

COMMISSION 19: ROTATION DE LA TERRE (ROTATION OF THE EARTH)

Report of Meetings, 17, 20, 24 and 26 August 1970

PRÉSIDENT: P. Melchior.
SECRÉTAIRE: G. Billaud.

Comptes-rendus des séances

Le Président rend hommage aux membres disparus: Z. N. Aksent'eva, G. Demetrescu, F. Koebcke, S. V. Romanskaya et poursuit:

“First I should like to give you some personal comments on the present situation of the study of the Earth's rotation, the evolution of concepts and methods used, before analysing the future of our research. Without any doubt, investigations in fundamental astronomy are no longer in favor by the greatest part of astronomers and many of them prefer to devote themselves to astrophysics and radioastronomy. It seems to many people that all the problems of positional astronomy are solved and that routine work is the only thing to be done now.

This is a very dangerous situation about which I wish to give you two recent examples. It has been suggested in the IAU to reduce the low number of commissions of fundamental astronomy by fusion of our Commission 19 with Commission 31. The reasons of this proposition were neither very clear nor had a scientific basis. The Presidents and Vice-Presidents of both Commissions opposed, of course, and the idea was abandoned.

An other fact, much more dangerous, is the idea, raised in one of the important observatories, that a time department nowadays has no longer its place in an observatory. These facts and also some others of minor importance have convinced me that many members of the IAU, even those among them having official responsibilities in their countries, are not correctly informed about the modern aspects of the problems of the irregularities of the Earth's rotation.

They remember the old techniques learned many years ago but they probably ignore that the determination of the secular retardation of Earth's rotation is of great importance for the history of the Earth-Moon system. They probably do not know the implications of the Earth's liquid core effects in both phenomena of tides and nutations.

I can, I think, summarize the situation in saying that the astronomers seem to have forgotten that the Earth also is a planet in the Solar system, that when studying the planetary physics and dynamics we must begin with Geodynamics and that the best laboratory to do it is the Earth itself.

But our Commission has some responsibility in this situation. My feeling is that in the past we did not call the attention of the Union on these facts, on the necessity of developing investigations on the problems of the planet Earth in astronomical observatories.

The activity of our Commission, excellent although from the technical point of view, remains extremely passive concerning the actions to be undertaken to promote and to develop the research activity. Till now, we mainly have been concerned with observation and reduction of data, what is extremely important indeed. But now we must be more concerned with a correct theory of the polar motion as well as of changes of speed of the rotation. The geophysicists for many reasons pay more and more attention to these phenomena. Among these reasons the principal ones seem to be:

1. The Problem of excitation and damping of Chandler Wobble

Very few data are available on the Earth's viscosity and its internal distribution. The long period of measurements of the polar motion – 70 yr – should provide an exceptional material for such analysis. But to detect relaxation times, we must be sure that our data are reduced in an absolutely

homogeneous way and you perfectly know that this is not the case. The first task of our Commission is to decide on this problem and to produce a homogeneous table of x, y . The results of a comparison of a new catalogue, derived from meridian observations, with group corrections of SIL are extremely encouraging to undertake such a task.

2. *The Secular retardation of the speed of the Earth's rotation* yet mentioned is a problem of the same nature. It also depends on the internal viscosity if we consider the phase lag of the sectorial Earth tides. But it also involves the problem of the friction process due to the oceanic tides which is of a very complex nature. Our first duty will be to produce a table of variations of ω . The history of the Earth-Moon system depends indeed upon the frictional processes and several techniques provide information for the past. I mean of course ancient eclipses and the study of coral growth in paleontology.

3. *The Earth's Liquid Core effects* have a fundamental importance in the particularities of the Earth's rotation. A great number of papers have been published on this subject since ten years or so and astronomers should read carefully these papers. Should we remember that the famous paper written by Poincaré in *Bulletin Astronomique* of 1910 indeed remained practically unknown among astronomers? Now it is clear that diurnal Earth tides and precession-nutation are two aspects of the same phenomena and that resonance effects produced by the liquid core can be observed. Therefore the IAU Colloquium on astronomical constants held last week at Heidelberg took two recommendations related to this problem:

(a) IAU Colloquium considers that no changes should be made in the series for the nutation until a decision is made about the precessional constants, but considers that a new theory of nutation, based upon a more realistic model of the Earth and consistent with recent developments of Tidal Potential should be developed.

(b) IAU Colloquium urges that the observational data of the International Latitude Service be made available on a uniform system and in machine-readable form as soon as is practicable, for use in the determination of the nutations.

Many problems are interconnected with the existence of the liquid core: precession nutation, geomagnetism, internal convection, exchange of angular momentum between the several parts of the Earth, tides... all having a great influence on the rotation of the mantle which is what we are measuring.

4. *Correlations between irregularities in the rotation (polar or speed irregularities) and earthquakes mechanisms*

This is of extreme importance for humanity and we should not underestimate it even when it seems at first sight astonishing. An important symposium was held last year in Canada where this matter was discussed and it is hoped that the publication will be soon available. But you already now may know some of the conclusions based on the elasticity theory of dislocations and changes of the Inertia Tensor.

According to Smylie and Mansinha "There now appears to be no difficulty in accounting theoretically for both the secular pole shift and Chandler wobble excitation as being due to earthquakes. Improved pole path measurements should provide a better understanding of earthquake mechanism".

5. I must also mention the secular pole shift which was the subject of our Stresa Symposium.

6. Finally we know that many Earth tides effects are present in our observations

- (a) periodic deflections of the vertical
- (b) tidal alteration of the moments of inertia of the Earth
- (c) tidal effects on nutations as already mentioned.

As our ephemerides can not yet take into account all these effects the constants of which depend on the internal constitution of the Earth (density, elasticity and viscosity) it is clear that any spectral

analysis of observations will reveal many tidal frequencies. A precise determination of their amplitudes will provide important information not only for geophysics but also for the dynamics of the Earth-Moon system.

Now there is hope that new techniques will greatly improve the measurements in the near future. These techniques are

- (a) Doppler satellite observations developed by Anderle and Beuglass
- (b) Laser measurements on Moon's corner reflector
- (c) Radio interferometry.

But it is to be remembered that we have yet in hand this large amount of data accumulated during 70 yr by the observers of the ILS spending so great efforts. I am convinced that a new general reduction is to be made now with improved fundamental constants, improved declinations and proper motions.

I wish to read you what just has been written this month in the last issue of an important geophysical publication:

"The ILS started over half a century ago and has provided data on the motion of the pole, the value of which has, I think, not been fully appreciated by geophysicists... The calculation of the damping period of the Chandler Wobble is quite basic to the understanding of the non-elastic properties of the Earth's mantle but is an involved statistical problem, and the excitation of this motion is one of the most intriguing unsolved problems of geophysics... A careful exposition of the methods of obtaining data and reducing it will be of very great value to geophysicists concerned with these important questions..."

This last sentence is indeed most important and emphasizes the need of a new reduction in order to diminish the noise present in the data proposed for the analysis.

There are the main things I desired to point out before starting our discussions. It is of course quite impossible to develop fully all the subjects during the present General Assembly but you should keep them in mind when discussing the several practical questions of IPMS and BIH activities.

I think that our Commission has to take a resolution to claim the attention of the Union and of all the Astronomical Observatories upon the new developments of geodynamics and another developing the resolution of IAU Colloquium at Heidelberg, on the necessity of a complete revision of ILS data. Next year we shall have now opportunities to discuss fully these problems. Our Japanese colleagues, convinced of the importance of our activity, have invited our Commission to hold an International Symposium on the Rotation of the Earth at Marioka, near Mizusawa. Many distinguished geophysicists will join this meeting which is to be held from May 9th to May 15th with the official support of IAU and IUGG".

I. ADMINISTRATION

Programme de travail

Le Président indique les grands thèmes dont la commission aura à débattre, ainsi que les résolutions sur lesquelles elle aura à se prononcer au cours de la séance du 24 août 1970. E. P. Fedorov est chargé de constituer un groupe de travail pour l'étude des résolutions.

II. RAPPORTS DU SIL, SIMP ET BIH

(a) P. Melchior annonce la sortie du volume X du SIL contenant les résultats de la période 1941,0–1949,0 (T. Nicolini et E. Fichera). Les résultats de la période 1949,0–1962,0 sont prêts à être publiés, mais il est regrettable que cet important travail n'ait pas tenu compte de la résolution adoptée à Prague sur le pôle origine (OCI) et ait modifié la latitude de Kitab. P. Melchior suggère que la commission vote une recommandation de subvention pour aider à la publication dans la mesure où les résultats sont rapportés à l'OCI. P. Melchior signale également l'existence de paires d'étoiles appartenant au programme SIL et qui présentent des résidus importants. Il souhaite que de nouvelles observations méridiennes soient entreprises pour ces étoiles.

(b) S. Yumi présente le rapport sur les travaux du SIMP. Depuis 1962 les résultats préliminaires sont publiés dans les Monthly Notes avec un délai d'environ 2 mois. Les résultats définitifs de 1962-67 ont été publiés dans les Annual Reports; ceux de 1968 sont actuellement sous presse.

(c) B. Guinot présente une communication sur la précision du TU et des coordonnées du pôle déterminées par le BIH. Pour tenir compte de la précision propre de chaque instrument et de la stabilité de ses résultats, les calculs sont exécutés en deux étapes qui conduisent à la publication des résultats bruts de 5 jours en 5 jours. Ce sont ces résultats bruts qui doivent être utilisés chaque fois que la plus grande précision est requise. En ce qui concerne les erreurs accidentelles, les écarts-types calculés par rapport à une courbe moyenne sont de $0,015$ sur x , $0,015$ sur y et $0,0017$ sur TU1. Quant aux erreurs systématiques, on estime à moins de $0,001$ la dérive fictive du pôle introduite par les mouvements propres des catalogues, mais on ne peut rien dire de la dérive du TU1 qui est liée à la précision de l'équinoxe de ces catalogues; les erreurs annuelles peuvent avoir une amplitude totale de 2 à $3 \cdot 10^{-2}$ en x et y , et de $0,001$ en TU1.

Une meilleure répartition des instruments sur la Terre et des programmes plus denses sur certains des instruments existants permettraient de réduire les erreurs de l'ordre de 30%. Cependant, non seulement l'effort nécessaire pour réaliser cette amélioration n'est pas entrepris dans l'ensemble, mais il apparaît une désaffection pour les mesures classiques des caractéristiques de la rotation terrestre. B. Guinot désire qu'une résolution affirme l'intérêt de telles mesures jusqu'à ce que des techniques nouvelles et meilleures soient régulièrement mises en oeuvre.

(d) Discussion générale

A. Mikhailov félicite S. Yumi pour la qualité du travail du SIMP.

E. P. Fedorov souhaite avoir les erreurs sur x et y , sous forme d'ellipse de confiance.

B. Guinot précise que la probabilité pour que l'ellipse soit un cercle est d'environ $\frac{1}{3}$.

S. Yumi donne communication d'une lettre de H. Yasuda indiquant que l'observation de 1000 étoiles des programmes PZT débutera au cercle méridien de Tokyo à la fin de 1971. L'Observatoire de Tokyo souhaite la collaboration du plus grand nombre de services méridiens.

P. Melchior demande que cette information soit transmise à la Commission 8.

P. Melchior répond ensuite à une question de A. Mikhailov sur les chaînes d'instruments et fournit des informations récentes sur le transfert de la station SIL de Carloforte à Cagliari. Après intervention de W. Markowitz et de J. Fleckenstein, le dossier concernant ce transfert est transmis au Comité des Résolutions.

R. O. Vicente demande la création d'un groupe de travail qui serait chargé de la publication des coordonnées du pôle dans un système homogène.

P. Melchior lit une note de E. Fichera concernant la mise des données sous forme utilisable dans les ordinateurs. Suit une discussion où interviennent E. Fedorov, W. Markowitz, P. Melchior, S. Yumi et B. Guinot.

III. PRESENTATION DE TRAVAUX SCIENTIFIQUES

– Communication est donnée des travaux de Y. Wako sur le terme z .

– A. Mikhailov a trouvé, en s'appuyant sur les travaux d'Eötvös, que le pôle Nord devrait se déplacer vers la longitude 83°W .

– C. Damba signale qu'il a entrepris des recherches sur la trajectoire du pôle d'inertie.

– W. Markowitz présente une étude sur la rotation de la Terre déduite des observations des PZT de Washington et Richmond. Il n'y a relevé aucune discontinuité de la vitesse de rotation, malgré des changements brusques de l'accélération; les grands séismes de la période considérée n'ont entraîné aucune modification de ces deux paramètres. W. Markowitz a aussi étudié le mouvement séculaire du pôle d'après les données du SIL: la corrélation des variations de latitude des diverses stations le porte à croire que c'est le pôle moyen qui oscille plutôt que les stations elles-mêmes.

S. K. Runcorn demande s'il serait possible de trouver des variations à courte période de la vitesse (un à deux mois). W. Markowitz répond affirmativement, citant comme exemples les écarts à la courbe quasi uniforme de décélération en 1963,1 et 1964,7.

D. V. Thomas veut connaître la précision des points représentatifs du mouvement du pôle. W. Markowitz répond: "quelques centièmes de seconde de degré". D. V. Thomas remarque alors que les fluctuations autour de la courbe moyenne ne paraissent pas significatives.

– Travaillant sur des données paléontologiques, A. et N. Stoyko ont trouvé pour la valeur du ralentissement séculaire de la vitesse de rotation de la Terre: $\Delta\omega = 2,15 \times 10^{-8} \omega$.

– B. Guinot a étudié les valeurs brutes de TU2 du BIH calculées de 5 en 5 jours sur la période 1967–69. Il y retrouve les termes lunaires de période 13,7, 14,2, 14,8 et 27,6 jours d’où l’on peut déduire la valeur du nombre de Love $k: k = 0,302 \pm 0,045$. Une correction des données avant réduction par le BIH réduirait la dispersion et améliorerait le lissage.

– P. Melchior présente ensuite une analyse de Pilnik portant sur 5463 j et répartie en 9 séries se recouvrant mutuellement. On trouve $k = 0,300 \pm 0,005$.

Répondant à K. Lambeck sur les mélanges de données, S. Débarbat indique qu’un travail exécuté à Paris sur une seule station conduit à un résultat analogue à celui obtenu par B. Guinot.

P. Melchior pense que la valeur $k = 0,3$ qui est en excellent accord avec les mesures récentes de marées terrestres suffirait pour introduire les corrections suggérées par B. Guinot.

E. P. Fedorov attire l’attention sur les problèmes que soulèvent le lissage des courbes.

– S. K. Runcorn expose diverses questions géophysiques relatives à la variation de la durée du jour: champ magnétique, tremblements de terre, déplacement de masse....

Suit une discussion à laquelle participe notamment W. Markowitz, E. P. Fedorov, N. Stoyko, P. L. Bender, R. Hide.

– H. Enslin rapporte que les latitudes observées au PZT de Hamburg montrent une fluctuation saisonnière importante de la variation diurne: en tenir compte réduirait sensiblement le terme z .

D. V. Thomas demande à quel moment la latitude apparente, affectée de la variation saisonnière de la variation diurne, est égale à la latitude moyenne de l’observatoire.

H. Enslin pense qu’il est possible que z varie différemment avant et après minuit; mais cela n’affecte pas la valeur moyenne de la latitude.

D. V. Thomas trouve qu’il serait très difficile de distinguer l’effet que peuvent avoir différentes formes de variations diurnes sur les observations (variations linéaires, sinusoïdales...).

N. P. J. O’Hara partage l’opinion de D. V. Thomas sur ce point. A. R. Robbins demande s’il y a une variation liée à la température. D’après H. Enslin la chose est possible.

N. P. J. O’Hara attire l’attention sur la non-linéarité des phénomènes thermiques et sur leur importance.

B. Guinot confirme l’existence de termes annuels constants et, sur une question de P. Melchior, que les termes annuels sont différents d’une station à l’autre.

– E. P. Fedorov présente un travail de Y. Yatskiv sur la nutation presque diurne. Dans la zone de fréquence correspondante on pourrait distinguer plusieurs termes.

P. Melchior considère que c’est une question très importante. On pourrait en déduire les fréquences de résonance et les utiliser pour tester les modèles de l’intérieur de la Terre.

N. Stoyko remarque toutefois que l’étude à partir d’étoiles brillantes fournit des amplitudes différentes de celles obtenues à partir de l’étude des groupes.

– La séance débute par un exposé de R. J. Anderle sur la détermination des coordonnées du pôle par observation de satellites artificiels. La précision obtenue sur la moyenne de 6 jours est de 0,5 m et les écarts avec les résultats du BIH et du SIMP n’ont pas atteint 1 mètre durant les deux dernières années.

– P. Melchior demande si on a recherché une erreur systématique annuelle avec ces résultats. La réponse est négative.

– D. V. Thomas demande s’il serait possible de déterminer la variation diurne d’une station d’observation. R. J. Anderle indique que la précision sur 24 h serait de 1,6 m.

– B. Guinot demande si les résultats sont affectés par le changement du nombre de stations. R. J. Anderle répond qu’il n’y a eu, jusqu’à présent, aucun effet; toutefois il pense que l’abandon d’une station peut perturber les résultats.

– E. P. Fedorov demande qu'elle est l'origine choisie. R. J. Anderle précise qu'il s'agit de l'OCI et qu'il existe une différence systématique en y avec le BIH et le SIMP. Enfin répondant à F. Barlier, il ajoute que l'on ne connaît pas l'erreur sur la position du pôle d'inertie.

C. O. Alley fait le point des mesures laser Terre-Lune à l'aide du réflecteur déposé sur la Lune par les cosmonautes d'Apollo XI. L'erreur sur les premières mesures, qui était de l'ordre de 2,5 m a été ramenée à 0,15 m; on pense atteindre bientôt une précision de l'ordre de quelques centimètres. Les différentes expériences ont montré l'excellent comportement du réflecteur lunaire aussi bien pendant la nuit que pendant le jour lunaires. Ces travaux conduisent à de nouveaux résultats dans de nombreux domaines et certains nous intéressent tout particulièrement: rotation de la Terre, termes à courte période, mouvement polaire et oscillation Chandlerienne, déplacement de la croûte terrestre et dérivé des continents. P. L. Bender complète cet exposé en indiquant que l'on espère améliorer les techniques, ce qui aura pour conséquence de rendre possible l'utilisation de télescopes de 1,5 m comme émetteurs-récepteurs. On pourrait ainsi augmenter la participation et obtenir 3 h d'observation par nuit, 24 nuits par mois. Suit une discussion technique à laquelle participent K. Lambeck, C. O. Alley, P. L. Bender, L. V. Morrison, J. Terrien.

N. N. Parijskij présente un travail sur le mouvement séculaire du pôle et compare les résultats qu'il a obtenus avec Kuznezov avec ceux de Groves et Munck.

ANNEXE I. CONSEIL SCIENTIFIQUE DU SIMP

Le Conseil Scientifique du SIMP s'est réuni deux fois, sous la présidence de B. Guinot.

Le 19 août, le Conseil a examiné la situation créée par la proposition du transfert de l'instrument du SIL, de Carloforte à Cagliari, selon le voeu de la Commission géodésique italienne; il a établi une liste de conditions pour que ce transfert soit acceptable. A la même séance, sur proposition de B. Guinot, il a été décidé que P. Melchior serait proposé comme prochain Président du Conseil à FAGS.

Le 26 août, le Conseil a établi la liste des membres du groupe de travail chargé de la révision des résultats anciens du SIL:

Président: S. Yumi, Membres: E. P. Fedorov, E. Fichera, B. Guinot, G. Hall, W. Markowitz, P. Melchior, R. Vicente. Le Président du groupe de travail devra présenter, deux fois par an, au Président du Conseil Scientifique, un rapport sur l'activité du groupe.

Le groupe de travail pour la révision des résultats du SIL s'est réuni le 26 août (sauf E. Fichera, absent) et a examiné les conditions dans lesquelles sont rassemblées les données de base, sous une forme acceptée par les ordinateurs.

ANNEXE II. RESOLUTIONS

1. Considering that the basic observational data concerning the physics of the Earth, namely its rotation and polar motion, needed for space research, geophysics, and geodesy, are provided by astronomical observations:

Commission 19 recommends that:

(a) The precise astronomical determinations of time and latitude be continued, and
(b) New chains on the same parallel of latitude be formed, in accordance with the resolutions adopted at Prague in 1967.

2. The fundamental importance of the ILS northern chain in providing a long, consistent series of data is recognized by astronomers and geophysicists and the continuation of the visual observations at Mizusawa, Kitab, Carloforte (Cagliari), Gaithersburg and Ukiah is considered of paramount importance.

3. The importance is stressed of planning for the installation of PZT's at Gaithersburg and Ukiah, by the U.S. Coast and Geodetic Survey, to form a complete ILS chain.

(Note; Present status: Mizusawa, in operation; Kitab, being installed; Cagliari, planned).

4. Recognizing the urgent need to provide the best possible polar coordinates from all available observational data, commission 19 recommends that a program of investigation be conducted in several stages. The objectives are:

- 4.1. Determination of the appropriate frame of reference.
- 4.2. Anew, homogeneous reduction of the ILS visual results.
- 4.3. Determination of the best possible polar coordinates from all observations.

To initiate the first stage, Commission 19 requests the Scientific Council of the IPMS to establish a small working group to re-reduce the northern ILS visual observations on a homogeneous basis.

5. The importance of the program for the homogeneous determination of the polar motion and UT from both time and latitude observations made since 1955 is recognized and the BIH is urged to complete this work.

6. Noting the increasing difficulties of obtaining observing staff for Carloforte and noting the importance of obtaining continuous observations, Commission 19 concurs in the proposal of the Italian Geodetic Commission to move the VZT of the ILS station at Carloforte to Cagliari, provided that:

6.1. The systematic difference of the two sites shall be determined by conducting concurrent observations at the two sites with the use of auxilliary VZT.

6.2. The auxilliary VZT must be of the same accuracy as the one now existing at Carloforte.

6.3. Skilled observers will be maintained at both sites.

6.4. The observing program at each site will be that of the normal ILS station.

6.5. The duration of the concurrent observations will be 6 years.

6.6. Steps shall be taken so that observations with a VZT can be resumed at the present location at Carloforte, if so desired, after completion of the 6-year program.

6.7. The Scientific Council of IPMS will advise on the carrying out of this program.

7. Commission 19 notes with satisfaction that the definitive ILS results for 1949,0–1962,0 have been completed. However, it expresses concern that the origin of the pole used is not the Conventional International Origin (CIO) adopted by both the IAU and the IUGG in 1967.

Commission 19 recommends that the Executive Committee of the IAU grant a subsidy to aid publication of the 1949,0–1962,0 results, providing that the results are referred solely to the CIO.

(Note: Use of CIO solely will avoid confusion of multiple systems).

8. Commission 19 welcomes the introduction of new techniques which may be used to study the rotation of the Earth and polar motion, such as artificial satellites via Doppler and laser measurements, lunar laser ranging, and radio interferometry, and urges that regular programs of extensive observations be established.

9. Recognizing that modifications in the surrounding areas of observatories affect the precise measurement of time and latitude, Commission 19 recommends that local authorities concerned aid in preserving suitable observing conditions in the vicinity of observatories.

ANNEXE III. ERRATA

Reports on Astronomy XIVA

- p. 179 ligne 13 au lieu de Billaud lire US Naval Observatory
 p. 179 ligne 14 au lieu de Jorge Silva lire Greenwich Observatory
 p. 180 ligne 17des nombres de Love k et 1
 p. 182 ligne 8 bi-annuelle.