"004 en EW.

La méthode de recherche et l'explication possible du décalage de l'inclinaison est donnée dans les travaux de D. Simon [5].

On sait qu'à l'OAE on effectue à l'aide d'un télescope zénithal ZTL - 180 des observations régulières de la variation de la latitude géographique.

Ayant des observations simultanées de la latitude et des inclinaisons au même endroit de la Terre il est probablement utile d'organiser des recherches sur les types de déformations qui ne sont pas dues aux marées de l'écorce terrestre.

Nous nous sommes efforcés de comparer l'allure annuelle des inclinaisons pour la période de 1965.4 à 1968.4 avec l'allure de la composante polaire annuelle dans la variation de la latitude. Pour cela on a lissé les observations des inclinaisons avec un coefficient d'amortissement $\epsilon = 0.01$ et par cela même on a séparé les harmoniques dont la période dépasse 200 jours des harmoniques dont la période est inférieure à 90 jours. Ensuite avec les données du Service International des Latitudes pour la période de 1960 - 1965 on a trouvé pour l'OAE l'équation de l'onde polaire annuelle ϕ_a :

$$\phi_a = 0''082 \cos(36^\circ t + 84^\circ) \quad (2)$$
$$\pm 0.003 \quad \pm 2$$

Par la comparaison de (1) et (2) il est facile de voir que la composante polaire annuelle moyenne pour 6 ans dans les variations de la latitude a une phase égale à celle de l'onde annuelle dans les inclinaisons. Le rapport des amplitudes est égal à 5 : 1. Le coefficient de corrélation entre ces deux ondes (pour 109 points distants l'un de l'autre de 10 jours) est égal à 0,80.

On a également étudié les composantes des inclinaisons et des variations non polaires de la latitude ayant une période de moins de 90 jours.

Pour 87 points pour la période de 1965.4 à 1968.4 la corrélation était égale à 0.38.

Ce n'est pas tant pour considérer la liaison trouvée comme établie que pour attirer l'attention sur elle. D'autant plus que chaque déplacement des données des inclinaisons d'un ou deux points par rapport aux données de latitudes, ramène rapidement cette corrélation à zéro. Ceci ne témoigne pas en faveur du hasard de cette liaison.

Nous n'affirmerons pas que les corrélations trouvées reflètent l'existence réelle des déformations qui ne sont pas dues aux marées de l'écorce terrestre découvertes aussi bien dans les observations des inclinaisons que de la latitude. Nous noterons seulement que dans le rapport de P. Vanicek développé au symposium de Leningrad sur les observations clinométriques qu'on remarque que la dérive annuelle des inclinaisons dans les observations de Cechura (1927 - 1939 Brézové Hory) révèle également une bonne coïncidence avec la composante annuelle de l'oscillation du pôle terrestre. Il est certain que la solution de cette question n'est possible que sur la base d'observations en commun et de longue durée des inclinaisons de marées et de la latitude en beaucoup de stations du globe terrestre.

Les observations clinométriques à l'OAE s'effectuent depuis 1952 jusqu'à présent. Pour cette période on a obtenu plus de 1200 valeurs instantanées γ et χ . Toutes les observations de 1952-1954 (avec des pendules Repsold-Levitskii), 1960-1966 (avec des clinomètres d'Ostrovskii) sont réduites sur EVM en séries mensuelles par la méthode de Pertsev [6], les observations de 1966 par la méthode de Matveyev [7] et de 1964-1966 par la méthode de Venedikov [8]. La dernière est effectuée au Centre International des Marées Terrestres par le professeur P. Melchior et les résultats sont envoyés à l'OAE.

La comparaison des résultats de l'analyse harmonique des trois méthodes indiquées a été faite sur les données de 1966. Nous donnons dans la table 1 les valeurs γ et χ pour les cinq ondes fondamentales de la marée : M_2 , S_2 , N_2 , K_1 et O_1 .

Ici n désigne le nombre de valeurs instantanées γ et χ (+ χ correspond au déphasage de la marée observée par rapport à la marée théorique), m est le nombre de jours d'observations. Comme le montre la table 1 les valeurs γ et χ pour l'onde M_2 sont effectivement égales entre elles pour les trois méthodes. Pour les autres ondes la différence dans les valeurs trouvées γ et χ d'après la méthode de Venedikov d'une part et d'après les méthodes de Pertsev et Matveyev d'autre part est sensible bien que plus petite que les erreurs de ces valeurs.

En comparaison avec les méthodes de Pertsev et Matveyev, la méthode de Venedikov a donné des valeurs γ voisines entre elles pour toutes les ondes semi-diurnes de la composante NS et M_2 , N_2 , O_1 - composante EW. En se basant sur les erreurs, les résultats en NS pour toutes les ondes (à l'exception de O_1) sont plus sûrs d'après la méthode Venedikov que d'après les autres méthodes.

La plus grande divergence a été obtenue pour les ondes K_1 et O_1 . Il fallait s'y attendre puisque dans la méthode de Venedikov appliquée pour tout l'ensemble annuel des observations on sépare mieux les ondes S_2 et K_2 et on élimine l'onde météorologique S_1 .

Les résultats de la réduction de toutes les observations par la méthode de Pertsev sont donnés dans la table 2.

Ici n désigne le nombre de valeurs instantanées γ et χ pour chacun des appareils par an, N est le nombre de séries mensuelles indépendantes, RL sont les pendules de Repsold-Levitskii, O_1 et O_2 respectivement de l'ancien et au nouveau modèle de clinomètre d'Ostrovskii.

Pour chacun des appareils les valeurs γ et χ ont été trouvées par moyennes vectorielles en tenant compte du nombre n . Les erreurs quadratiques moyennes de ces valeurs ont été calculées uniquement pour des séries indépendantes. Les erreurs des valeurs moyennes vectorielles générales ont été trouvées d'après la formule :

$$\epsilon_{\gamma} = \frac{\pm \sqrt{\sum (\epsilon_i N_i)^2}}{\sum N_i}$$

où N_i est le nombre de séries mensuelles indépendantes pour i appareils, ϵ_i est l'erreur quadratique moyenne de la valeur γ pour cet appareil. On a calculé de façon analogue l'erreur ϵ .

On voit par la table 2 que pour les deux composantes on a obtenu les mêmes années et pour différents appareils pour l'onde M_2 des valeurs voisines γ et χ et c'est pourquoi les valeurs moyennes vectorielles générales pour toutes les années et appareils sont pratiquement égales.

$$\gamma_{NS} = 0.701 \pm 0.004 \qquad \chi_{NS} = + 1^{\circ}0 \pm 0^{\circ}7 \quad \text{et}$$

$$\gamma_{EW} = 0.703 \pm 0.004 \qquad \chi_{EW} = - 0^{\circ}6 \pm 0^{\circ}6$$

Le membre correspondant de l'Académie des Sciences d'URSS N.N. Pariiskii, le docteur A.E. Ostrovskii, le candidat en physique mathématique P.S. Matveyev, le collaborateur scientifique de l'Institut de Physique de la Terre (Moscou) L.Y. Mironova et l'assistant S.R. Chakirova (OAE) m'ont fourni une grande aide par leur conseils et leur travail lors de la réalisation de ce travail.

Je profite de l'occasion pour leur exprimer ma profonde reconnaissance.

Je veux remercier particulièrement le professeur P. Melchior pour la réduction rapide de mes observations par la méthode de Venedikov au Centre International des Marées Terrestres.

Table 1.

Comparaison des résultats de l'analyse harmonique par les méthodes
Pertsev (P), Matveyev (M) et Venedikov (V) O.A.E.

n	m	Méthode	M ₂		S ₂		N ₂		K ₁		O ₁	
			γ	α	γ	α	γ	α	γ	α	γ	α
Nord - Sud												
263	376	P	0.709 ±0.007	+1.1 ±0.9	0.658 ±0.047	+13.7 ± 3.1	0.663 ±0.057	+1.1 ±2.8	0.887 ±0.199	+53.3 ±13.7	0.766 ±0.041	- 8.2 ± 3.6
263	376	M	0.707 ±0.007	+0.9 ±0.9	0.657 ±0.051	+13.9 ± 3.0	0.673 ±0.047	+1.2 ±2.3	0.869 ±0.189	+53.0 ±13.6	0.760 ±0.048	- 8.7 ± 3.2
	376	V	0.707 ±0.009	+1.5 ±0.7	0.694 ±0.018	+12.0 ± 1.4	0.684 ±0.044	+0.3 ±3.7	0.804 ±0.054	+36.3 ± 3.8	0.823 ±0.074	-13.2 ± 5.1
Est - West												
255	332	P	0.711 ±0.012	+0.9 ±1.0	0.915 ±0.043	-2.9 ±2.4	0.608 ±0.042	+5.0 ±4.1	0.967 ±0.082	+ 4.4 ± 3.2	0.628 ±0.043	- 4.9 ± 3.5
255	332	M	0.711 ±0.009	+0.6 ±0.6	0.907 ±0.044	-2.9 ±2.8	0.614 ±0.036	+2.7 ±4.0	0.954 ±0.108	+ 4.5 ± 3.2	0.630 ±0.045	- 4.8 ± 3.9
	332	V	0.713 ±0.010	+0.1 ±0.8	0.898 ±0.021	-1.7 ±1.4	0.675 ±0.052	+4.4 ±4.4	1.059 ±0.040	+ 3.7 ± 2.2	0.758 ±0.054	- 4.6 ± 4.1

Table 2.

Valeurs γ et χ pour les différents appareils NS, OAE

Années observ.	Types et années de l'appareil	n	N	M ₂		S ₂		N ₂		K ₁		O ₁	
				$A_T = 7.32$ msec.	χ	$A_T = 3.41$ msec.	χ	$A_T = 1.40$ msec.	χ	$A_T = 3.34$ msec.	χ	$A_T = 2.37$ msec.	χ
1952-1954	R-L	72	9	0.694 ±0.011	+0.2 ±3.0	0.669 ±0.058	+16.0 ± 6.0	0.630 ±0.118	-0.7 ±5.3	0.751 ±0.132	+19.4 ±12.7	0.778 ±0.081	+ 2.5 ± 2.8
1960-1964	O ₁ N 692, 693	125	20	0.663 ±0.009	-1.0 ±1.2	0.579 ±0.010	+ 0.4 ± 3.7	0.668 ±0.026	+1.1 ±2.8	0.747 ±0.070	- 1.6 ± 8.4	0.693 ±0.083	- 1.5 ± 6.5
1964	O ₂ N 19	75	7	0.717 ±0.006	+1.5 ±0.8	0.738 ±0.041	+11.7 ± 1.1	0.667 ±0.030	-8.1 ±3.6	0.700 ±0.181	+23.9 ± 3.6	0.795 ±0.142	-13.9 ± 7.2
1965	O ₂ N 7, N 7+12	125	7	0.715 ±0.008	+2.6 ±0.7	0.625 ±0.046	+19.0 ± 3.1	0.677 ±0.021	+10.7 ± 3.7	1.019 ±0.152	+38.9 ±11.7	0.652 ±0.189	-13.2 ± 4.1
1966	O ₂ N 7	263	12	0.709 ±0.007	+1.1 ±0.9	0.658 ±0.047	+13.7 ± 3.1	0.660 ±0.057	+ 1.1 ± 2.8	0.887 ±0.019	+53.3 ±13.7	0.766 ±0.041	- 8.2 ± 3.6
Moyenne vectorielle générale		660	55	0.701 ±0.004	+1.0 ±0.7	0.644 ±0.016	+12.0 ± 1.8	0.659 ±0.025	+ 1.7 ± 1.6	0.798 ±0.045	+35.2 ± 5.3	0.732 ±0.046	+ 7.3 ± 2.7

Table 2 (suite)

Valeurs γ et χ pour les différents appareils E.-W., OAE

Années d'observ.	Type et numéro de l'appareil	n	N	M ₂		S ₂		N ₂		K ₁		O ₁	
				γ	χ	γ	χ	γ	χ	γ	χ	γ	χ
				A _T = 8.86 msec.		A _T = 4.13 msec.		A _T = 1.70 msec.		A _T = 7.53 msec		A _T = 5.38 msec.	
				γ	χ	γ	χ	γ	χ	γ	χ	γ	χ
1952-1954	R-L	87	11	0.697 +0.014	-0.9 +2.0	0.640 +0.049	+7.8 +4.1	0.691 +0.075	+12.3 +7.4	0.836 +0.086	-0.9 +3.8	0.681 +0.024	-4.6 +2.5
1960-1964	O ₁ -E ₂ , 134 693		23	0.674 +0.004	-0.8 +0.7	-0.614 +0.024	+3.5 +2.1	0.631 +0.037	-5.4 +2.9	0.797 +0.021	-3.9 +2.9	0.665 +0.034	-11.4 +2.4
1964	O ₂ -E ₂ 18 62		6	0.736 +0.006	-3.9 +1.9	0.841 +0.033	-6.7 +2.7	0.711 +0.031	-11.9 +5.2	0.828 +0.061	-0.1 +5.4	0.646 +0.058	-7.9 +7.2
1965-1966	O ₂ -E ₂ 12 294		14	0.711 +0.010	+0.4 +0.8	0.900 +0.034	-2.0 +1.9	0.634 +0.039	+3.5 +3.5	0.956 +0.071	+5.6 +3.2	0.637 +0.036	-4.4 +2.9
Moyenne vectorielle générale		577	54	0.703 +0.004	-0.6 +0.6	0.786 +0.017	-0.3 +1.4	0.644 +0.025	+1.9 +2.6	0.835 +0.028	+2.1 +1.8	0.650 +0.019	-6.5 +1.9

BIBLIOGRAPHIE

1. A.E. OSTROVSKII, L.Y. MIRONOVA, Y.A. OURASSINA.
Résultats des observations clinométriques dans la région de Kazan pour 1960-1962.
Publ. "Etude des marées terrestres" Edit. "Science". Moscou 1964.
2. Y.A. OURASSINA
Analyse des variations de marées de la verticale à l'Observ. Astron. Engelhardt observées pour la période de 1961-1966.
Nouvelles de l'O.A.E. Edit. de l'Université de Kazan, 1968.
3. A.K. YVANOVA
Résultats des observations sur les variations de marées de la verticale à l'O.A.E.
Bull. N° 34 OAE, Edit. de l'Université de Kazan, 1959.
4. Y.A. OURASSINA
Observations des inclinaisons à l'Observ. Astron. Engelhardt.
Rapports du Symposium international pour l'échange d'expérience des observations clinométriques et de l'examen critique de leur sens physique. Leningrad, 1968.
Edit. Ac. des Sc. d'URSS. Comité géophysique Soviétique. Moscou, 1969.
5. D. SIMON.
Über den Einfluss von Luftänderungen und Meereszeiten auf die Ergebnisse der Harmonischen Analyse von Horizontalpendelaufzeichnungen.
Bull. d'Inform. N° 40, 1964 ; N° 44, 1966, Bruxelles.
6. B.P. PERTSEV
Analyse harmonique des marées élastiques.
Edit. de l'Ac. des Sc. d'URSS, série Géoph. N° 8. 1958.
7. P.S. MATVEYEV
Analyse harmonique d'une série mensuelle d'observations des marées terrestres.
Publ. "Marées Terrestres". Edit. "Naoukova Doumka", Kiev, 1966.
8. A. VENEDIKOV.
Une méthode pour l'analyse des marées terrestres à partir d'enregistrements de longueur arbitraire.
Comm. Obs. Roy. Belgique, N° 250, S.G. N° 71, 1966.

LABORATOIRE DES MAREES TERRESTRES A TBILISSI

B.K. Balavadze, K.Z. Kartvelichvilé

Institut de Géophysique de l'Ac. des Sc. de Géorgie

ЛАБОРАТОРИЯ ЗЕМНЫХ ПРИЛИВОВ В ТВИЛИСИ

В.К. Балавадзе, К.З. Картвелишвили.

Симпозиум Ленинграда - 1968 Москва 1969

A l'Institut de Géophysique de l'Académie des Sciences de Géorgie, l'étude des variations de marées de la force de pesanteur a commencé en 1959. Les observations ont été effectuées dans la cave de la station sismique de Tbilissi à l'aide du gravimètre GS - 11.

Pour plusieurs raisons, les conditions des observations dans la station ne convenaient cependant pas pour le développement des recherches dans le domaine des marées terrestres et c'est pourquoi on a décidé de construire un laboratoire souterrain spécial répondant aux exigences de telles observations. On a trouvé un endroit plus approprié pour ce laboratoire à la périphérie de Tbilissi au pied de la montagne Mtatzmind où se trouvent des galeries de mines horizontales abandonnées.

Notre intention d'organiser là le laboratoire mentionné a été appuyée par le directeur de l'Institut de Physique de la Terre de l'Académie des Sciences d'URSS, l'académicien M.A. Sadovskii et le Comité Géophysique Interministériel en la personne de son chef, le membre correspondant de l'Académie des Sciences d'URSS Y. D. Boulanger. Il nous est agréable de noter que Y.D. Boulanger prête constamment son assistance à notre laboratoire pour la mise au point et la réduction des observations ce qui influence très avantageusement le travail.

Le laboratoire est constitué d'une installation souterraine : une galerie horizontale avec des salles latérales et d'un bâtiment extérieur ajouté à l'un des tunnels d'entrée. La galerie a une longueur de 102 m et est creusée dans du grès formé de minces couches de tuf dense, moyennant et faiblement granuleux, de l'Eocène. En haut elle est couverte par les mêmes espèces

d'une épaisseur de 5 mètres à l'entrée et de 60 mètres à l'extrémité. D'après les recherches faites les microséismes n'y sont pas élevés et les eaux souterraines agressives sont inexistantes. On ne note pas dans la galerie de perturbations provenant du mouvement dans la ville. La ville ne peut pas s'agrandir dans cette zone pour des raisons de relief.

La surface interne de la galerie est bétonnée et elle a été couverte d'une composition spéciale qui semble heureuse vis à vis de l'étanchéité à l'eau. Plusieurs cloisons aménagées dans la galerie garantissent la constance de la température dans les limites de $+ 15^{\circ} \pm 0^{\circ}2$.

Au bout du long corridor de la galerie, dans des salles spéciales est installé un extensomètre en quartz à deux composantes horizontales réciproquement perpendiculaires d'une longueur de 42 m et 15 m chacune et une composante verticale d'une longueur de 6,2 m.

Dans l'autre salle, sur des socles en dalles de pierre massives scellées au rocher par un mortier de ciment se trouvent quelques complexes de clinomètres du système A.E. Ostrovskii. Les enregistreurs des clinomètres sont installés dans une salle spéciale de l'étage inférieur du bâtiment extérieur.

Il convient de noter que les installations d'enregistrement des extensomètres et des gravimètres laissent à désirer. C'est pourquoi avec le concours de l'Institut de construction d'appareils de précision et d'automatisation de Tbilissi on construit des systèmes d'enregistrement à distance de haute sensibilité avec enregistrement apparent qui doivent être prêts cette année. Le contrôle du fonctionnement normal de tous les appareils de mesure sera prochainement effectué par une installation à distance.

On tente de construire des clinomètres d'après le principe des clinomètres à tube d'eau. Ils seront installés à côté des extensomètres horizontaux.

Il est important d'ajouter qu'un groupe de collaborateurs de Y.D. Boulanger effectue dans la galerie depuis quelques années l'étude des déformations de l'écorce terrestre, à l'aide d'un nivellement de haute précision effectué chaque année sur 25 repères attachés au sol et aux socles des clinomètres.

Dans une des salles de la galerie est placé un complexe d'appareils sismiques du système D.P. Kirnos avec agrandissement 100.000.

Jusqu'à présent la réduction préliminaire des observations s'effectue encore à la main alors que l'analyse harmonique s'effectue sur ordinateur électronique. On a terminé à présent les travaux de mécanisation complète de la réduction des observations. Pour mesurer les ordonnées sur les enregistrements on a aménagé une installation spéciale périphérique au calculateur et elle a été placée au Centre de Calcul. Cette installation prépare les données pour l'analyse harmonique effectuée sur EVM et les rappelle aussi pour l'accumulation de longues séries d'observations.

Ainsi le laboratoire travaille à présent dans des conditions normales. Cela a incité le Comité Géophysique Interministériel de l'Académie des Sciences d'URSS et le Comité pour la Collaboration Multilatérale des Académies des Sciences des pays socialistes sur le problème "Recherches géophysiques planétaires" à demander au Président de l'Académie des Sciences de Géorgie d'examiner la possibilité d'organiser au laboratoire de Tbilissi un centre international pour la réalisation d'observations comparatives, dans le but d'unifier les mesures de marées enregistrées par les clinomètres. L'Académie des Sciences a donné suite à cette demande et a donné à ce laboratoire la charge honorable mais en même temps très sérieuse de remplir cette fonction.

Nous espérons que les organisations scientifiques des pays socialistes et de l'Union Soviétique utiliseront notre laboratoire pour effectuer des observations clinométriques comparatives.

INCLINAISON DE LA SURFACE DE LA TERRE D'APRES LES OBSERVATIONS DE TALGAR.

S.M. FANDIOUCHINA

Symposium Leningrad 1968 - Inst. de Phys. de la Terre

НАКЛОНЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПО НАБЛЮДЕНИЯМ В ТАЛГАРЕ

Доклады - Симпозиум Ленинград 1968

Полт. Гравим. Обсерв. АН УССР

С.М. Фандюшина.

Le but de notre rapport est l'examen des résultats d'une série d'un an (30 XI - 1966 - 1-1968) d'observations des marées élastiques de la Terre à la Station sismique de Talgar et la comparaison des valeurs $\gamma(M_2)$ et $\chi(M_2)$ de cette série avec $\gamma(M_2)$ et $\chi(M_2)$ obtenus dans la même station en 1964 à 1966 par un autre complexe d'appareils.

La situation de la station peut être assimilée aux régions fortement sismiques et par conséquent il était très intéressant de placer des séismoclinomètres pour l'enregistrement constant des mouvements lents de l'écorce terrestre aussi bien dans le but d'étudier les constantes élastiques de la Terre que dans le but de la détection des signes précurseurs des tremblements de terre.

L'absence d'industries près de la station la rend tout à fait favorable pour ces buts.

En 1959 on a percé une galerie d'une longueur de 105 m dans un important massif de schistes cristallins. Cette galerie est perpendiculaire à la direction de la crête de la montagne et est dirigée du nord au sud. La galerie a au dessus d'elle une épaisseur de montagne de 50 mètres couverte de bois ce qui la protège bien de l'influence des changements de la température extérieure.

Une des sections de la galerie située à 90 m de son orifice sert de salle pour les appareils. Elle est séparée du corps de la galerie par une porte en bois.

Les observations sont effectuées par des séismoclinomètres de A.E. Ostrovskii avec agrandissement photoélectrique et enregistrement à distance. Les appareils sont placés sur le sol préalablement bien nettoyé et couvert de béton.

La précision d'installation des appareils en azimut est de $\pm 0^{\circ}5$. L'enregistrement et le contrôle des appareils sont effectués à partir d'un local d'enregistrement de la station sismique qui se trouve à la distance de 200 m de la galerie.

La méthode des observations et les appareils que nous avons employés sont décrits en détail en [1, 2] c'est pourquoi nous ne donnerons ici que les paramètres principaux de nos appareils. La constante électrodynamique des appareils a été déterminée avec une précision de $\pm 0,2\%$. La sensibilité moyenne était de 850 mm/sec. d'arc ou 0,0012 sec. d'arc par mm d'enregistrement. Le contrôle de la sensibilité a été effectué par impulsion automatique deux fois par jour. Pour étudier le régime de température dans la salle, les indications du thermographe à résistance s'inscrivaient sur bande. La sensibilité du thermographe était de $0^{\circ}001$ C/mm. La variation de la température à l'intérieur de la salle ne dépassait pas $0^{\circ}01$ C. par jour et n'exerçait pas d'influence sensible sur l'enregistrement des inclinaisons. Pour un an d'observations le thermographe a varié dans ses indications de $0^{\circ}8$ (fig. 1).

Il n'y a pas non plus de dépendance étroite entre les variations de la pression atmosphérique et les variations des inclinaisons et ce n'est que dans des cas isolés qu'une variation de l'inclinaison d'une milliseconde correspond à une variation de la pression atmosphérique d'un millibar. Nous donnons sur la figure 1 l'allure générale de l'inclinaison pour les deux composantes : NS et EW, l'enregistrement de la température extérieure de l'air t et l'enregistrement de la variation de la température de l'air ΔT dans la salle d'observation.

Le temps exprimé en jours est porté en abscisse : les valeurs des inclinaisons ψ exprimées en secondes d'arc et les températures t et ΔT en degrés centigrades sont portées en ordonnée.

La composante EW présente une inclinaison systématique vers l'est égale à $1^{\circ}2$ pour 14 mois d'observations. Pour la période du 28.XII-1966 au I.1967 on a observé également une plus grande vitesse dans la variation de l'inclinaison. Aucune des composantes n'a une onde annuelle nettement exprimée.

Les données des observations ont été soumises à l'analyse harmonique d'après la méthode de B.P. Pertsev [3] avec un déplacement de l'époque centrale de la série d'un jour [4 - 5].

Nous avons reporté sur les figures 2-5 les valeurs γ pour cinq ondes de marées : M_2 , S_2 , N_2 , K_1 et O_1 d'après les composantes NS et EW. Le temps en jours est porté en abscisse ; le facteur γ pour les diverses ondes est porté en ordonnées.

Nous donnons sur la figure 2 les valeurs $\gamma(M_2)$ pour les deux composantes.

Pour la composante EW: $\gamma(M_2) = 0,73 \pm 0,0036$, pour la composante NS $\gamma(M_2) = 0,616 \pm 0,0029$. L'amplitude maximale de l'onde de sept jours bien visible sur la figure constitue 3 % de la valeur moyenne de $\gamma(M_2)$ [4, 5, 6].

Pour éliminer la périodicité dans $\gamma(M_2)$ nous avons pris la moyenne de 7 valeurs de $\gamma(M_2)$ obtenues lors du déplacement de l'époque centrale de la série d'un jour autrement dit nous avons obtenu $\gamma(M_2)$ avec une série de 35 jours d'observations.

Le résultat de cette réduction est donné à la figure 3 : en EW $\gamma(M_2) = 0,713 \pm 0,0024$; en NS $\gamma(M_2) = 0,618 \pm 0,0029$.

Comme nous le verrons, les valeurs de $\gamma(M_2)$ pour chacune des composantes sont obtenues avec une haute précision et ne varient pratiquement pas dans le temps mais la différence entre elles est de 12 % et reste constante au cours de toute la période d'observations.

Nous donnons ensuite sur la figure 4 les valeurs de γ pour les ondes S_2 et N_2 pour toute la période des observations. Il convient de noter qu'on observe aussi une différence pour ces ondes dans les valeurs de γ pour les deux composantes.

Les valeurs de γ pour les ondes K_1 et O_2 pour la composante EW sont obtenues avec une précision 1-2 % (fig. 5). Les valeurs des amplitudes théoriques de ces ondes pour la composante NS pour la latitude de Talgar est d'un ordre plus petit que pour EW et c'est pourquoi le facteur γ pour les ondes K_1 et O_1 dans cette composante ne pouvaient être déterminés avec une précision satisfaisante. Nous donnons sur les figures 6-9 les valeurs des écarts de phases χ en degrés. Le signe moins pour χ correspond au retard de l'onde observée par rapport à l'onde théorique ; le signe plus correspond à l'avance.

Tout ce que nous avons dit plus haut pour γ est également valable pour χ .

Il convient de noter que pour les ondes semi-diurnes M_2 , S_2 , N_2 pour la composante NS nous avons obtenu un certain retard en phase, pour EW nous avons obtenu pour les mêmes ondes une avance. Pour les ondes K_1 et O_1 une valeur de γ de précision satisfaisante n'est obtenue que pour la composante EW.

Nous avons examiné l'évolution de γ et χ pour ces cinq ondes de marées principales dans le temps.

Pour estimer la précision des résultats obtenus nous examinerons la table I dans laquelle nous donnons les valeurs de γ et χ en fonction de séries indépendantes respectivement pour les composantes NS et EW. Dans la partie supérieure de la table nous donnons les valeurs théoriques des amplitudes des ondes marées en millisecondes d'arc pour chacune des ondes séparées de et la période de cette onde.

Il est facile de remarquer que nous avons une haute précision dans la détermination de $\gamma(M_2)$ et des valeurs γ assez voisines pour les différentes ondes d'une seule composante.

Les erreurs quadratiques moyennes dans la détermination de γ sont :

	<u>EW</u>	<u>NS</u>
pour l'onde	$M_2 \pm 0,5 \%$	$\pm 0,5 \%$
	$S_2 \pm 0,6 \%$	$\pm 1,5 \%$
	$N_2 \pm 1,6 \%$	$\pm 2,0 \%$
	$K_1 \pm 1,2 \%$	$\pm 12 \%$
	$O_1 \pm 2,0 \%$	$\pm 10 \%$

Comme nous l'avons déjà dit, pour la composante NS les amplitudes théoriques des ondes K_1 et O_1 pour la latitude de Talgar sont faibles et constituent en tout respectivement 0,6 millisecondes et 0,4 millisecondes. Il s'ensuit une grande erreur dans la mesure de ces valeurs.

La grande différence dans les valeurs de $\gamma(M_2)$ pour les composantes NS et EW est un caractère particulier pour les observations des inclinaisons en ce point. Cette différence ne peut être expliquée par les erreurs des observations.

Pour confirmer ce que nous avons dit plus haut nous donnons les valeurs de γ et χ pour l'onde M_2 obtenues dans cette même mine par un autre complexe d'appareils pour la période du III - 1964 au X 1966

<u>NS</u>	<u>EW</u>
$\gamma M_2 = 0,624 \pm 0,0081 (\pm 1,3 \%)$	$\gamma M_2 = 0,722 \pm 0,0057 (\pm 0,8 \%)$
$\chi M_2 = - 4^{\circ}0 \pm 0^{\circ}6$	$\chi M_2 = 4.2 \pm 0^{\circ}4$

Ainsi, nous avons une concordance assez bonne dans les déterminations de γM_2 ($\approx 1,3 \%$) par deux complexes d'appareils. La différence de 12 % dans les valeurs γM_2 entre les composantes NS et EW se produit aussi pour cette paire d'appareils.

De tout ce qui a été dit on peut tirer les conclusions sur les observations à Talgar :

1. On peut tirer les conclusions les plus sûres pour le rapport γ pour l'onde M_2 qui a la plus grande amplitude des cinq ondes de marées et dont la période diffère sensiblement des périodes des ondes perturbatrices.

2. Les observations effectuées par différents appareils installés dans un même azimut et une même salle donnent une valeur γM_2 avec un accord de + 1 %.
3. Les valeurs de γM_2 pour la composante NS sont plus petites que celles de γM_2 pour EW de 12 %. Cette différence ne peut être expliquée ni par les erreurs dans les observations ni par l'étalonnage des appareils mais constitue une particularité du lieu d'observation.

Quant à la question de savoir sur quelle surface peut s'étendre cette différence de γ entre les composantes NS et EW, elle reste ouverte jusqu'à présent. Pour la discuter il faut effectuer des observations dans d'autres salles de la mine.

Table I

App. № 24. C-D

Jour moyen de la série	M ₂ H _T = 7,8 T = 12 ^h 42		S ₂ H _T = 3,6 T = 12 ^h 00		N ₂ H _T = 1,5 T = 12 ^h 66		K ₁ H _T = 0,6 T = 23 ^h 93		O ₁ H _T = 0,4 T = 25 ^h 82	
	γ	ℵ	γ	ℵ	γ	ℵ	γ	ℵ	γ	ℵ
16.XII.66	0,617	-6,5 ⁰	0,627	-6,1 ⁰	0,654	-7,9 ⁰	0,586	-15,4	0,715	-46,6
14.I. 67	618	-5,3	555	-9,9	615	-5,0	557	-42,7	645	-45,0
12.II	636	-7,4	640	-7,6	582	-7,6	411	-32,8	904	-48,0
13.III	621	-4,7	627	-6,7	527	-7,0	875	-7,8	649	-81,9
11.IV	623	-5,1	622	-7,2	618	0,8	879	25,2	587	-35,3
28.VII.67	611	-4,3	612	-10,2	630	-2,7	1,254	-17,4	163	-35,2
26.VIII	610	-6,5	628	-7,9	529	-5,4	1,176	-27,4	786	-66,6
24.IX	620	-5,6	624	-7,0	508	-6,0	1,030	-48,6	278	-102,9
23.X	602	-5,1	620	-7,0	585	1,7	0,639	-64,1	722	-66,2
21.XI	602	-5,3	577	-3,1	509	-3,0	375	-35,6	691	-69,6
20.XII	613	-4,5	684	-5,3	635	-3,5	510	-16,1	714	-54,6
Moyen.	0,616	-5,5	0,620	-7,6	0,594	-4,1	0,754	-25,7	0,623	-59,3
Err. quadr. moyennes	±0,0029	±0,29	±0,0099	±0,44	±0,0125	±0,96	±0,0922	±7,15	±0,0654	±6,2

Table I (suite)

App. № 25. B-3.

Jour moyen de la série	M ₂ H _T = 11,5 T = 12 ^h 42		S ₂ H _T = 5,3 T = 12 ^h 00		N ₂ H _T = 2,2 T = 12 ^h 66		K ₁ H _T = 6,3 T = 23 ^h 93		O ₁ H _T = 4,4 T = 25 ^h 82	
	γ	ℵ	γ	ℵ	γ	ℵ	γ	ℵ	γ	ℵ
16.XII.66	0,711	2,5 ⁰	0,719	1,3 ⁰	0,779	-2,8 ⁰	0,699	-4,2 ⁰	0,742	-3,4 ⁰
14.I. 67	717	1,7	708	0,8	647	5,0	721	-3,9	700	-8,5
12.II	736	1,5	709	-0,9	724	2,6	723	-2,4	653	-5,6
13.III	715	2,5	692	1,3	719	6,7	731	-0,3	717	-1,7
11.IV	724	2,3	704	2,6	725	5,1	768	0,3	660	-1,7
28.VII	724	3,1	704	-2,4	761	0,8	728	-3,7	700	-4,3
26.VIII	700	2,5	703	-0,2	697	3,8	761	-2,0	645	-5,1
24.IX	713	2,9	714	0,6	696	3,8	785	-4,4	732	-4,2
23.X	693	4,4	736	1,0	680	4,7	716	-1,4	638	-5,3
21.XI	700	4,4	681	0,4	733	-0,8	781	-4,6	685	-5,7
20.XII	712	3,0	717	-1,3	679	+9,3	744	-3,3	692	-3,1
Moyen.	0,713	2,8	0,708	0,29	0,713	3,5	0,742	-2,7	0,688	-4,4
Err. quadr. moyenne	±0,0037	±0,28	±0,0043	±0,43	±0,0115	±1,03	±0,0086	±0,51	±0,0124	±0,59

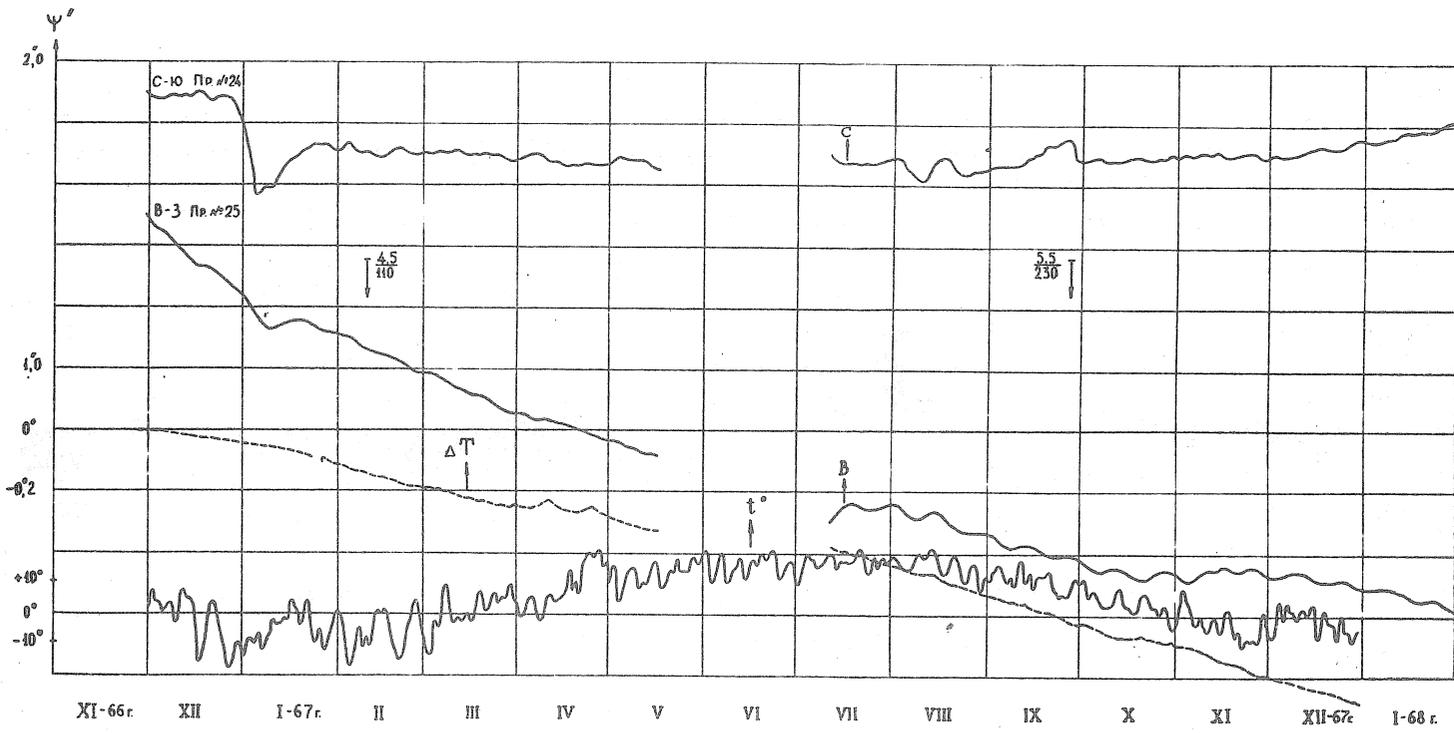


Fig. 1. Allure annuelle de l'inclinaison

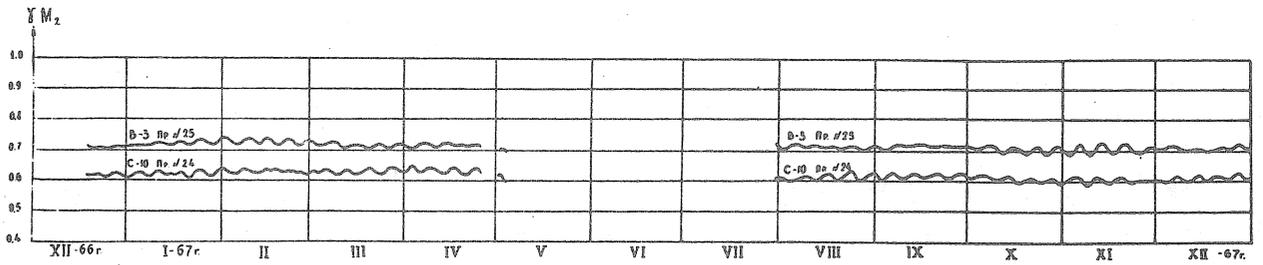


Fig. 2. Variation γM_2 dans le temps lors du déplacement

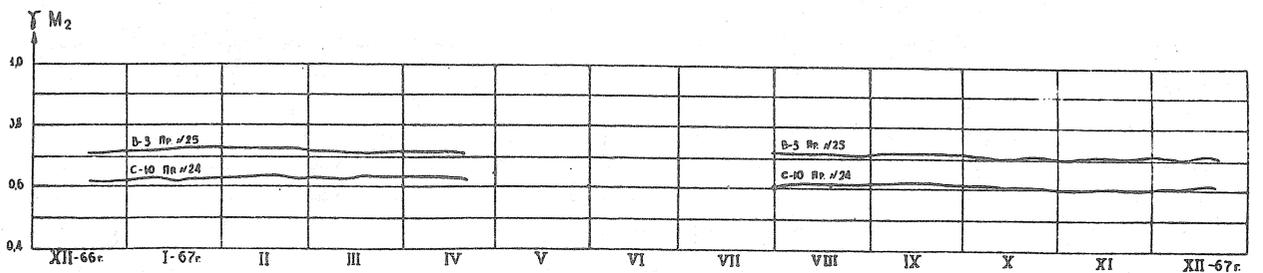


Fig. 3. Variation γM_2 obtenue par une série de 35 jours, dans le temps.

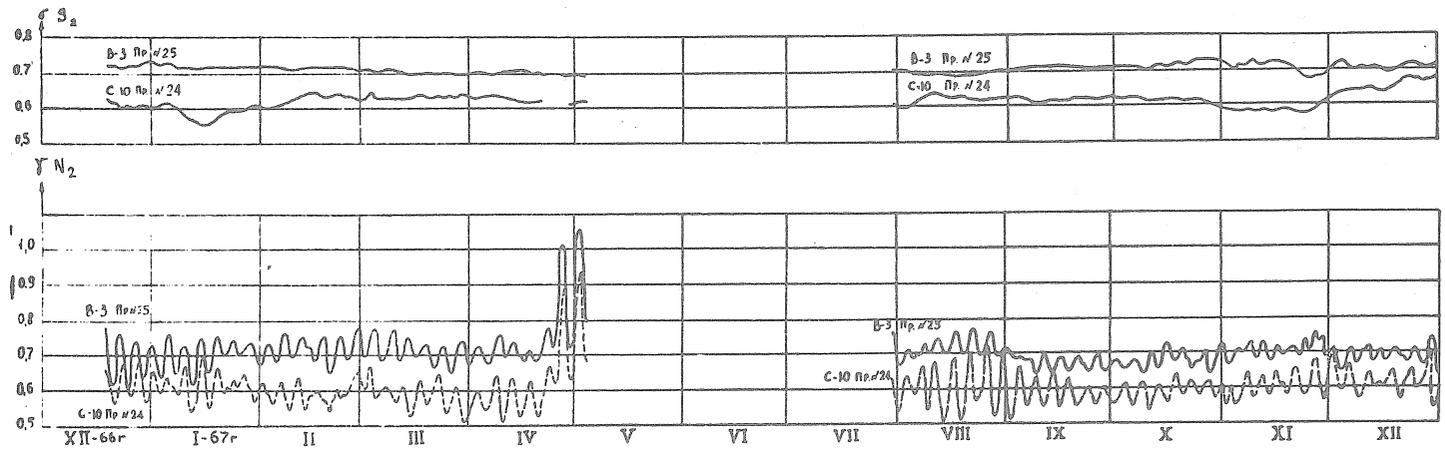


Fig. 4. Variation γ dans le temps pour les ondes N_2 et S_2 avec déplacement de l'époque centrale de la série d'un jour.

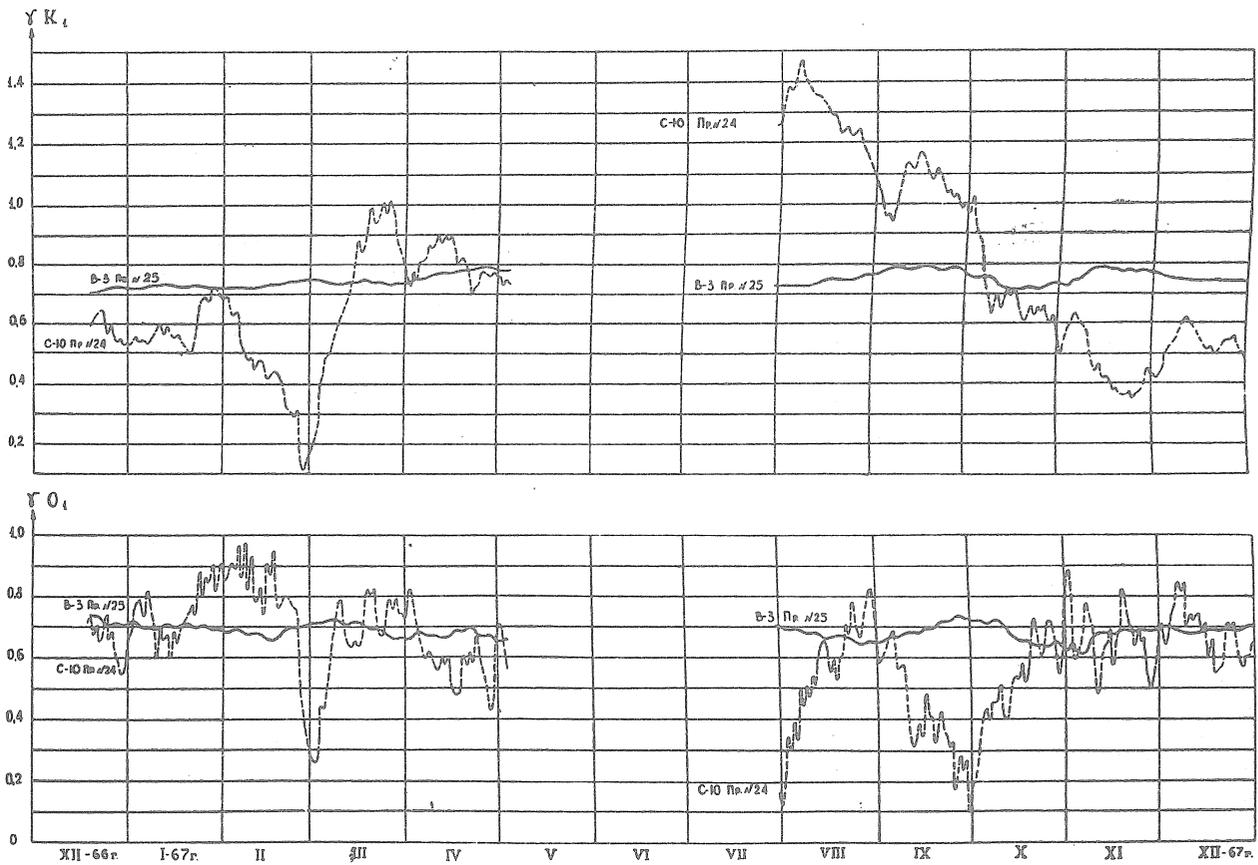


Fig. 5. Variation γ dans le temps pour les ondes K_1 et O_1

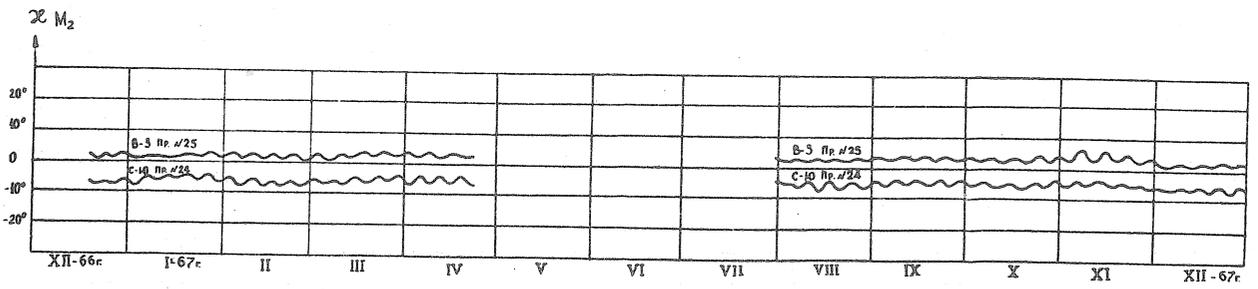


Fig. 6. Variation χ_{M_2} dans le temps.

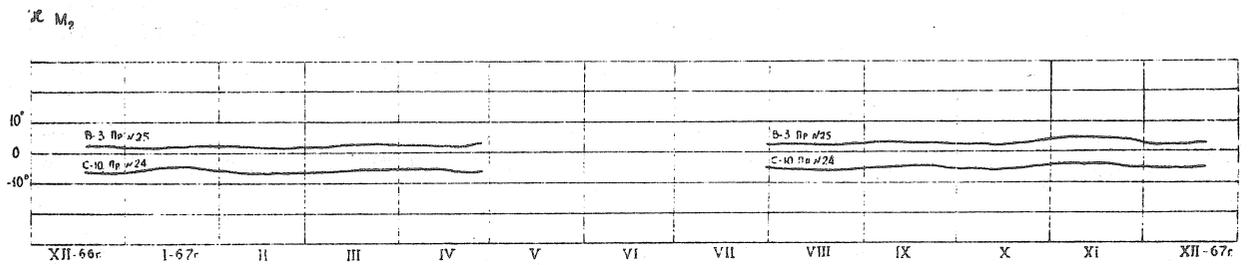


Fig. 7. Variation χ_{M_2} obtenue pour une série de 35 jours dans le temps.

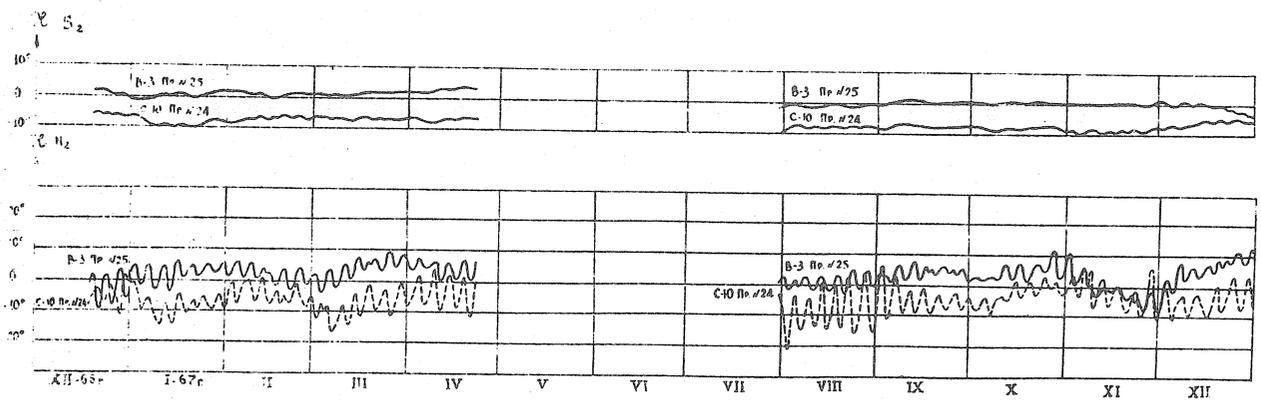


Fig. 8. Variation χ dans le temps pour les ondes N_2 et S_2

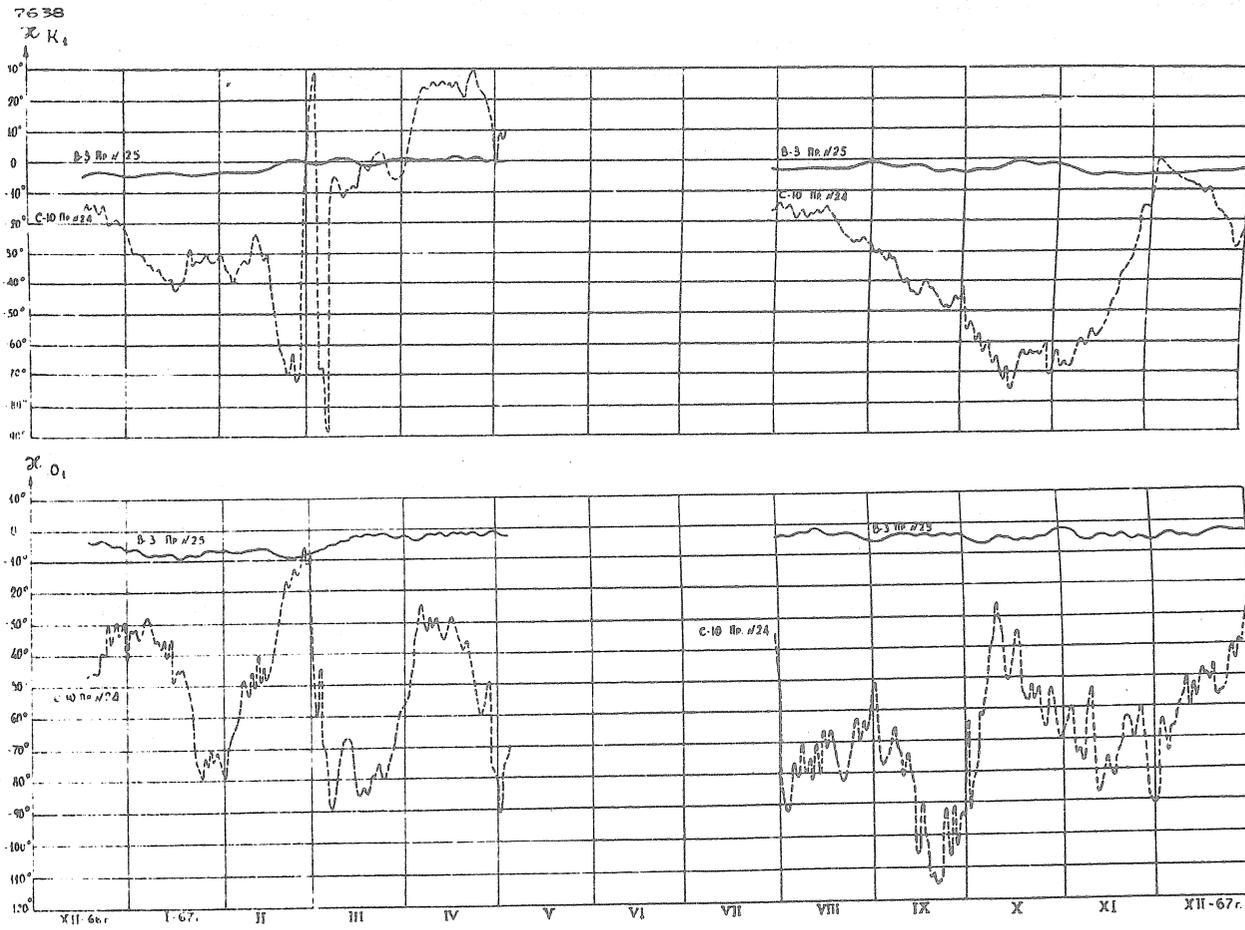


Fig. 9. Variation χ dans le temps dans les ondes K_1 et O_1 pour déplacement de l'époque centrale de la série d'un jour.

LES OBSERVATIONS DES INCLINAISONS A L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE ENGELHARDT

Y.A. Ourassina

Symposium Leningrad 1968.

НАБЛЮДЕНИЯ НАКЛОНОВ В АСТРОНОМИЧЕСКОЙ
ОБСЕРВАТОРИИ им. В.П. ЭНГЕЛЬГАРДТА.

Доклады - Симпозиум Ленинград 1968

Полт. Гравим. Обсерв. АН УССР

И.А. Урасина.

La station clinométrique de l'Observatoire Astronomique Engelhardt (près de Kazan) a été fondée à l'initiative de l'académicien A. Ya. Orlov. La situation profondément continentale de Kazan et son éloignement des importants massifs rocheux en ont été le motif.

Les caractéristiques fondamentales de la station clinométrique de l'Observatoire Astronomique Engelhardt sont : latitude $55^{\circ}50'$ N, longitude $- 3^{\text{h}}15^{\text{m}}3$, la hauteur au-dessus du niveau de la mer 98 m, la profondeur du gisement de base du pilier de la salle est d'environ 14 m sous la surface, les variations journalières de la température à l'intérieur de la salle sont de $0^{\circ}005 - 0^{\circ}007$ C, les variations annuelles de 1° .

Les observations des variations dues aux marées de la verticale s'effectuent depuis 1952 dans une cave spéciale construite en 1940.

Jusqu'en 1960 elles ont été effectuées par des pendules horizontaux Repsold-Levitskii, en 1960-1964 par des clinomètres photoélectriques de A.E. Ostrovskii avec une sensibilité de 300-400 mm/1", depuis 1964 jusqu'à présent par des nouveaux clinomètres de A.E. Ostrovskii avec une sensibilité de 700-1000 mm/1".

Comme on le sait, les enregistrements des inclinaisons de marées se superposent à la dérive de l'appareil. Pour analyser la dérive des appareils on a étudié les observations de 1965 à 1968 pratiquement sans lacunes.

Les figures 1a et 1b donnent les dérives des appareils pour les composantes NS et EW pour cette période. La direction positive (vers le haut) sur la figure correspond à l'inclinaison vers le nord et l'est.

Après avoir éliminé de la dérive la composante séculaire lente par la méthode des moindres carrés, nous en avons séparé la composante à courte période c'est-à-dire de période égale à peu près à un an (fig. 1b et 1r). Superposée à l'onde annuelle on voit des oscillations dont la période est égale à quelques dixièmes d'année et l'amplitude de moins de 0^m.1.

L'amplitude de l'onde annuelle est égale à 0^m.6 - 0^m.4 dans l'azimut NS et à 0^m.3 dans l'azimut EW. Les minima de cette onde arrivent en général dans les mois de printemps et les maxima en automne. Ainsi, pendant les mois de printemps on observe la plus grande inclinaison du support de l'instrument dans la direction Sud - Sud Ouest et en automne dans la direction Nord-Nord Est. Les vitesses maximales de la variation des inclinaisons s'observent en juillet-août et décembre-janvier.

Pour expliquer la cause de cette onde on a comparé les courbes de l'allure annuelle des inclinaisons et du niveau de la Volga qui coule à peu près à trois kilomètres au sud de l'Observatoire dans la direction de l'ouest vers l'est (fig. 1.)

La comparaison montre que dans les périodes des grandes crues (avril) quand l'eau s'élève brusquement dans le fleuve de 5 à 6 mètres on observe, pour la composante NS, des perturbations peu importantes avec un petit retard d'une dizaine de jours.

L'amplitude de ces perturbations est de moins de 0^m.05. Si ces perturbations peuvent être en relation avec les grandes crues de printemps alors il est impossible d'expliquer toute l'onde annuelle par les variations du niveau du fleuve.

Les courbes examinées ne sont pas du tout semblables l'une à l'autre. La courbe des inclinaisons montre de larges minima et maxima alors que la courbe du niveau de l'eau a des minima étroits et profonds et quelques fois plus larges que le maximum.

En outre, le laps de temps entre l'augmentation soudaine de la charge au sud de l'observatoire sous l'effet de l'eau et le mouvement de l'inclinaison dans cette direction est extrêmement grand, à peu près une demi année ce qui ne concorde pas, par exemple, avec la réaction presque instantanée des appareils à la variation de la pression atmosphérique.

L'onde annuelle des inclinaisons ne constitue pas la conséquence de l'action directe des variations de la température intérieure de la salle sur l'instrument puisque les phases de ces deux phénomènes annuels diffèrent à peu près de trois mois. Elle est probablement en relation avec les tensions dans les couches supérieures de l'écorce terrestre qui sont provoquées par la congélation et par le dégel de ses couches supérieures, par les variations annuelles de la température de l'air extérieur et aussi par les variations annuelles du niveau des eaux souterraines.

Les observations au cours de beaucoup d'années avec des appareils de haute sensibilité ont montré que entre l'allure de l'inclinaison de la surface de la Terre et la pression atmosphérique locale il existe un lien étroit. Ainsi l'élévation de la pression provoque une inclinaison vers l'est pour la composante EW et vers le sud pour la composante NS.

Pour établir des liens quantitatifs entre l'allure de l'inclinaison et la pression locale on a utilisé les courbes de la dérive obtenues par l'application aux données du filtre de B.P. Pertsev [1]. Après l'élimination de la partie linéaire de la dérive par le passage à leurs différences de cinq heures d'après le procédé de D. Simon [2] on obtient les données de départ pour découvrir la corrélation entre les phénomènes étudiés. Nous indiquons sur la figure 2 les courbes de l'allure des inclinaisons, les pressions et les températures de l'air extérieur au lieu d'observation pour juin 1964. On a reporté ici en ordonnée les différences de cinq heures leur correspondant. Nous noterons que dans toutes les courbes il restait des oscillations à courte période (période de quelques jours).

La figure 2 montre que les courbes de l'allure des inclinaisons, de la pression et de la température présentent une étroite dépendance linéaire. Ainsi le coefficient de corrélation entre la pression et la température est assez grand (-0,60).

Pour répondre à la question de savoir en quoi les perturbations examinées dans les inclinaisons $\Delta\psi$ sont provoquées par les variations de la pression Δp ou de la température Δt et dans quelle mesure par chacun de ces facteurs, nous représenterons le lien entre les phénomènes examinés sous forme de l'équation linéaire de régression.

$$\Delta\psi = a \cdot \Delta p + b \cdot \Delta t$$

Ici $\Delta\psi$, Δp , Δt sont les écarts des différences de cinq heures correspondantes en fonction de leurs valeurs moyennes pour l'intervalle de temps envisagé, a et b sont les coefficients inconnus de l'équation.

La solution de cette équation par la méthode des moindres carrés a donné pour a et b les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} a_{EW} &= - 0''0050 / I \text{ m}\sigma & b_{EW} &= + 0''0003 / I^\circ \text{C}, \\ a_{NS} &= - 0''0022 / I \text{ m}\sigma & b_{NS} &= - 0''0005 / I^\circ \text{C}. \end{aligned}$$

Pour trouver le degré de relation entre l'allure de l'inclinaison, la pression et la température, on a trouvé les coefficients de corrélation entre l'inclinaison et la pression pour une température constante $\gamma_{\psi p}(t)$ et entre l'inclinaison et la température pour une pression constante $\gamma_{\psi t}(p)$.

Il est apparu que pour la composante EW $\gamma_{\psi p}(t) = + 0.86$, $\gamma_{\psi t}(P) = + 0.04$, pour la composante NS $\gamma_{\psi p}(t) = - 0.93$, $\gamma_{\psi t}(p) = - 0.15$.

Ces données témoignent de l'absence ou de l'insignifiance de corrélation entre les variations à courte période de la température et des inclinaisons à l'OAE et des liens importants entre les inclinaisons et la pression atmosphérique locale.

Ainsi on peut déterminer avec assez d'assurance la différence des phases entre l'allure de la pression et l'allure des inclinaisons pour les différents appareils dans les azimuts NS et EW. Les droites menées par les extrêmes de la courbe de la pression montrent que la différence des phases entre la pression et l'inclinaison dans l'azimut NS est égale en moyenne à zéro. Dans l'azimut EW l'allure de l'inclinaison devance l'allure de la pression d'à peu près deux heures.

Cette différence des phases a probablement déterminé une valeur plus petite du coefficient de corrélation entre la pression locale et l'inclinaison dans l'azimut EW.

L'un des problèmes fondamentaux des observations des inclinaisons à l'OAE est la détermination de la valeur probable du paramètre γ et de la différence des phases κ des ondes de marées observées et théoriques. (Le signe moins correspond au retard de l'onde observée par rapport à l'onde théorique).

Pour obtenir ces valeurs on a utilisé les observations de quelques années : 1952 - 1954 par les pendules horizontaux Repsold-Levitskii et 1963-1966 par les clinomètres de A.E. Ostrovskii

Toutes les observations sont réduites en séries mensuelles sur EVM-M-20 par analyse harmonique de B.P. Pertsev [3] avec un déplacement du jour central de la série.

Les observations de 1966 sont réduites par deux méthodes, les méthodes de B.P. Pertsev et P.S. Matveyev [4]. Comme le montre la table 1, les deux méthodes ont donné des résultats qui concordent bien entre eux pour toutes les ondes de marée.

Les divergences maximales entre les valeurs γ pour les ondes M_2 , S_2 , K_1 et O_1 sont en moyenne plus petites d'un pourcent. L'onde N_2 constitue une exception.

Nous donnons dans la table 2 les valeurs arithmétiques moyennes γ et χ pour les différentes années d'observations par différents appareils. (Les résultats pour les ondes S_2 , N_2 , K_1 et O_1 sont donnés sans indication de leurs erreurs quadratiques moyennes ce qui sera fait après le passage des valeurs arithmétiques moyennes γ et χ aux moyennes vectorielles).

Nous avons adopté dans la table 2 les désignations suivantes :

n est le nombre de valeurs instantanées γ et κ (nombre d'écart journaliers), N est le nombre de séries mensuelles indépendantes, RL sont les pendules Repsold-Levitskii, 0^1 et 0^2 sont les anciens et les nouveaux clinomètres d'A.E. Ostrovskii.

Pour déduire les valeurs définitives γ et κ pour les composantes NS et EW on a utilisé respectivement 760 et 550 valeurs instantanées de ces valeurs.

Les erreurs quadratiques moyennes des résultats pour l'onde M_2 ont été calculées pour les séries mensuelles indépendantes de chaque année d'observations. Les erreurs des résultats définitifs sont données en tenant compte des erreurs et des poids des séries séparées d'observation (on a pris le poids égal au nombre de séries indépendantes).

Les résultats donnés dans la table 2 montrent que les valeurs définitives γ pour l'onde principale M_2 pour les deux composantes sont voisines l'une de l'autre :

$$\gamma (\text{NS}) = 0.707 \pm 0.004 \quad \text{et} \quad \gamma (\text{EW}) = 0.710 \pm 0.004$$

La valeur moyenne γ pour NS et EW est égale à 0.708 ± 0.003 .

Les valeurs κ sont insignifiantes :

$$\kappa (\text{NS}) = + 1^{\circ}6 \pm 0^{\circ}3$$

$$\kappa (\text{EW}) = - 0^{\circ}1 \pm 0^{\circ}5.$$

En conclusion j'exprime ma profonde reconnaissance à N.N. Pariiskii, A.E. Ostrovskii, P.S. Matveyev, L.Y. Mironova et S.R. Chakirova pour leurs conseils et leur aide lors de la réalisation de ce travail.

Table 1.

I-XII 1966	M ₂		S ₂	N ₂	K _I	O _I
	γ	α				
№ 7n= 355	N-S					
Méthode de Pertsev	0.701±0.009	1.9	0.689	0.711	1.064	0.820
Méthode de Matveyev	0.697±0.009	1.2	0.688	0.693	1.054	0.809
$\frac{\Delta \gamma}{\gamma_{\text{moy}}} (\%)$	0.6	-	0.2	2.6	0.9	1.4
№ 12n= 303	E-W					
Méthode de Pertsev	0.711±0.007	1.0	0.926	0.641	1.047	0.638
Méthode de Matveyev	0.710±0.007	0.9	0.920	0.631	1.034	0.639
$\frac{\Delta \gamma}{\gamma_{\text{moy}}} (\%)$	0.1	-	0.7	1.6	1.2	0.2

Table 2.

Périodes des observ.	Type et numéro de l'appareil	n	N	M ₂		S ₂	N ₂	K _I	O _I
				γ	α				
N-S									
1953-1954	R.L.	72	8	0.702±0.009	-0.4±0.9	0.697	0.793	0.836	0.811
1963-1964	O ^I	50	8	0.687±0.013	0.0±1.4	0.606	0.663	0.976	0.936
1964	O ² № 19	76	7	0.718±0.005	1.1±0.8	0.741	0.683	0.838	0.840
1965	O ² № 7 et 12	211	11	0.720±0.005	2.5±0.5	0.624	0.683	1.304	0.785
1965	O ² № 7	355	13	0.701±0.008	1.9±0.5	0.689	0.711	1.064	0.820
Moyenne commune arithm.		763	47	0.707±0.004	1.6±0.3	0.672	0.705	1.080	0.819
E-W									
1953-1954	R.L.	86	11	0.701±0.009	-1.4±0.3	0.647	0.732	0.852	0.690
1963-1964	O ^I	58	10	0.681±0.008	-1.2±1.4	0.643	0.634	0.963	0.648
1964	O ² № 18	64	6	0.739±0.006	-3.9±0.9	0.898	0.792	0.862	0.710
1965	O ² № 12	39	3	0.714±0.010	-1.3±0.6	0.806	0.832	0.906	0.708
1966	O ² № 12	303	12	0.711±0.007	+1.0±0.9	0.926	0.641	1.047	0.638
Moyenne commune arithm.		550	42	0.710±0.004	-0.1±0.5	0.841	0.686	0.977	0.662

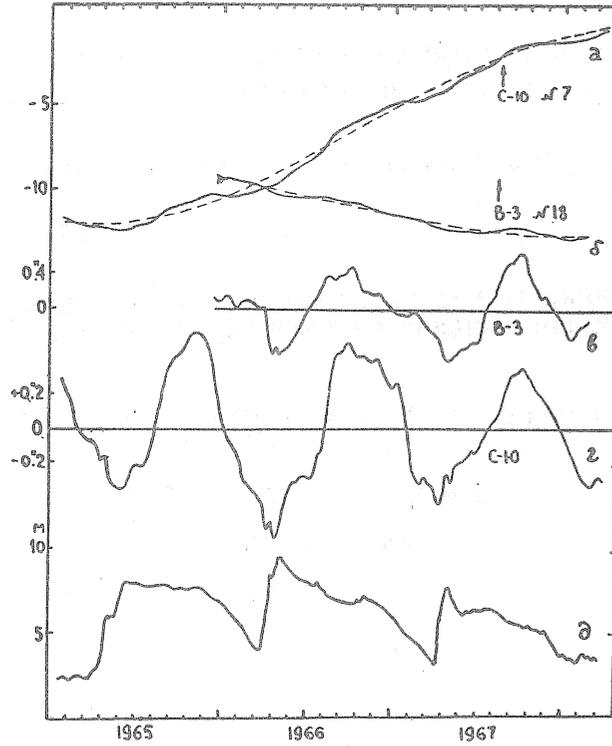


Fig. 1. - Comparaison de l'allure séculaire et annuelle des inclinaisons avec la variation du niveau de l'eau dans la Volga.

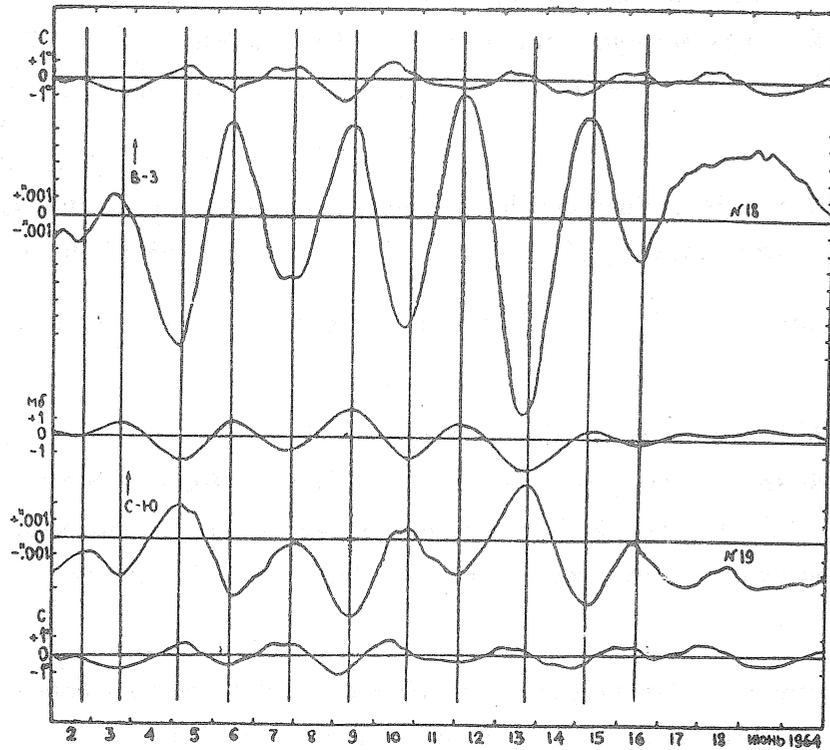


Fig. 2. - Inclinaison, température et pression à l'Observatoire astronomique Engelhardt.

OBSERVATIONS SUR LES DEFORMATIONS DE MAREES TERRESTRES A L'AIDE D'UN
EXTENSOMETRE HORIZONTAL A TBILISSI

B.K. Balavadsé, R.M. Karmaleyeva, K.Z. Kartvelichvili, L.K. Latinina

Physique de la Terre 1965, pp. 75 à 79.

НАБЛЮДЕНИЯ НАД ПРИЛИВНЫМИ ДЕФОРМАЦИЯМИ ЗЕМЛИ
ПРИ ПОМОЩИ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ЭКСТЕНЗОМЕТРА В ТБИЛИСИ

*Б. К. БАЛАВАДЗЕ, Р. М. КАРМАЛЕЕВА, К. З. КАРТВЕЛИШВИЛИ,
Л. К. ЛАТЫНИНА*

Ф И З И К А З Е М Л И

1965 стр. 75—79

En 1962 on a installé à Tbilissi dans l'Observatoire Géophysique souterrain de l'Institut Géophysique de Géorgie de l'Académie des Sciences, deux extensomètres à quartz de grande base.

La galerie où est situé l'observatoire a été creusée en 1942 dans la montagne David dans le grès compact de petits et moyens grains de tuf et dans l'argilite ($\phi = 41^{\circ}43' N$, $\lambda = 44^{\circ}47' E$, $H = 500$ m). La longueur de la galerie est de 100 m. La galerie a quatre salles latérales et une longueur de 15 m.

La galerie est revêtue d'une couche de béton d'une épaisseur de 30 à 40 cm. La distance jusqu'à la surface libre varie de 15 m près de l'entrée à 50 m près du fond.

Pour l'isolation thermique les 35 premiers mètres de la galerie sont partagés en trois sections.

Au milieu de la galerie principale, le long de celle-ci et à la distance de 40 m de l'entrée est placé un extensomètre avec une base de 41 m dans la direction N 60 E, d'une sensibilité de $0,22 \cdot 10^{-8}$ mm. A la distance de 70 m de l'entrée dans la galerie est installé dans la section latérale un second extensomètre avec une base de 14,5 m dans la direction N 30 W, d'une sensibilité de $0,7 \cdot 10^{-8}$ mm.

Les extensomètres [1] enregistrent le déplacement relatif de deux points fixes à la surface de la Terre ; la distance entre ceux-ci s'appelle base de l'appareil.

Ce déplacement peut être provoqué par une série de raisons : les mouvements lents de la surface de la Terre d'origine tectonique, les déformations de marées et les oscillations séismiques à longue période.

L'équipement reliant les points indiqués de la roche est l'élément fondamental de l'appareil. Dans les appareils donnés cette liaison est effectuée sous forme d'une tige rigide dont une extrémité est attachée à la roche et la seconde est libre. On enregistre le déplacement de l'extrémité libre en mesurant la distance entre les points fixes.

Les tiges des deux extensomètres sont en morceaux de tubes de quartz transparent d'une longueur de 3 m chacun qui sont soudés entre eux. Le diamètre des tubes est de 40 mm, l'épaisseur des parois est de 2 à 3 mm.

Les socles d'appui sont placés dans la roche à la profondeur de 0,5 à 1,3 m. Les cavités ont été creusées à la main afin d'éviter autant que possible de perturber les couches voisines. Pour assurer une meilleure cohésion avec la roche, les socles ont une grande surface 120 x 120 cm².

Un ciment d'alumine, caractérisé par une prise rapide et un court temps de placement, a été utilisé ; les socles d'appui sont isolés du sol par des marges de 5 à 7 cm.

Entre les socles sont placés à la distance de 2,5 m l'un de l'autre des piliers auxquels sont attachés des dispositifs pour le réglage de la tige. Ce sont des suspensions effectuées en forme de balançoires qui déterminent la position de la tige en hauteur et permettent le déplacement libre dans la direction de son axe. Le réglage de la tige dans la position horizontale et en ligne droite est effectuée par des méthodes géodésiques.

La tige est placée en position horizontale pour éliminer l'action de la force de pesanteur.

L'existence d'une composante non équilibrée de la pesanteur agissant sur la tige, peut amener en premier lieu à une variation lente de la longueur de la tige et des suspensions et en second lieu à l'apparition de différences dans la sensibilité de l'appareil lors de l'enregistrement de la distension et de la contraction de la roche.

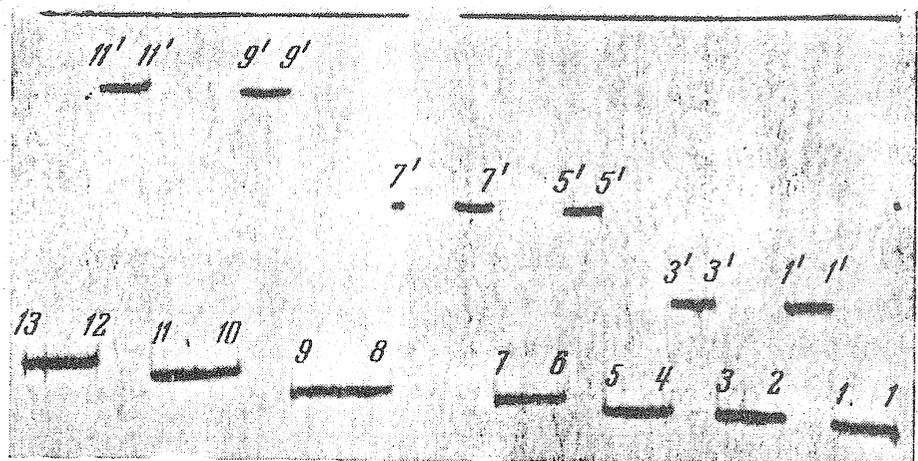


Fig. 1.- Enregistrement photographique de l'extrémité libre de la tige de quartz lors de la charge et de la décharge de son autre extrémité.

Le déplacement relatif lors des mouvements sismiques et de marées, se mesure en dixièmes et en centièmes de micron.

Il y a danger qu'un déplacement égal à des fractions de micron communiqué à une extrémité de la tige ne soit pas transmis à sa seconde extrémité. En effet, pour une longueur de tige $l = 40\text{m}$, la déformation longitudinale de la tige, égale à $\epsilon = 2,5 \cdot 10^{-9}$ amène à un déplacement de son extrémité de $\Delta l = 0,1 \mu$.

Les tensions correspondent à la déformation donnée ϵ , sont égales à $\sigma = E\epsilon$. E est le module de Young du quartz égal à $5 \cdot 10^{11} - 10^{12}$ dyne/cm² et pour σ on obtient les valeurs 1 - 2 gr/cm². La force axiale agissant sur la tige par la surface de section transversale S est égale à $f = \sigma S$, soit pour $S = 2 - 4 \text{ cm}^2$ une force égale 4-8 gr.

Si les forces de résistances au mouvement se mesurent par une quantité de l'ordre de 10 gr, alors le déplacement de l'ordre de $0,1 \mu$ est une valeur limite qui peut être mesurée par l'appareil. Un déplacement $< 0,1 \mu$ donné à une extrémité de la tige ne sera pas transmis à son autre extrémité c'est pourquoi il est important de déterminer de façon expérimentale la valeur des forces de résistance au mouvement de la tige.

Pour cela la tige d'une longueur de 42 m dont les deux extrémités sont libres a été posée sur 15 systèmes de suspension. Une force de valeur déterminée est appliquée à une extrémité de la tige, le déplacement de la seconde extrémité a été enregistré sur bande photographique.

Nous donnons à la fig. 1 l'enregistrement photographique des déplacements d'une extrémité de la tige lors de la charge et de la décharge de son autre extrémité. La ligne 1-1 donne la position d'une extrémité de la tige quand il n'y a pas de force sur la seconde extrémité. Les

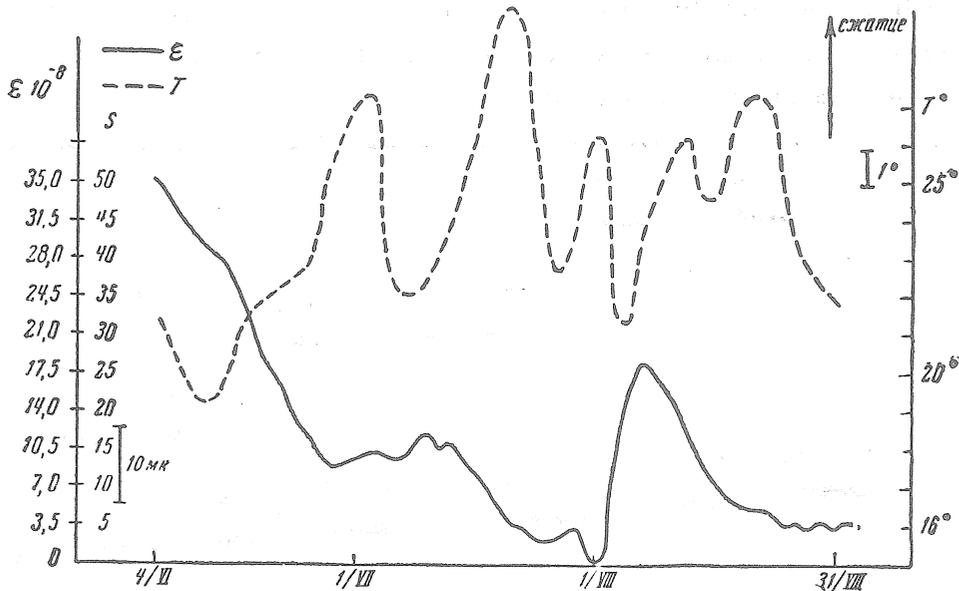


Fig. 2 Allure des déformations linéaires d'après les données de l'appareil N 30 W et variation de la température extérieure de l'air pour la période de juin à août 1963.

déplacements enregistrés sous forme de segments 1 - 1' et 3 - 3' (ce qui constitue $1,8 \mu$) correspondent à la force 3,7 gr. Les déplacements 5 - 5', 7 - 7' ($3,2 \mu$) correspondent à la charge 5,7 gr. Les déplacements 9 - 9', 11 - 11' ($4,7 \mu$) correspondent à la charge 10,7 gr. Lorsqu'on enlève la charge, l'extrémité de la tige retourne dans sa position initiale.

Ainsi, l'action sur l'extrémité de la tige de la force horizontale égale à 4 gr amène à un déplacement assez important de sa seconde extrémité. Cela permet de conclure que la force de la résistance au mouvement de la tige d'une longueur de 42 m pendant sur les systèmes de suspension est sensiblement < 1 gr.

Par cette estimation expérimentale de la force de résistance on note les avantages des systèmes de suspension en comparaison avec les rouleaux pour l'enregistrement des processus d'ondes. Les forces de résistance au mouvement de la tige du côté du rouleau sont de l'ordre de 10 gr [2].

Pour protéger des effets mécaniques secondaires, les tiges des deux extensomètres sont placées à l'intérieur d'un chéneau de briques fermé en haut par des écrans en contre plaqué.

L'enregistrement du mouvement de l'extrémité libre de la tige s'effectue par un procédé de torsion [3]. L'extrémité de la tige s'appuie sur un petit galet qui se trouve sur une surface polie qui tourne lors du déplacement du tube. L'angle de rotation du galet s'enregistre par un procédé photo optique à l'aide d'un miroir fixé sur le galet.

La déviation de la tache lumineuse sur la bande est liée au déplacement sur le sol par la formule suivante :

$$d = 2L(S/D) \quad (1)$$

où L est le levier optique, D est le diamètre du galet. Avec le galet que nous employons ($D = 0,4$ mm), 1 mm de déplacement sur la bande correspond à $0,1 \mu$ sur le sol ou une déformation égale à $0,7 \cdot 10^{-8}$ pour N 60 E.

Pour enregistrer la variation de température à l'intérieur de la galerie, près de l'extrémité libre de la composante N 60 E on a installé un thermographe dont la sensibilité est de $0,05^\circ$ pour 1 mm de déplacement sur la bande.

Les observations systématiques ont commencé en juin 1963 mais à cause d'infiltrations importantes d'eau de pluie on n'a obtenu qu'un enregistrement ininterrompu sur la composante N 30 W qui se trouve dans une salle sèche.

Nous représentons sur la fig. 2 l'allure des déplacements pour juin à août 1963 d'après les données de la composante N 30 W. Nous portons simultanément sur le graphique la variation de la température extérieure de l'air.

Au cours de juin, l'allure de la déformation correspond à la distension de la roche qui est remplacée par une petite contraction ; cette dernière continue jusqu'au milieu de juillet. La distension suivante passe à une rapide contraction au début d'août et le 10 août commence la distension de la roche. Le déplacement relatif maximum sur une base de 14,5 m était de 50 μ .

Dans ses grandes lignes, l'allure de la déformation correspond à l'allure de la température extérieure. La variation de la température dans la salle pour toute cette période n'a pas dépassé 0,2° C.

L'extensomètre enregistre la déformation de marée. L'amplitude maximale de l'onde de marée sur la bande est de 5 mm, ce qui correspond à une déformation de $3,5 \cdot 10^{-8}$.

Les données des observations d'une durée de quatre mois ont été soumises à l'analyse harmonique dans le but de séparer les ondes de marées. Cette série d'observations a été partagée (en déplaçant le jour central de la série de 9 à 10 jours) en 10 séries d'une durée de 29 jours chacune. La réduction a été effectuée par la méthode de B.P. Pertsev [4].

Table 1.

Jour central	M_2	O_1	Jour central	M_2	O_1
19.VI. 1963	0,98440	0,42380	3.VIII 1963	1,01302	0,44238
28.VI. »	0,95687	0,43093	12.VIII »	1,01385	0,49629
7.VII. »	1,02796	0,48755	21.VIII »	1,05276	0,42603
16.VII. »	1,03451	0,45957	31.VIII »	0,96416	0,47582
25.VII. »	0,98280	0,53666	10.IX »	0,96385	0,40731

Nous nous limiterons uniquement à la séparation des deux composantes M_2 et O_1 dont les amplitudes sont données (en mm) à la table 1.

La moyenne : $0,99942 \pm 0,03347$; $0,45863 \pm 0,04025$. Les composantes de la déformation horizontale pour les ondes de marée semi-diurne M_2 et diurne O_1 ont la forme (5) :

$$M_2 \begin{cases} e_{\theta\theta} = \frac{h \sin^2 \theta + 2l \cos 2\theta}{\sin^2 \theta} \frac{W_2(M_2)}{Rg}; \\ e_{\varphi\varphi} = \frac{h \sin^2 \theta - 2l(1 + \sin^2 \theta)}{\sin^2 \theta} \frac{W_2(M_2)}{Rg}; \\ e_{\theta\varphi} = -4l \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} \frac{W_2(M_2)}{Rg} \operatorname{tg} 2(t + \varphi); \end{cases} \quad (2)$$

$$O_1 \begin{cases} e_{\theta\theta} = (h - 4l) \frac{W_2(O_1)}{Rg}; \\ e_{\varphi\varphi} = (h - 2l) \frac{W_2(O_1)}{Rg}; \\ e_{\theta\varphi} = 4l \frac{\sin \theta}{\sin 2\theta} \operatorname{tg}(t + \varphi) \frac{W_2(O_1)}{Rg}, \end{cases} \quad (3)$$

où $e_{\theta\theta}$ et $e_{\varphi\varphi}$ sont les composantes de la déformation dans les directions du méridien et du parallèle, $W_2(M_2)$ et $W_2(O_1)$ sont les potentiels théoriques des ondes M_2 et O_1 ; R est le rayon de la Terre; g est l'accélération de la force de pesanteur; θ est la colatitude du point de l'observation, (on prend la latitude géocentrique) h et l sont les nombres de Love et de Shida..

Les valeurs des potentiels théoriques pour les ondes M_2 et O_1

$$\begin{aligned} \frac{W_2(M_2)}{Rg} &= 0,90812 \cdot 3/4 \left(\frac{M}{E} \right) \left(\frac{a}{D} \right)^3 \sin^2 \theta \cos 2(t + \varphi), \\ \frac{W_2(O_1)}{Rg} &= 0,37689 \cdot 3/4 \left(\frac{M}{E} \right) \left(\frac{a}{D} \right)^3 \sin 2\theta \cos (t + \varphi), \end{aligned} \quad (4)$$

où D est la distance des centres de la Terre et de la Lune, M/E est le rapport de la masse de la Lune à la masse de la Terre.

Pour notre point d'observation, la latitude géocentrique est de $41^\circ 31'$, alors les expressions (4) prennent les valeurs suivantes :

$$\begin{aligned} \frac{W_2(M_2)}{Rg} &= 2,15 \cdot 10^{-8} \cos 2(t + \varphi), \\ \frac{W_2(O_1)}{Rg} &= 1,58 \cdot 10^{-8} \cos (t + \varphi), \end{aligned} \quad (5)$$

La déformation linéaire horizontale dans une direction de cosinus directeurs λ , μ s'exprime sous la forme :

$$e(\lambda\mu) = e_{\theta\theta}\lambda^2 + e_{\varphi\varphi}\mu^2 + e_{\theta\varphi}\lambda\mu. \quad (6)$$

Dans le cas considéré $\lambda = -\sqrt{3}/2$, $\mu = \frac{1}{2}$.

En substituant en (6) les valeurs (2) et (3) pour λ et μ , nous obtiendrons les expressions suivantes pour les composantes de la déformation horizontale des ondes de marées diurnes et semi-diurnes

$$\begin{aligned} e(\lambda\mu) &= 2,15 \cdot 10^{-8} \left\{ \left[h + l \frac{1,5 \cos 2\theta - 0,5(1 + \sin^2 \theta)}{\sin^2 \theta} \right] \cos 2(t + \varphi) + \right. \\ &\quad \left. + \left[l\sqrt{3} \frac{\cos \theta}{\sin^2 \theta} \right] \sin 2(t + \varphi) \right\}, \\ e(\lambda\mu) &= 1,58 \cdot 10^{-8} \left\{ (h - 3,5l) \cos (t + \varphi) - \sqrt{3}l \frac{\sin \theta}{\sin 2\theta} \sin (t + \varphi) \right\}. \end{aligned} \quad (7)$$

On peut représenter ces expressions sous la forme $e(\lambda\mu) = \sqrt{A^2 + B^2} \cos(t + \phi + \delta)$ où $\text{tg } \delta = \frac{A}{B}$, et les valeurs A et B sont les coefficients affectant les fonctions $\cos 2(t + \phi)$, $\sin 2(t + \phi)$ et les fonctions $\cos(t + \phi)$, $\sin(t + \phi)$ en (7).

L'amplitude du déplacement dans la direction $\lambda\mu$ est égale à $\sqrt{A^2 + B^2}$. Pour obtenir les constantes h et l nous écrirons les expressions suivantes :

$$\begin{aligned} e^2(\lambda\mu)_{M_2} &= [2,15 \cdot 10^{-8}]^2 [h^2 + 7,12l^2 - 3,44hl], \\ e^2(\lambda\mu)_{O_1} &= [1,58 \cdot 10^{-8}]^2 [h^2 - 14l^2 - 7hl]. \end{aligned} \quad (8)$$

Pour les séries de 29 jours données nous obtiendrons les valeurs suivantes du rapport h/l et des paramètres h et l.

Table 2

N ^o N ^o séries	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Ecart quadr. moyen
Jour moy.	19,6	28,6	7,7	16,7	25,7	3,8	12,8	21,8	31,8	10,9	
h/l	5,9	6,3	7,2	6,2	8,8	6,0	7,1	5,5	7,3	5,7	6,6 ± 1,0
h	0,41	0,39	0,40	0,42	0,39	0,41	0,40	0,44	0,40	0,40	0,41 ± 0,015
l	0,07	0,06	0,055	0,07	0,045	0,07	0,06	0,08	0,05	0,07	0,063 ± 0,011

Dans notre installation il n'y a pas de contrôle de sensibilité des appareils, aussi les valeurs h/l déterminées d'après le rapport des amplitudes des déplacements dans les ondes M₂ et O₁ seules ont une signification.

La valeur moyenne h/l est égale à 6,6. Si on prend h = 0,5 à 0,6 on obtient alors pour l la valeur 0,08 à 0,09 ce qui concorde bien avec les données des autres auteurs.

Cette valeur de h est déduite des observations gravimétriques et clinométriques. La possibilité n'est pas exclue que cette valeur de h reflète les particularités locales des déformations de la région étudiée.

BIBLIOGRAPHIE

1. L. HIERSEMANN
Fortlaufende Aufzeichnung von Bodenbewegungen durch ein Streinseismometer
Freiberger Forschungshefte, 1962.

2. L.A. LATININA, R.M. KARMALEYEVA
Premiers résultats des observations par un extensomètre horizontal à Tian-Shan.
Izv. Ac. des Sc. d'URSS série géoph. n° 11, 1962.

3. V.F. BONTCHKOVSKII, L.A. LATININA
Déformographe à torsion.
Izv. Ac. des Sc. d'IRSS. Série géoph. N° 3, 1955.

4. B.P. PERTSEV.
Analyse harmonique des marées élastiques.
Izv. Ac. des Sc. URSS Série Géophys. N° 8, 1958.

5. I. OZAWA
On the Observations of the Earth tide by Means of Extensometers in Horizontal Components.
Disaster prevent. Res. Inst. Kyoto Univ. Bull. N° 46, 1961.

DETERMINATION DES TERMES PRINCIPAUX DE LA NUTATION D'APRES LES DONNEES
DES OBSERVATIONS DE LATITUDE

V.K. Tarady

Circulaire Astronomique éditée par le Bureau des Communications Astronomiques de l'Acad.
des Sciences d'URSS - N° 393, 20 novembre 1966

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЛАВНЫХ ЧЛЕНОВ НУТАЦИИ ПО
ДАНЫМ ШИРОТНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ.

В.К. Тарадий.

Астрономический Циркуляр, № 393, 1966, ноября 20.

Les valeurs de la constante de nutation N , obtenues ces derniers temps par différents auteurs diffèrent sensiblement l'un de l'autre. C'est pourquoi dans le nouveau système de constantes astronomiques admis au 12^{ème} congrès de l'U.A.I. on a gardé la valeur précédente $N_0 = 9''210$, mais en même temps on a émis le désir de continuer l'étude de la nutation afin de remplacer dans la suite cette valeur N_0 par une nouvelle valeur plus précise.

Pour déterminer les corrections aux valeurs des coefficients de la nutation en obliquité N_0 et en longitude M_0 , les observations dans les stations du S.I.L. Carloforte, Mizusawa, Ukiah pour 1900.0 à 1940.0 constituent un matériel particulièrement précieux. Une partie importante de ces données a déjà été réduite précédemment [1]. Nous avons décidé de continuer ces recherches puisque :

1. La possibilité est apparue d'augmenter sensiblement le nombre des données de départ. Pour déduire les corrections ΔN et ΔM on a utilisé environ 200.000 latitudes instantanées.
2. Il était utile d'effectuer séparément l'analyse des groupes de jour et de nuit. On n'a effectué jusqu'à présent que leur réduction collective.
3. En outre, on a à présent des valeurs plus précises de toute une série de réductions nécessaires pour corriger les latitudes instantanées.
4. Enfin, on a un système unique de déclinaisons et de mouvements propres des centres de 154 paires d'étoiles ce qui facilite sensiblement la tâche de la déduction des corrections cherchées [2].

Nous nous sommes servis des relations suivantes :

$$\begin{aligned} \Delta z = & a_1 \cos (\Omega - \alpha_j) + b_1 \sin (\Omega - \alpha_j) + \\ & + a_2 \cos (\Omega + \alpha_j) + b_2 \sin (\Omega + \alpha_j) + v \end{aligned} \quad (1)$$

avec le poids P_j , où

α_j est l'ascension droite du centre du groupe j de paires d'étoiles

Ω_j est la longitude du noeud ascendant de l'orbite lunaire au moment de l'observation de ce groupe.

Les corrections ΔN et ΔM et le retard de phase de la nutation en longitude β_1 et en obliquité β_2 sont liés aux coefficients de l'expression (1) par les formules :

$$b_1 - b_2 = \Delta N ; \quad \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{M_o} = \beta_1$$

$$b_1 + b_2 = \Delta M ; \quad \frac{\alpha_2 - \alpha_1}{N_o} = \beta_2$$

Il faut s'assurer avant tout de la présence de variations de la forme (1) dans les données de départ. Pour cela, après avoir corrigé les latitudes instantanées par une série entière de réductions on a calculé les spectres de puissance d'après les successions de jour et de nuit des variations non polaires de la latitude Δz_m et Δz_e .

Nous noterons que les périodes des ondes de nutation d'arguments $\Omega - \alpha$ et $\Omega + \alpha$ doivent être $T_1 = 0,95$ an et $T_2 = 1,05$ an. Par l'analyse des observations dans le domaine qui nous intéresse du spectre on a découvert dans les observations de jour la période $T_1 = 0,95$ an seulement ; dans les observations de nuit deux variations de période $T_1 = 0,95$ an et $T_2 = 1,08$ an.

Ces résultats nous ont permis de soupçonner l'existence d'ondes non polaires ayant une fréquence voisine de la fréquence de l'onde totale de nutation. Dans le but de les découvrir on a étudié le spectre des différences $\Delta z_e - \Delta z_m$ formées par les résultats des observations de nuit et de jour du même groupe. On a utilisé ainsi toutes les observations sans exclusion dans les trois stations indiquées soit environ 300.000 latitudes. Il est apparu qu'il existe une variation dont la période est de 1.07 an, très voisine de la nutation de période $T_2 = 1,05$ an et par conséquent sa déformante. Nous avons partagé cette variation aussi bien en observations de jour que de nuit pour la période 1900.0 - 1935.0.

On a obtenu ces résultats :

$$\Delta\phi_m = 0^{\circ}0028 \cos(337^{\circ}39t + 282^{\circ})$$

et

$$\Delta\phi_e = 0^{\circ}0058 \cos(337^{\circ}39t + 152^{\circ})$$

Ensuite nous avons éliminé ces ondes des valeurs Δz_m et Δz_e de tous les groupes qu'on a observés pendant au moins un cycle de nutation et on a déterminé les coefficients a_1, a_2, b_1, b_2 de l'onde (1).

Nous donnons ci-après les valeurs définitives :

	ΔN	ΔM	β_1	β_2
jour	- 0,0128	- 0,0114	+ 0,0004	- 0,0002
nuit	- 0,0133	- 0,0113	- 0,0002	+ 0,0001
moyen	- 0,0130	- 0,0114	+ 0,0001	0

L'erreur quadratique moyenne des déterminations ΔN et ΔM est de l'ordre de $0(\pm 0^{\circ}0010)$.

Ainsi, les corrections ΔN et ΔM obtenues séparément par les observations de jour et de nuit coïncident bien l'une avec l'autre ce qui témoigne de leur authenticité.

Le retard de phase de l'onde de nutation n'existe apparemment pas. Les valeurs obtenues précédemment, par exemple $\beta_1 = 3,8$ (1) dépendent probablement des altérations apportées par les ondes non polaires de période de 1.07 an mais à présent non encore découvertes. Le rapport des demi-axes M/N est égal à celui pris à présent. La théorie donne la correction pour le rapport pris

$$\Delta n \sim (1 \div 3) 10^{-3}$$

c'est-à-dire que la divergence entre la théorie et les données des observations persiste.

BIBLIOGRAPHIE

1. E.P. FEDOROV

Nutation et mouvement forcé des pôles de la Terre d'après les données des observations de latitude.

Edit. "Naoukova Doumka" Kiev 1958.

2. S.P. MAYOR

Corrections des déclinaisons et des mouvements propres des centres de 154 paires d'étoiles.

Publ. "Variation des Latitudes". Ed. "Naoukova Doumka" Kiev, 1965.