

TRANSACTIONS OF THE
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL
UNION

VOL. XVA (REPORTS 1973)

29

REPORTS ON ASTRONOMY

PUBLISHED AND DISTRIBUTED FOR



D. REIDEL PUBLISHING COMPANY

DORDRECHT-HOLLAND/BOSTON-U.S.A.

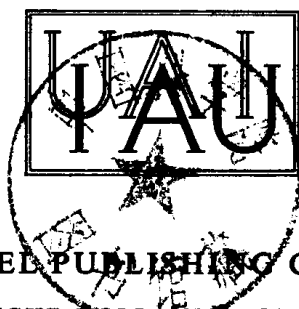
55083
1 61
2 F15A

INTERNATIONAL COUNCIL OF SCIENTIFIC UNIONS
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION
UNION ASTRONOMIQUE INTERNATIONALE

TRANSACTIONS
OF THE
INTERNATIONAL ASTRONOMICAL UNION
VOLUME XVA

REPORTS ON ASTRONOMY

Edited by
CORNELIS DE JAGER
General Secretary of the Union



D. REIDEL PUBLISHING COMPANY
DORDRECHT-HOLLAND / BOSTON-U.S.A.

1973

TW04/08

一九七四年八月十一日

740528

*Published on behalf of
the International Astronomical Union
by
D. Reidel Publishing Company
Dordrecht-Holland*

*Sold and distributed in the U.S.A., Canada and Mexico
by D. Reidel Publishing Company, Inc.
306 Dartmouth Street, Boston,
Mass. 02116, U.S.A.*

*All Rights Reserved
Copyright © 1973 by the International Astronomical Union
Library of Congress Catalog Card Number 73-81827*

ISBN 90 277 0340 X

Printed in The Netherlands by D. Reidel, Dordrecht

TRANSACTIONS
OF THE
INTERNATIONAL
ASTRONOMICAL UNION
VOLUME XVA - REPORTS

INTRODUCTION

This volume contains the fifteenth tri-annual reports of the Presidents of the forty Commissions of the International Astronomical Union; it refers to the progress in our discipline during the three years 1970, 1971 and 1972.

As compared to earlier volumes a gradual change in character is unmistakable. The ever increasing flow of publications, combined with the obvious necessity to keep the Reports at a reasonable size and price level has gradually forced the Commission Presidents to be more selective than before in drafting their Reports. I have certainly stimulated them into that direction – in order that Reports like these be valuable and lasting, it seems imperative that the individual contributions have the character of a critical overall review, where a fairly complete summary is given of the *major developments and discoveries* of the past three years, and in which the *broad developments* and *new trends* be clearly outlined, while at the same time *essential problems* for future research are identified. With respect to the latter item I have suggested the Commission Presidents to add to their reports a brief section on *scientific priorities for future research* in the field of their Commissions.

In order to save space I have suggested to Commission Presidents that references to published papers are given on the basis of their number in the published issues of *Astronomy and Astrophysics Abstracts*. For instance, the indication (06.078.019) or (AAA 06.078.019) would refer to a reference in volume 06 (literature 1971, part 2) section 078 (solar cosmic radiation), paper 019 (S. N. Vernov and five others: 'solar cosmic ray bursts with proton energies $E_p > 30$ MeV observed aboard Venus 6'). Of course this system can not be followed completely since at the time of writing the Volumes containing the abstracts of the year 1972 had not yet been published. Not all Presidents have followed this suggested system, which is their privilege, of course, and which adds in my feeling to the flavour of this publication.

It is my happy duty indeed to thank the Presidents and the Members of the Organizing Committees of the various IAU Commissions for their very cooperative spirit in preparing the present *Reports on Astronomy* and for the carefully balanced way in which their contributions were written.

It was a great experience to cooperate with so many distinguished colleagues all over the world.

CORNELIS DE JAGER

General Secretary

Utrecht,

December 31th, 1972

CONTENTS

4. Éphémérides (Ephemerides)	1
- Groupe de Travail sur les Constantes de la Précession	9
- Groupe de Travail sur les Unités et les Échelles de Temps	9
5. Documentation	11
6. Astronomical Telegrams (Télégrammes Astronomiques)	15
- Report of the Central Bureau for Astronomical Telegrams	15
7. Celestial Mechanics (Mécanique Céleste)	19
8. Positional Astronomy (Astronomie de Position)	29
9. Instruments and Techniques (Instruments et Techniques)	43
- Joint Working Group of Commissions 9 and 46 for Exchange of Equipment	68
- Groupe de Travail sur l'Emploi en Astronomie des Récepteurs Photoélectriques d'Images	68
10. Solar Activity (Activité Solaire)	75
- Working Group on Solar Activity Cooperative Programs	106
- Working Group on Magnetographic Calibration	108
12. Radiation and Structure of the Solar Atmosphere (Radiation et Structure de l'Atmosphère Solaire)	129
- Working Group on the High Resolution Atlas of the Photospheric Spectrum	148
- Working Group on Sunspot Spectra	148
- Working Group on Solar Eclipses	149
14. Fundamental Spectroscopic Data (Données Spectroscopiques Fondamentales)	155
- Committee 1: Standards of Wavelengths	155
- Committee 2: Transition Probabilities	157
- Committee 3: Collision Cross Sections and Line Broadening	160
- Committee 4: Structure of Atomic Spectra	168
- Committee 5: Molecular Spectra	172
15. Physical Study of Comets (L'Étude Physique des Comètes)	179
16. Physical Study of Planets and Satellites (Étude Physique des Planètes et Satellites)	191
- Working Group on Martian Nomenclature	201
17. The Moon (La Lune)	203
- Inter-Union Commission for Lunar Studies	203
- Working Group on Lunar Nomenclature	204
- Groupe de Travail "Figures, Mouvements et Positions Observées de la Lune"	206
- Inter-Union Working Party on Lunar Laser Ranging Experiments	207
- Working Group Geology and Geophysics of the Moon	209
19. Rotation of the Earth (Rotation de la Terre)	215
- International Polar Motion Service	219
- Bureau International de l'Heure	220
- Working Group on the Pole Coordinates	221
20. Positions and Motions of Minor Planets, Comets and Satellites (Positions et Mouvements des Petites Planètes, des Comètes et des Satellites)	225
21. Light of the Night-Sky (Luminescence du Ciel)	241
22. Meteors and Meteorites (Météores et Météorites)	253
- Report of the Meteorite Committee	265
- Report of the Cosmic Dust Committee	271

24. Photographic Astrometry (Astrométrie Photographique)	275
25. Stellar Photometry (Photométrie Stellaire)	285
26. Étoiles Doubles (Double Stars)	297
27. Variable Stars (Étoiles Variables)	313
- Report on Variable Stars in Globular Clusters	340
- Report of the Working Group on Supernovae	344
- Report on the Spectra of Variable Stars	346
- Report of the Working Group on Flare Stars	355
28. Galaxies	357
- Working Group on Galaxy Photometry and Spectrophotometry	377
- Working Group on the Magellanic Clouds	383
29. Stellar Spectra (Spectres Stellaires)	387
30. Vitesses Radiales (Radial Velocities)	407
31. Time (L'Heure)	415
33. Structure and Dynamics of the Galactic System (Structure et Dynamique du Système Galactique)	431
34. Interstellar Matter and Planetary Nebulae (Matière Interstellaire et Nébuleuses Planétaires)	467
35. Stellar Constitution (Constitution des Étoiles)	507
36. Theory of Stellar Atmospheres (Théorie des Atmosphères Stellaires)	537
37. Star Clusters and Associations (Amas Stellaires et Associations)	571
38. Exchange of Astronomers (Échange des Astronomes)	599
40. Radio Astronomy (Radio Astronomie)	601
41. History of Astronomy (Histoire de l'Astronomie)	639
42. Photometric Double Stars (Étoiles Doubles Photométriques)	647
43. Astrophysical Plasmas and Magnetohydrodynamics (Plasmas et magnéto-hydrodynamique en Astrophysique)	669
44. Astronomical Observations from Outside the Terrestrial Atmosphere (Observations Astronomiques au-dehors de l'Atmosphère Terrestre)	671
45. Spectral Classifications and Multi-Band Colour Indices (Classifications Spectrales et Indices de Couleur à Plusieurs Bandes)	697
- Working Group for Collection of Photometric and Spectroscopic Data	716
46. Teaching of Astronomy (Enseignement de l'Astronomie)	717
47. Cosmology (Cosmologie)	729
48. High Energy Astrophysics (Astrophysique de Grande Energie)	737
Report of the Working Group on Numerical Data	757

4. ÉPHÉMÉRIDES (EPHEMERIDES)

PRÉSIDENT: J. Kovalevsky.

VICE-PRÉSIDENT: R. L. Duncombe.

COMITÉ D'ORGANISATION: V. K. Abalakin, W. Fricke, A. M. Sinzi, G. A. Wilkins.

INTRODUCTION

Le présent rapport diffèrera sensiblement des précédents rapports de la Commission 4 publiés à l'occasion des précédentes assemblées générales de l'UAI. Pendant longtemps, en effet, les activités correspondant au domaine couvert par la Commission étaient concentrées dans les services nationaux et internationaux des éphémérides. Mais désormais, de nouveaux groupes, souvent en liaison avec les organismes engagés dans la Recherche Spatiale, contribuent de façon essentielle à l'amélioration du système de constantes fondamentales et construisent des éphémérides de grande précision pour les corps du système solaire. C'est pourquoi, j'ai préféré examiner les activités de recherche dans ce domaine de façon globale, indépendamment des organismes ayant subventionné ces recherches.

Ayant ainsi regroupé ailleurs des renseignements donnés dans les rapports des Directeurs des services des Éphémérides, il n'était plus possible (faute de place et afin d'éviter toute duplication) de publier in-extenso les rapports. Dans ces conditions, il a paru plus logique d'analyser aussi de façon globale l'activité de ces services et de supprimer totalement la traditionnelle annexe réservée à leurs rapports.

BUREAU INTERNATIONAL D'INFORMATION SUR LES ÉPHÉMÉRIDES ASTRONOMIQUES

Le Bureau International d'Information sur les Éphémérides Astronomiques (BIIEA) a commencé à travailler sous la direction de B. Morando. Nous donnons ci-après son compte-rendu d'activité.

"The International Information Bureau on Astronomical Ephemerides, established by the XIVth General Assembly of the IAU, commenced its operation in 1971 and is located at the Bureau des Longitudes in Paris. The scientific advisory committee, including representatives of IAU and COSPAR met twice and established the procedures to follow.

Fifty information cards have been issued in 1972 and sent to 135 organizations. It is expected that about 80 new cards will be issued before the next General Assembly and that about 40 new organizations will be added to the distribution list. Financial support from the International Astronomical Union and Bureau des Longitudes have made this operation possible and is gratefully acknowledged".

Signed by: R. L. DUNCOMBE

Chairman of the Scientific Advisory Committee

B. MORANDO

Director of the BIIEA.

GROUPES DE TRAVAIL DE LA COMMISSION

Trois groupes de travail avaient été créés par la Commission 4 pour étudier de nouvelles réformes à apporter au système de constantes fondamentales (précession, nutation, masses des planètes), les problèmes posés par ces réformes et l'éventualité d'une redéfinition de l'échelle de temps servant de base aux éphémérides. Deux d'entre eux n'ont commencé leur activité que relativement tard,

mais présenteront néanmoins leurs conclusions pour la 15^{ème} Assemblée Générale de l'UAI à Sidney. En revanche, le groupe de travail sur les unités et les échelles de temps a procédé, par correspondance, à de nombreux échanges de vues et, bien qu'aucun accord général n'ait été atteint, une synthèse du travail a pu être établie par son président, G. A. Wilkins.

(a) *Groupe de travail sur les constantes de la précession*

Membres: Fricke (Président), Lederle (secrétaire), Aoki, Clube, Kovalevsky, Lieske, Lundquist, Nemiro, Seidelmann, Vasilevskis et Vicente.

Un compte-rendu est donné en annexe 1.

(b) *Groupe de travail sur les éphémérides des planètes*

Membres: Duncombe (Président), Janiczek (secrétaire), Abalakin, Herrick, Klepczynski, Kovalevsky, Morando, Oesterwinter, O'Handley, Schubart et Sinclair.

Un rapport sera préparé pour Mars 1973.

(c) *Groupe de travail sur les unités et les échelles de temps*

Membres: Wilkins (Président), Morrison (secrétaire), Chebotarev, Clemence, Cook, Guinot, Kovalevsky, Shapiro et Van Flandern.

On trouvera le rapport de ce groupe en annexe 2.

LE SYSTÈME UAI DE CONSTANTES FONDAMENTALES

C'est en 1964 que l'Union Astronomique Internationale a adopté ce système et recommandait qu'il soit progressivement introduit, pour autant que cela sera possible à partir de 1968, dans les *Éphémérides Nationales et Internationales* (*UAI Transactions*, Vol. **XIIB**, p. 105). En 1972, il est possible de dresser le bilan de cette introduction: on peut considérer, en effet, que le processus a été achevé et que le contenu de ces ouvrages est stabilisé pour plusieurs années. Dans toute la mesure où cela était possible sans avoir à refaire complètement la théorie du mouvement de certains corps, toutes les *Éphémérides Nationales et Internationales* sont établies dans le système UAI de constantes fondamentales, du moins dans les limites de la précision avec laquelle les tableaux sont publiés.

Plusieurs cas se présentent:

(1) Les positions apparentes des étoiles et les constantes pour la réduction au jour sont entièrement calculées dans le nouveau système.

(2) Les éphémérides des satellites des planètes et les éphémérides pour les observations physiques des planètes, publiées avec une faible précision, sont pratiquement inchangées, sinon pour la modification de la valeur de la constante d'aberration.

(3) Les éphémérides de la Lune publiées sont désormais directement calculées dans le système UAI à partir de la théorie de Brown améliorée (*Éphéméride $j = 2$* d'après la définition de 1967 de l'UAI). Il en est de même des prévisions d'éclipses et d'occultations.

(4) Les éphémérides des planètes sont calculées avec toutes les constantes UAI à l'exception de la masse du système Terre-Lune. En effet, ces théories n'ont pas été refaites suivant une recommandation de l'UAI (*Trans. IAU*, Vol. **XIIB**, p. 4-7). Les erreurs ainsi commises pour les grosses planètes sont négligeables par rapport à la précision des tabulations. Pour le Soleil, Mercure, Venus, Mars et les petites planètes, ces erreurs peuvent atteindre quelques centièmes de seconde de degré et sont sensibles pour celles des éphémérides qui donnent 0^o01 (le Soleil dans la plupart des *Éphémérides*).

SYSTÈME DE MASSES PLANÉTAIRES

Le problème de la construction d'un nouveau système de masses planétaires, qui avait été laissé inchangé en 1964 lorsque l'on a défini le système UAI de constantes astronomiques, est toujours à l'ordre du jour et est étudié par le Groupe de travail, dirigé par R. L. Duncombe, établi à cet

effet en 1970. Cette perspective a encouragé les recherches pour l'amélioration des masses des planètes extérieures, qui sont encore inaccessibles aux méthodes spatiales et qui, dans le système présent, sont les plus incertaines.

A l'U.S. Naval Observatory, ces recherches ont particulièrement porté sur la détermination de la masse de Jupiter par l'étude du mouvement des petites planètes, notamment Freia (1), Cybèle (2), Pales (3), Mnemosyne (4) et Polyhymnia (5). Au Bureau des Longitudes, on obtenait un résultat comparable avec le IXème satellite de Jupiter (6), tandis qu'à l'Astronomisches Rechen-Institut, des déterminations analogues étaient obtenues à l'aide de Hilda, Thulé et Chicago (7).

De nouvelles déterminations de la masse de Saturne et Uranus ont été faites à l'U.S. Naval Observatory par l'étude des perturbations planétaires (8) et les résultats ont été bien confirmés par des solutions générales du mouvement des planètes obtenues par le Lincoln Laboratory (9). Une nouvelle amélioration des masses de Jupiter et Mercure est à prévoir à la suite des missions de Pioneer 10 vers Jupiter et de la sonde Mercury vers Venus et Mercure en 1973, alors qu'il semble qu'il y ait une limitation assez sévère quant à la précision que l'on peut atteindre par la méthode des perturbations planétaires (10).

Plusieurs tentatives ont été faites pour proposer un système cohérent de masses planétaires d'après les récentes déterminations, aussi bien à l'U.S. Naval Observatory (11) qu'au Bureau des Longitudes (12), travaux qui font suite à ceux qui ont été présentés par des équipes de ces Établissements et du JPL au Colloque UAI No. 9 (voir *Celestial Mechanics*, Vol. 4, No. 2).

BIBLIOGRAPHIE

1. Klepczynski, W. J., Seidelmann, P. K. and Duncombe, R. L. 1970 *Astron. J.*, **75**, 739.
2. O'Handley, D. A. 1970, *Astron. Papers Am. Ephemer.*, **20**, pt. III.
3. Doggett, L. E. 1971, *Astron. J.*, **76**, 486.
4. Fiala, A. 1972, *Astron. Papers Am. Ephemer.*, **21**, pt. II.
5. Janiczek, P. M. 1972, *Astron. Papers Am. Ephemer.*, **21**, pt. I.
6. Polavieja, M. G. de, et Edelman, C. 1972, *Astr. and Astrophys.*, **16**, 66.
7. Scholl, H. 1971, *Celestial Mechanics*, **4**, 250.
8. Klepczynski, W. J., Seidelmann, P. K. and Duncombe, R. L. 1970, *Astron. J.*, **75**, 739.
9. Ash, M. E., Shapiro, I. I. and Smith, W. B. 1971, *Science*, **174**, 551.
10. Seidelmann, P. K. 1972, *Celestial Mechanics*, **5**, 3.
11. Duncombe, R. L., Klepczynski, W. J. and Seidelmann, P. K. 1973, 'The Masses of the Planets, Satellites and Asteroids', *Fundamentals of Cosmic Physics* (in press).
12. Kovalevsky, J. 1973, 'A System of Planetary Masses and Related Quantities', *Phys. Earth Planet. Interiors*, Vol. **6** (in press).

RECHERCHES SUR LA CONSTANTE DE LA PRÉCESSION
ET LE CATALOGUE FONDAMENTAL

Ces recherches ont été menées de façon active à l'Astronomisches Rechen-Institut, comme le montre la communication suivante de W. Fricke.

"Newcomb's determination of precession has been rediscussed by Fricke (1) in an effort to ascertain the reason for the deficiencies in Newcomb's results. Newcomb's basic material consists of the Bradley Stars included in Auwers' catalogue. Fricke has analysed the proper motions of a sample of 265 Bradley stars, which are at distances greater than about 100 pc and are included in the proper motion systems of Auwers, Newcomb, and FK4. A solution based on Newcomb's system and neglecting galactic rotation has confirmed Newcomb's result within the prevailing accuracy. Other solutions for the same stars based on the system of FK4 have shown that Newcomb's neglect of galactic rotation explains part of the deviation from recent determination. The main part is explained by deficiencies in Newcomb's and Auwers' proper motion systems.

On the basis of improved values for the planetary masses Laubscher (2) has derived the corrections $+0.036 \pm 0.006$ and -0.029 ± 0.010 per century at 1850-0 to Newcomb's values of the secular

variation of the obliquity and the first-order term in the planetary precession, respectively. Fricke has continued to investigate all observational evidence for an excess secular change of the obliquity and has found that the individual values $\Delta\epsilon$ derived from observations after 1900 do not deviate significantly from zero and do not show a significant secular decrease".

Par ailleurs, des recherches sont activement poursuivies à l'Astronomisches Rechen-Institut en vue d'améliorer le catalogue FK4 (voir, plus loin, le rapport de cet Institut). D'autre part, la résolution suivante, proposée par le colloque No. 20 sur l'astronomie méridienne, devra être examinée par la commission 4.

"It is recommended that an improvement of the FK4 and its extension to a fainter magnitude limit, resulting in a new fundamental catalogue, the FK5, be carried out at the Astronomisches Rechen-Institut, Heidelberg; that observatories throughout the world contribute to this project by providing basic observations, on punched cards if possible; and that all information pertinent to the formation of the FK5 be transmitted to the Astronomisches Rechen-Institut with the observations".

BIBLIOGRAPHIE

1. Fricke, W. 1971, *Astr. and Astrophys.*, **13**, 298.
2. Laubscher, R. 1972, *Astr. and Astrophys.*, **20**, 407.

RECHERCHES SUR LES ÉPHÉMÉRIDES DES PLANÈTES

Le rôle joué par les tables des positions des planètes publiées par les Éphémérides Nationales ou Internationales est considérable. Elles jouent le rôle essentiel dans la comparaison des observations avec la théorie et la longue durée des théories assure la cohérence nécessaire pour réduire les observations à une référence commune.

On peut cependant penser qu'on aurait une cohérence encore plus grande s'il était possible de construire des théories de l'ensemble du système solaire en intégrant numériquement le mouvement du système et en déterminant les conditions initiales et le système de masses planétaires. Par ailleurs, cette méthode permet d'utiliser les observations récentes et par conséquent introduire dans les éphémérides toute la précision des nouvelles techniques d'observation.

Au *Jet Propulsion Laboratory*, D. A. O'Handley nous communique les précisions suivantes:

"In 1970, the first simultaneous numerical integration of the motion of the planets with the solar system data processing system (SSDPS) was made by W. G. Melbourne and D. A. O'Handley. This ephemeris (Development Ephemeris 69) utilized optical observations from the U.S. Naval Observatory, radar observations from Arecibo (Puerto Rico), the Massachusetts Institute of Technology and the Jet Propulsion Laboratory, and Mariner 5 radio tracking data. This ephemeris was issued for general use by anyone requesting a copy through Computer Software Management and Information Center (COSMIC), University of Georgia, Athens, Georgia 30601. This ephemeris now replaces Development Ephemeris 19 (DE 19).

An ephemeris improved over DE 69 was completed by D. A. O'Handley and J. H. Lieske for the Mariner 9 orbital mission about Mars. This ephemeris included an expanded radar data set which contained Mars radar observations extending through the 1971 opposition (1).

Further work on the improved planetary ephemerides continues under J. H. Lieske. C. F. Peters is initiating an effort to improve the ephemerides of the satellites of Jupiter and Saturn. This later effort will be made in conjunction with several U.S. and foreign organizations. The simultaneous solution for the masses of the principal planets obtained at JPL (2) is also the result of an improvement of DE 69 using various combinations of observational data."

Un effort analogue a été effectué au *Naval Weapons Laboratory* (Dahlgren) où Oesterwinter et Cohen (3) ont amélioré simultanément les orbites des planètes et de la Lune. L'intégration numérique a été exécutée par la méthode de Cowell et la comparaison avec 40000 observations optiques depuis 1913 a été faite par la méthode des moindres carrés. Le modèle comprend les corrections relativistes et de nombreux paramètres relatifs au potentiel de la Terre et de la Lune.

Au *Massachusetts Institute of Technology*, on a rassemblé plus de 150000 observations optiques du Soleil, de la Lune et des planètes, pour la période 1750 à 1968 et un certain nombre de solutions du mouvement des planètes ont été obtenues par intégration numérique du système de masses planétaires (4).

Par ailleurs, l'U.S. Naval Observatory a procédé à l'analyse de la précision des éphémérides existantes, notamment des grosses planètes (5) tandis que des études étaient faites à l'Institut d'Astronomie Théorique de Léninegrad sur le calcul des Éphémérides (6) et (7).

BIBLIOGRAPHIE

1. O'Handley, D. A. and Lieske, J. H. 1971, *Bull. Amer. Astron. Soc.*, 3, 467.
2. Lieske, J. H., Melbourne, W. G., O'Handley, D. A., Holdridge, D. B., Johnson, D. E. and Sinclair, W. S. 1971, *Celestial Mechanics*, 4, 233.
3. Oesterwinter, C. and Cohen, C. J. 1972, *Celestial Mechanics*, 5, 317.
4. Ash, M. E., Shapiro, I. I. and Smith, W. B. 1971, *Science*, 174, 551.
5. Duncombe, R. L., Klepczynski, W. J. and Seidelmann, P. K. 1972, *Astronautics and Aeronautics*, 10, No. 8.
6. Izvekov, V. A. 1972, *Bull. Inst. Theor. Astr.*, 13, No. 4.
7. Gromova, O. M. and Malkova, A. G. 1972, *Bull. Inst. Theor. Astr.*, 13, No. 7.

ÉPHÉMÉRIDES DE LA LUNE ET TE2

Le lancement de nombreuses sondes lunaires habitées ou non, et le fait que l'on mesure maintenant de façon systématique la distance Terre-Lune par laser ont rendu plus nécessaire que jamais la construction d'éphémérides précises de la Lune. Nous tirons du rapport de J. D. Mulholland la description des efforts faits dans ce domaine:

"During the triennium, considerable progress has been made towards the construction of a very high-precision numerical ephemeris of the Moon. A preliminary step in this effort was the use of a combination of literal and numerical integration techniques to produce a lunar ephemeris free of the gravitational defect inherent in the Brown lunar theory, due to a series truncation in the planetary terms (1). This ephemeris, which was developed by the writer while at the *Jet Propulsion Laboratory*, was intended to serve as the primary prediction ephemeris for the Apollo Lunar Laser ranging Experiment, a role that it is still fulfilling. It is based on the same observational material as is the Brown Lunar theory.

Another ephemeris (JPL designation LE 17) was obtained through a completely gravitational numerical integration of the Moon's orbit fitted to U.S. Naval Observatory transit circle observations over the interval 1950-1968 by J. D. Mulholland. It differs from the first ephemeris described above on the scale of two to three hundred meters. In comparison with observations, both transit circle and lunar ranges, it proved not to be better or worse".

Les observations systématiques de distance laser Terre-Lune ont d'ores et déjà permis d'améliorer les éphémérides de la Lune. W. G. Melbourne écrit à ce sujet:

"The ability to analyse lunar laser range data has been developed by P. Bender, J. D. Mulholland and J. G. Williams. Current laser ranging observations from McDonald observatory are considered to be accurate to better than 15 cm. Solutions can be made for the lunar elements, the observatory and reflector coordinates and physical libration parameters. These solutions show significant corrections to the lunar eccentricity, mean anomaly and longitude of perigee. New numerical integrations with the improved elements" (University of Texas Integrated Ephemeris No. 1 and JPL ephemeris LE 18) "confirm the significant decrease in the range residuals. However, the residuals are still considerably larger than the inherent accuracy of observations. The existing physical libration model appears to be the main limitation to the present analysis of laser data. The libration model is being improved at JPL".

Les efforts parallèles faits pour améliorer la théorie analytique de la Lune ou pour rassembler des

observations précises (par laser ou par enregistrement d'occultations) sont décrits dans les rapports des Commissions 7 et 17.

Par ailleurs, la réduction des observations de la Lune et leur comparaison avec les éphémérides $j=2$, ont conduit à des résultats nouveaux concernant le temps des Ephémérides TE2.

C'est ainsi que G. A. Wilkins (H.M. Nautical Almanac Office) écrit:

"The analysis of some 50000 total-occultation observations from 1943 to 1972 is almost complete, and the results are being prepared for publication; the analysis for 1955 to 1972 confirms that the length of the ET2-second is increasing with respect to the SI-second, and suggests that the tidal term in the expression for the Moon's mean longitude should be about $-20'' T^2$, and not $-11''22 T^2$ as currently adopted.

N.B. The digitized version of C. B. Watt's charts of the marginal zone of the Moon is in regular use for the reductions and copies may be made available in appropriate circumstances".

On notera à ce sujet, les travaux effectués parallèlement à l'U.S. Naval Observatory et qui conduisent à des conclusions analogues en ce qui concerne l'accélération séculaire de la Lune (coefficient du terme en T^2 égal à $26'' \pm 8''$) et d'autres éléments (2 et 3). Des études y ont aussi été effectuées pour utiliser les observations d'instant d'éclipses du Soleil pour comparer les systèmes de référence de Newcomb et des Improved Lunar Ephemeris (4).

Par ailleurs, l'intégration numérique du mouvement de la Lune et des planètes, effectuée au *Naval Weapons Laboratory* (5) a permis d'évaluer à $-19'' \pm 4''$, le terme en T^2 dans la longitude de la Lune, en bon accord avec les autres évaluations. Notons enfin qu'en analysant les éclipses de l'antiquité, R. R. Newton avait obtenu des valeurs moyennes de l'ordre de $-21''$ pour les trois derniers millénaires (6).

BIBLIOGRAPHIE

1. Garthwaite, K., Holdridge, D. B. and Mulholland, J. D. 1970, *Astron. J.*, **75**, 1133.
2. Van Flandern, T. C. 1970 et 1971, *Astron. J.*, **75**, 657 et **76**, 81.
3. Van Flandern, T. C. and Martin, C. F. 1970, *Science*, **168**, 246.
4. Duncombe, R. L., Haupt, R. F. and Duncombe, J. S. 1971, *Solar Physics*, **21**, 260.
5. Oesterwinter, C. and Cohen, C. J. 1972, *Celestial Mechanics*, **5**, 317.
6. Newton, R. R. 1969, *Science*, **166**, 825.

PUBLICATION DES ÉPHÉMÉRIDES NATIONALES ET INTERNATIONALES

Les divers services nationaux des éphémérides ont continué la publication de leurs ouvrages annuels comme les années précédentes, désormais en conformité avec le système UAI de constantes (voir plus haut).

Les trois principales publications de l'U.S. Navel Observatory Nautical Almanac Office et du H.M. Nautical Almanac Office de l'Observatoire Royal de Greenwich continuent à être publiées sous une forme unifiée: *The American Ephemeris and Nautical Almanac* ou *The Astronomical Ephemeris* pour les astronomes, *The Nautical Almanac* pour les navigateurs et *The Air Almanac* pour la navigation aérienne. Le nouveau Superintendant du H.M. Nautical Almanac Office, G. A. Wilkins, écrit:

"...these almanacs... are printed separately from identical reproducible material; this material can be made available by Her Majesty's Stationery Office, at a small charge, to the official Almanac-producing agency in any country that desires to publish similar ephemerides in this form"...

"The fundamental ephemerides of the Sun, Moon and planets to be published in *Astronomical Ephemeris* 1974-76 have been distributed on a limited basis to ensure that these data are available for the preparation of navigational and other almanacs in other countries".

Effectivement, ces tableaux relatifs au Soleil, à la Lune et aux planètes, qu'ils soient utilisés tels quels ou qu'ils soient recopiés, servent à l'élaboration de nombreuses Ephémérides astronomiques des autres pays: *The Japanese Ephemeris* (Hydrographic Department, Maritime Safety Agency, Tokyo), *The Indian Ephemeris and Nautical Almanac* (Nautical Almanac Unit, India Meteorological

Department, Calcutta), *Astronomicheskij Ezhegodnik S.S.S.R.* (Institut d'Astronomie Théorique, Leningrad), *Éphemerides Astronomicos* (Instituto y Observatorio de Marina, San Fernando) la *Connaissance des Temps*, (Bureau des Longitudes, Paris), utilise ces données seulement pour les tableaux relatifs à la Lune et le temps sidéral.

Les phénomènes et les configurations des satellites de Jupiter calculés et dessinés par le Bureau des Longitudes et issus des Ephémérides publiées par la *Connaissance des Temps* sont également publiés sans changement par la plupart des autres Ephémérides nationales.

Les services nationaux ont rendu compte à la Commission de la poursuite de la publication de leurs autres ouvrages destinés aux navigateurs, aux aviateurs ou aux géodésiens. Nous donnons ci-après les changements apportés à ces publications ou les travaux nouveaux ou spécialisés récemment effectués dans le domaine des calculs d'éphémérides par ces services.

Astronomisches Rechen-Institut, Heidelberg, F.R.G.

Prospects and plans for an improvement of the FK4 and its extension to fainter stars are being developed. The documentation of observational data on punched cards has been continued under the supervision of Lederle; *The U.S. Naval Observatory* and the *Centre de Données Stellaires* at Strasbourg have contributed efficiently to this task by providing star catalogues on punched cards. A computer program for the identification of stars in different catalogues has been developed and applied at Heidelberg. The program for deriving systematic differences in star positions between catalogues has been improved. Gliese and Strobel have started the examination of new catalogues as well as of unpublished data to be used for the compilation of the FK5.

Bureau des Longitudes, Paris, France

Les *Éphémérides Aéronautiques* sont désormais publiées par 'SONOVISION', 104 rue de Castagnary, 75015 Paris. Par ailleurs, le Bureau des Longitudes a renoncé à l'amélioration de la présentation des éphémérides de satellites galiléens de Jupiter annoncée en 1970 (*Transactions UAI*, Vol. XIV, p. 5) qui aurait entraîné une trop forte augmentation du nombre de pages. En revanche, il est possible de fournir sous forme de listages ou de cartes, les coordonnées des satellites à un instant quelconque.

Ephemeris Department of the Institute for Theoretical Astronomy, Leningrad, U.S.S.R.

The regular publication of the ephemeris of the lunar crater Mösting A has been continued in the volumes of the *Astronomical Yearbook of the U.S.S.R.* To the volumes of this publication for 1975 and 1976, appendices were published containing the ephemerides of the four ancient (Galilean) satellites of Jupiter for 1973 and 1974, as well as for 1975 and 1976, computed in, and received from the Bureau des Longitudes, France.

H.M. Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Herstmonceux, U.K.

As an experiment, special tabulations of the times of rising and setting of the Sun and Moon, and also twilight times and other general data that are relevant to the planning and making of observations, were supplied to a small number of observatories for 1972. These were well received and it is intended to continue and, hopefully, to extend the provision of this service.

The new series of *Sight Reduction Tables for Marine Navigation* in six volumes, and a new edition for epoch 1975-0 of Volume 1 of *Sight Reduction Tables for Air Navigation*, have been published. These tables were prepared jointly with the Nautical Almanac Office, U.S. Naval Observatory and the U.S. Naval Oceanographic Office.

Occultation programme. The regular distribution of the predictions of occultations of stars and radio sources by the Moon has been continued and extended in some respects. Maps of the predicted

tracks of grazing occultations are now prepared for several journals and more detailed predictions are supplied to observing groups. Occultations of some additional minor planets are now also prepared, with a view to the possible determination of their diameters from photoelectric observations.

In addition to the work on the occultations of radio sources, the Office now provides predictions for the occultations of X-ray sources and other objects as seen from rockets and satellites.

The predictions of occultations of stars by planets are becoming increasingly important now that photoelectric equipment is more widely available and transportable. The search for the predictions of occultations by minor planets is being extended to cover all minor planets whose diameters are believed to exceed 50 km, and for which accurate ephemerides are available; the Office is grateful for the assistance provided by the Institut of Theoretical Astronomy in Leningrad for preparing special ephemerides for use in this programme. Searches for possible occultations of stars by natural satellites are also now carried out on a limited scale.

Hydrographic Department, Maritime Safety Agency, Tokyo, Japan

At its three branch observatories in the country, the Department has obtained about 600 data of occultation observations, including about 100 photoelectric data, annually. The provisional result of reduction analysis has been widely circulated annually. The value of ΔT for use in prediction of eclipses and compilation of almanacs and the national calendar, latter of which is published by the Tokyo Astronomical Observatory, has been settled by arrangement with Tokyo Astronomical Observatory from the above result of occultation observations, taking into account the tendency of AT-UT.

Prediction of occultations of bright minor planets ($m > 10$) by the Moon has been made continuously and widely circulated.

Instituto y Observatorio de Marina, San Fernando, Spain

The work in this Ephemeris has been to continue the publications as usually. In the computation of the lunar ephemeris for the *Almanaque Nautico*, we have adopted the Tchebitchev's coefficients.

Nautical Almanac Office, U.S. Naval Observatory, Washington, U.S.A.
(see also H.M. Nautical Almanac Office)

Computer-controlled photocomposition methods are now being utilized for the production of *The Air Almanac* commencing with the 1969 edition, *The Nautical Almanac* commencing with the 1975 edition, *Astronomical Phenomena, Publications of the U.S. Naval Observatory*, and over half of *The American Ephemeris and Nautical Almanac*.

The navigational almanacs have continued to be published with minor changes. Information concerning the introduction of time signal transmissions on the new Coordinated Universal Time (UTC) system was provided in the navigational almanacs, *Notices to Mariners*, and other publications.

The preparation of advanced predictions of solar eclipses (1981–1985) in accordance with the recommendation of the International Astronomical Union has been continued. Circumstances of solar eclipses with argument in UT have also been prepared (*U.S. Naval Obs. Circ.* No. 126, 129, 135).

A special ephemeris for the radio longitude of the central meridian of Jupiter system III has been continued for the years 1972 to 1975 (*U.S. Naval Obs. Circ.* No. 137).

Additional astronomical information has been prepared and published in *U.S. Naval Observatory Circulars* to meet public demand (perigee and apogee of the Moon, 1959–1999 (No. 130), Geocentric Solar Data (No. 138), Astrometric Ephemeris of Pluto 1970–1990 (No. 139) and Rectangular Coordinates of the Moon 1971–1980).

*Nautical Almanac Unit, Regional Meteorological Centre,
Indian Meteorological Department, Calcutta, India*

Calculations of geocentric longitudes and latitudes of planets, at the ending moments of *tithis*, *nakshatras* and *yogas* have been made on computer commencing from the issue for 1972 of the *Indian Ephemeris and Nautical Almanac*.

Autres rapports

J. Arias de Greiff a adressé un compte-rendu de publication de l'Annuario del Observatorio Astronomico de Bogota.

J. KOVALEVSKY
Président de la Commission

ANNEXE 1: RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL
SUR LES CONSTANTES DE LA PRÉCESSION

There has been an exchange of opinions between the members of the Working Group by correspondence, and, in addition, some results have become available concerning the strength of the evidence for new values. The prevailing opinion is that:

- (1) the problems should be discussed in the Joint Discussion No. 1;
- (2) no final decisions should be made at the IAU General Assembly in Sidney;
- (3) decisions on precession should be made simultaneously with decisions on planetary masses.

On this basis, I suggest that the Working Group continues its activities beyond the XV General Assembly.

W. FRICKE
Chairman of the Working Group

ANNEXE 2: RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR
LES UNITÉS ET LES ÉCHELLES DE TEMPS

The Group consists of Chebotarev, Clemence, Cook, Guinot, Kovalevsky, Morrison (Secretary), Shapiro, Van Flandern and Wilkins (Chairman). In addition, D. H. Sadler and Duncombe have made many helpful comments and suggestions on the matters under consideration. The Group was asked to consider: the effects of changes in the system of precessional constants on the definition and determination of astronomical time-scales and distances; the most appropriate form for the definition of the astronomical unit of distance; the relationship between ephemeris time and atomic time; and the possible need for new definitions of the unit and epoch of ephemeris time. The Group has worked largely by correspondence, although naturally there have been oral discussions whenever any members of the Group have met.

There is still a wide divergence of opinion amongst the members of the Group on the fundamental question of whether the concepts of the astronomical unit and ephemeris time should be retained or replaced by the use of SI units of length and time (i.e. the metre and the atomic second). The Chairman considers that neither of the extreme viewpoints is likely to be generally acceptable and that we should adopt a system which allows either astronomical or SI units to be used. The relationships between the two sets of units must be clearly and unambiguously specified, even though the numerical values of some of the conversion factors will be subject to determination by observation. It is suggested that this can be achieved in the following manner, but it must be emphasised that the Group has not yet decided whether this represents the optimum system.

There are two main arguments that determine the general structure of the system. Firstly, that the practical objections to the use of ephemeris time as now defined are so great that it would be preferable to adopt a gravitational time scale that, for general astronomical purposes, is identical

to the international atomic time scale over the common period from 1955 onwards. Secondly, that the use of the astronomical unit of length defined in terms of a fixed value of Gauss' gravitational constant is so widespread and of such general utility that it should be retained. A new formulation of the relevant part of the IAU system of astronomical units that is consistent with the adoption of these arguments is as follows:

1. The astronomical unit of mass (aum) = mass of the Sun.
2. The astronomical unit of time (day) = 86400 SI seconds.
In what follows the terms day and second will be used without qualification.
3. Gaussian gravitational constant, $k = 0.017\,202\,098\,950$.
 k^2 has the dimensions of the (newtonian) constant of gravitation G , i.e. $L^3 M^{-1} T^{-2}$.
4. The astronomical unit of length (aul) is that length for which k takes the value specified in (3) when the units of measurement are the astronomical units of length, mass and time. (It is almost the mean distance of the Earth from the Sun.)
5. Measure of 1 aul in metres $A = 149.600 \times 10^9$
6. Speed of light in metres per second $c = 299.792\,500 \times 10^6$
7. Light-time for unit distance (1 aul) $\tau_A = 499.012$
 $= 0.005\,775\,6$
8. Speed of light in aul per day $c = 173.142$
9. Constant of gravitation in SI units $G = 6.670 \times 10^{-11}$
10. Measure of 1 aum in kilograms $S = 1.990 \times 10^{30}$

Many details of the presentation of a revised system require further examination. The symbols 'aul' and 'aum' are only intended for temporary use; it is hoped that better proposals will be forthcoming, but it must be admitted that it will be difficult to find new symbols that will be apposite and yet will not clash with other symbols of the SI system. The values given are merely those of the 1964 system; it seems likely that a new value of the speed of light will be adopted soon for international use and so consideration will have to be given to the question of whether the values of this and other constants should also be changed. It is arguable too that τ_A , rather than A , should be treated as exact. The constant 9 and 10 were not given in the 1964 system, but it is desirable to add them in order to complete the statement of the relationships between astronomical and SI units.

In order to define the corresponding gravitational time-scale it is certainly necessary to specify the value on the time-scale at some unambiguously defined instant (e.g. an instant at which atomic time and universal time take known values). It will also be desirable to recommend procedures for determining gravitational time from observations of motions in the solar system, so that, for example, the variations in universal time before 1955 can be determined. This is, however, of no urgent practical concern since the atomic time scale will provide an adequate reference scale for current use in astronomy.

G. A. WILKINS

Chairman of the Working Group